

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

На правах рукописи



Рукин Ярослав Алексеевич

Ревизионное эндопротезирование коленного сустава

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор

Лычагин Алексей Владимирович

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ОТ ПЕРВЫХ ОПЕРАЦИЙ К ОСОЗНАЮ ПРОБЛЕМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	14
1.1. История развития эндопротезирования коленного сустава	14
1.2. Современные подходы к эндопротезированию коленного сустава	20
1.2.1. Распространенность операций	20
1.2.2. Применяемые методики	23
1.3. Проблемы после эндопротезирования коленного сустава	28
1.3.1. Перипротезная инфекция	29
1.3.2. Асептическое расшатывание и перипротезный остеолит	33
1.3.3. Нестабильность связочного аппарата	35
1.3.4. Тугоподвижность коленного сустава	37
1.3.5. Перипротезные переломы	39
1.4. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава	40
1.4.1. Бережная работа с мягкими тканями. Удаление компонентов эндопротеза	41
1.4.2. Пластика костных дефектов	42
1.4.3. Стабильная фиксация и правильное позиционирование компонентов эндопротеза	47
1.4.4. Компенсация мягкотканых стабилизирующих структур	49
1.4.5. Тактика при наличии перипротезной инфекции	52
1.5. Резюме	54
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
2.1. Дизайн исследования	56
2.1.1. Показания к тотальному ревизионному эндопротезированию коленного сустава.....	57
2.1.2. Характеристика пациентов	60
2.2. Общая характеристика пациентов	62

2.3. Обследование пациентов	66
2.3.1. Клиническое обследование.....	66
2.3.2. Лучевые методы диагностики	67
2.3.3. Анализ синовиальной жидкости	75
2.3.4. Анкетирование пациентов	77
2.4. Хирургическая техника ревизионного эндопротезирования коленного сустава.....	79
2.5. Послеоперационное ведение пациентов.....	89
2.6. Статистическая обработка данных	91
ГЛАВА 3. УТОЧНЕННАЯ ДИАГНОСТИКА РАСШАТЫВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА	92
3.1. Описание методики динамической мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава	92
3.2. Характеристика пациентов	96
3.3. Результаты исследования.....	96
ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИКИ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	99
4.1. Ориентация компонентов ревизионного эндопротеза	99
4.1.1. Восстановление уровня суставной щели.....	100
4.1.2. Восстановление сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента	104
4.1.3. Результаты лечения пациентов 1-й группы и их оценка	109
4.1.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 1-О).....	117
4.1.5. Осложнения у пациентов 1-й группы	121
4.2. Аутопластика связки надколенника	124
4.2.1. Описание методики	124
4.2.2. Характеристика пациентов	128
4.2.3. Результаты лечения пациентов 3-й группы	128
4.2.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 3-О).....	130
4.3. Замещение костных дефектов	132

4.3.1. Метод 3D-планирования и печати при ревизионном тотальном эндопротезировании коленного сустава.....	132
4.3.2. Характеристика пациентов и варианты операций.....	136
4.3.3. Результаты лечения пациентов 4-й группы	140
4.3.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 4-О).....	144
ГЛАВА 5. ПЕРИПРОТЕЗНАЯ ИНФЕКЦИЯ.....	151
5.1. Интервал между этапами при двухэтапном хирургическом лечении хронической перипротезной инфекции коленного сустава	151
5.1.1. Выявление перипротезной инфекции и характеристика пациентов	151
5.1.2. Особенности двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава	155
5.1.3. Результаты лечения пациентов 2-й группы	159
5.1.4. Осложнения у пациентов 2-й группы	162
5.1.5. Клинический пример (пациент из подгруппы 2-О).....	164
5.2. Артродез коленного сустава при рецидивирующей перипротезной инфекции	168
5.2.1. Показания и планирование операции	168
5.2.2. Характеристика пациентов и достигнутые результаты.....	170
5.2.3. Клинические примеры пациентов 5-й группы.....	171
5.3. Резюме	185
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	188
ВЫВОДЫ	211
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	213
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	215
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	218
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	262
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	263
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	265
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	267

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Тотальное эндопротезирование является наиболее эффективным методом лечения тяжелых дегенеративных поражений коленного сустава различного генеза [27, 58, 65, 76, 133, 181]. Несмотря на впечатляющий успех данной операции и постоянное развитие технологий, до 20% пациентов остаются неудовлетворенными ее результатами [69, 99, 133, 218, 351]. Выделяют следующие основные причины неудачи тотального эндопротезирования коленного сустава: расшатывание компонентов эндопротеза вследствие износа пары трения, перипротезная инфекция, нарушения пателлофemorального сустава, контрактуры, нестабильность связочного аппарата [8, 118, 158, 354, 359]. С ростом количества тотальных эндопротезирований возрастает потребность и в ревизионном тотальном эндопротезировании коленного сустава (рТЭКС). К сожалению, в Российской Федерации до сих пор нет единого национального регистра эндопротезирования и сложно отследить статистику данных операций [91]. По данным S. Kurtz et al. (2007) количество тотальных эндопротезирований коленного сустава в США с 2005 года по 2030 год возрастет на 673% и составит 3,48 млн процедур в год, а количество ревизионных эндопротезирований коленного сустава возрастет на 601% и составит 381 400 операций в год [310].

Показания к ревизионному эндопротезированию коленного сустава не всегда очевидны. Часто при удовлетворительном положении эндопротеза на рентгенограммах пациенты остаются недовольными результатами операции, что требует более глубокого обследования: компьютерной томографии, телерентгенографии или топографии нижней конечности, исключения инфекции, экстраартикулярных проблем и т. д. [133]. Так, дифференциальная диагностика перипротезной инфекции до сих пор остается не полностью решенной проблемой [193]. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава, выполненное без

четкого определения причин, заведомо приведет к отрицательному результату [37, 58].

Степень разработанности темы исследования

Ревизионная операция технически всегда более сложная, чем первичная. Это связано с выраженным дефицитом поддерживающей костной ткани вследствие остеолита и (или) травматического удаления компонентов эндопротеза, несостоятельностью связочного аппарата, измененными или отсутствующими анатомическими ориентирами, важными для правильного расположения компонентов эндопротеза [257]. Необходимо использование специальных ревизионных систем [24, 257, 322, 323, 333]. Имеющиеся классификации учитывают только дефицит костной ткани без состояния связочного аппарата коленного сустава, что затрудняет подбор ревизионных систем [171, 211, 301].

До сих пор нет четких критериев, как восстанавливать уровень суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава [6, 16].

«Золотым стандартом» при лечении перипротезной инфекции (ППИ) коленного сустава остается двухэтапное ревизионное эндопротезирование: первый этап – удаление компонентов эндопротеза с установкой спейсера; второй этап – удаление спейсера с установкой ревизионного эндопротеза [70, 221]. До сих пор не сформировано единое мнение, какой продолжительности должен быть промежуток между двумя операциями [1, 382, 383]. Когда этот промежуток затягивается, ввиду экономических или иных причин, все более актуальным становится точное позиционирование компонентов спейсера для сохранения функционального результата у этой сложной группы пациентов [1].

Остаются противоречия в отношении замещения протяженных костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, имеющиеся на рынке онкологические системы очень дороги, нужны альтернативные пути [75].

До сих пор остается нерешенной задача эффективного восстановления разгибательного аппарата коленного сустава при ревизионном

эндопротезировании. Связка надколенника подвержена очень большим нагрузкам, нужны очень прочные материалы, а применение синтетических материалов для ее пластики часто приводит к развитию перипротезной инфекции [38, 46].

Количество опубликованных отдаленных результатов ревизионного эндопротезирования коленного сустава невелико [235]. Однако имеющиеся литературные данные показывают, что результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава хуже, чем результаты первичного эндопротезирования коленного сустава, что связано с перечисленными выше причинами [37, 81].

Цель исследования

Улучшение результатов лечения пациентов, подлежащих ревизионному эндопротезированию коленного сустава.

Задачи исследования

1. Разработать и оценить эффективность методики динамической компьютерной томографии коленного сустава для верификации расшатывания компонентов эндопротеза.
2. Разработать методику и инструменты для прецизионной установки компонентов эндопротеза и восстановления уровня суставной щели коленного сустава при ревизионном эндопротезировании и оценить эффективность их применения.
3. Разработать способ аутопластики связки надколенника при рТЭКС и оценить результаты его применения.
4. Обосновать эффективность и безопасность замещения протяженных костных дефектов при рТЭКС с помощью индивидуальных компонентов, созданных посредством 3D-печати.

5. Обосновать целесообразность сокращения интервала между операциями при двухэтапном ревизионном эндопротезировании коленного сустава по поводу хронической перипротезной инфекции.
6. Разработать и внедрить в клиническую практику методику артрорезирования коленного сустава с помощью индивидуальных имплантов, изготовленных посредством 3D-печати у пациентов с рецидивирующей перипротезной инфекцией.
7. Оценить эффективность предложенных путей оптимизации системы лечения пациентов с неудовлетворительными результатами эндопротезирования коленного сустава.

Научная новизна

1. Впервые разработана методика уточненной диагностики расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава с применением динамической компьютерной томографии.
2. Впервые разработаны эффективная методика и инструмент для прецизионного восстановления уровня суставной щели при рТЭКС; получены патенты РФ на изобретение и на полезную модель.
3. Впервые разработаны эффективная методика и инструмент для восстановления сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента при рТЭКС; получены патенты РФ на изобретение и на полезную модель.
4. Впервые определен оптимальный интервал между операциями двухэтапного рТЭКС при развитии перипротезной инфекции.
5. Впервые разработана методика аутопластики связки надколенника при рТЭКС, получен патент РФ на изобретение.
6. Впервые разработана методика и определены показания к артрорезированию коленного сустава с применением индивидуальных 3D-конструкций при рецидивах перипротезной инфекции.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Методика динамической МСКТ позволяет уточнить показания к ревизионному эндопротезированию коленного сустава.
2. Разработанные методики прецизионного восстановления уровня суставной щели, сгибательного промежутка, ротации бедренного компонента, восстановления связки надколенника, замещения протяженных костных дефектов коленного сустава позволяют улучшить функциональные результаты лечения, снизив частоту неудовлетворительных исходов.
3. Обоснование безопасности сокращения интервала между операциями при двухэтапном ревизионном эндопротезировании коленного сустава позволяет существенно уменьшить общие сроки лечения пациентов и улучшить функциональные результаты.
4. Разработанная методика артродезирования коленного сустава с применением индивидуальных конструкций в ряде случаев может явиться альтернативой ампутации конечности у пациентов с рецидивирующей ППИ.

Методология и методы исследования

Исследование основано на анализе хода и результатов лечения 427 пациентов, которым в период 2014–2021 гг. в травматолого-ортопедическом отделении Университетской клинической больницы №1 Клинического центра ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) было выполнено тотальное ревизионное эндопротезирование коленного сустава, что составило 80,4% от общего количества пациентов, которым выполнялась ревизия протезированного коленного сустава (531). Пациенты были разделены на две основные группы (инфекционные и неинфекционные показания к рТЭКС) и три дополнительные группы. Каждую из групп, кроме дополнительной группы 5, разделяли на основную и контрольную подгруппы, которые отличались применяемыми методиками лечения.

Оценивали и сравнивали результаты лечения пациентов в каждой из групп в отношении объема движений в оперированном коленном суставе и по специализированным опросникам, также оценивали и сравнивали количество осложнений.

Положения, выносимые на защиту

1. Проблему улучшения результатов ревизионного эндопротезирования коленного сустава следует решать комплексно, с применением персонафицированного подхода по таким основным направлениям как своевременное выявление расшатывания компонентов первично установленного эндопротеза, совершенствование позиционирования компонентов ревизионного эндопротеза, эффективное и безопасное восстановление разгибательного аппарата коленного сустава, оптимизация тактики при развитии перипротезной инфекции.
2. Ранняя диагностика расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава позволяет своевременно определить показания к ревизионному эндопротезированию и добиться лучших результатов. Эта задача может быть решена с помощью динамической компьютерной томографии.
3. Прецизионная и стабильная установка компонентов эндопротеза коленного сустава является условием достижения хороших функциональных результатов. Решению такой задачи в сложных анатомических условиях ревизионного эндопротезирования способствуют разработанные методики, подтвержденные патентами РФ.
4. Безопасное сокращение интервала между операциями при двухэтапном ревизионном эндопротезировании коленного сустава на фоне перипротезной инфекции является важным фактором для улучшения функциональных результатов лечения и повышения качества жизни пациентов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, области науки: медицинские науки, пунктам 1, 3, 4 направлений исследований.

Степень достоверности и апробация результатов

Полученные результаты диссертационного исследования основаны на сравнительном анализе результатов лечения 427 пациентов с осложнениями после тотального эндопротезирования коленного сустава и анализе 391 научной публикации по данному профилю. Все данные, собранные в процессе исследования обработаны с помощью соответствующих методов статистического анализа.

Основные положения данной работы были доложены на: VI Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов (24 августа 2017, Казань); Объединенной Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева, и VII научно-образовательной конференции травматологов и ортопедов ФМБА России (31 марта – 1 апреля 2017, Омск); XI Всероссийском съезде травматологов-ортопедов «Достижения российской травматологии и ортопедии» (11–13 апреля 2018, Санкт-Петербург); VII Съезде травматологов-ортопедов Армении (25–26 октября 2018, Ереван, Армения); Международной конференции травматологов-ортопедов «Травма 2018: Мультидисциплинарный подход» (2–3 ноября 2018, Москва); International Hip and Knee Meeting (1–3 ноября 2018, 7–9 ноября 2019, Palma de Mallorca, Spain); V Съезде травматологов-ортопедов Сибирского федерального округа (22 августа 2019, Барнаул); 40th SICOT Orthopaedic World Congress (4–7 декабря 2019, Muscat, Oman); Ежегодной научно-практической конференции с международным участием «Вреденовские чтения» (27–28 сентября 2018, 25–26 августа 2022, Санкт-Петербург); XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (1–3

декабря 2022, Москва); I Съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (19 – 20 мая 2022, Нижний Новгород).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, 12.06.2023, протокол №7).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации внедрены в учебный процесс кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), а также в лечебный процесс УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Московского городского центра эндопротезирования костей и суставов ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ.

Личный вклад автора

Настоящая работа основана на личном опыте автора в лечении пациентов с осложнениями после первичного эндопротезирования коленного сустава. Автор сам провел анализ актуальной отечественной и зарубежной литературы по данной теме исследования, сформулировал цели и задачи, разработал новые методы диагностики и лечения, выделил и проанализировал результаты лечения в разных группах пациентов. Автор лично провел операции у всех 427 пациентов, входящих в исследование. Самостоятельно выполнен сбор и статистический анализ результатов исследования, сформулированы выводы и практические рекомендации, написан текст диссертации и автореферата.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 37 печатных работ, в том числе 22 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/ Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук; 5 статей в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer; 5 иных статей; 5 патентов.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 267 страницах стандартного компьютерного текста, иллюстрирована 19 таблицами, 132 рисунками (1 рисунок в приложении), состоит из введения, обзора литературы, главы материалов и методов исследования, 3 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 400 источников (109 отечественных и 291 иностранный), и 4 приложений, в которых отображены диагностические шкалы, используемые в исследовании.

ГЛАВА 1. ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ОТ ПЕРВЫХ ОПЕРАЦИЙ К ОСОЗНАЮ ПРОБЛЕМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. История развития эндопротезирования коленного сустава

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) считается одной из самых удачных ортопедических операций, позволяющей в короткие сроки восстановить функцию пораженного коленного сустава и вернуть пациента к нормальной активной жизни [15, 20, 26, 31, 45, 69, 74, 76, 79, 87, 92, 93, 94, 109, 378]. История данной операции традиционно начинается с трудов немецкого хирурга Themistocles Gluck, который в середине 1880 гг. начал исследования на животных по имплантации эндопротезов различных суставов из слоновой кости [197, 394]. В мае 1890 г. Themistocles Gluck имплантировал связанный эндопротез коленного сустава из слоновой кости девушке 17 лет. В том же году он доложил о 14 артропластиках суставов, но детально описал только 5 случаев: 3 коленных сустава, один лучезапястный и один локтевой [130]. Краткосрочные результаты данных операций были успешными, однако все 5 пациентов страдали туберкулезом, и у всех развилась перипротезная инфекция. 3 из 5 протезов были удалены.

Дальнейшее развитие история эндопротезирования коленного сустава получила в начале 1950 годов, когда британский хирург Waldius предложил связанный имплант из акрила, в надежде использовать его у пациентов с ревматоидным артритом [86]. В 1958 году данный имплант стали производить из кобальта и хрома [283]. Шарнирный эндопротез Waldius использовался до начала 1970-х гг. вместе с другими связанными конструкциями, такими как Shiers, Stanmore и Guerar. В 1953 году был установлен первый связанный эндопротез Shiers. Выполненный из молибдена и нержавеющей стали с «женской» бедренной и «мужской» тиббиальной поверхностями эндопротез обеспечивал ограниченное разгибание при сохранении боковой устойчивости. Первые импланты Shiers ассоциировались с высокой частотой поломки интрамедуллярных ножек

эндопротеза. После изменения дизайна поломки ножек стали реже, однако операции часто осложнялись некрозами мягких тканей и перипротезной инфекцией [248]. Шарнирный эндопротез Stanmore делали из титана или из виталлия (сплав кобальта, хрома и молибдена), этот имплант имел высокую степень связанности, однако в краткосрочный период пациенты отмечали значительное уменьшение болевого синдрома [372]. В эндопротезе Guerard, впервые представленном в 1969 году, была предпринята попытка устранить недостатки предшествовавших конструкций в отношении увеличения объема движений и сохранения кости. Этот имплант имел шарнир из кобальт-хромового сплава, позволяющий сгибать коленный сустав до острого угла и небольшую гиперэкстензию до 5 градусов [251].

Вскоре стало понятно, что петлевые конструкции для эндопротезирования коленного сустава показывают очень короткую выживаемость. Несмотря на то, что связанность эндопротеза обеспечивала стабильность, в оперированном коленном суставе были возможны только сгибание и разгибание, и высокие нагрузки приводили к раннему расшатыванию импланта, а также тяжелым ревизиям из-за значительного разрушения связочного аппарата и кости [248, 283].

В конце 1960-х годов началась новая эпоха в эндопротезировании коленного сустава. Сэр John Charnley, совершивший революцию в эндопротезировании тазобедренного сустава и представивший новую концепцию «Low-friction Arthroplasty» с металлической головкой диаметром 22 мм и сверхвысокомолекулярным полиэтиленом высокой плотности, вдохновил канадского ученого Frank Gunston на создание первого анатомического мышцелкового эндопротеза коленного сустава – полицентрического колена (polycentric knee) [39, 318].

Большинство ранних анатомических дизайнов эндопротезов коленного сустава того времени имели общие черты. Они имели очень тонкие большеберцовые компоненты и фиксировались на костном цементе. Подразумевалось сохранение хотя бы одной крестообразной связки за счет выреза посередине полиэтиленового большеберцового компонента. Основными проблемами этих эндопротезов были недостаточная фиксация большеберцового

компонента, тонкий полиэтилен и нарушения стабильности коленного сустава во фронтальной плоскости после операции [399].

В 1972 году британскими специалистами Bahaa Seedhom и Charles Townley были предложены первые эндопротезы с замещением всех трех отделов коленного сустава, включая суставную поверхность надколенника. После множества анатомических исследований Charles Townley предложил эндопротез с бедренным компонентом эндопротеза с тремя различными радиусами и несколько дисконгруэнтными суставными поверхностями, что приближало его к нормальной анатомии коленного сустава. Также Townley разработал различные инструменты для более точной установки импланта [175]. Эндопротез устанавливался с сохранением обеих крестообразных связок. Дальнейшее развитие этого эндопротеза привело к появлению тотального мышечного эндопротеза (ТС – Total Condylar) компании DePuy.

Bahaa Seedhom в Лидсе также разработал эндопротез с возможностью замещения суставной поверхности надколенника, но с сохранением только задней крестообразной связки. Позже этот имплант был усовершенствован Cloutier в отношении большего сохранения костной ткани [283].

Значительный вклад в развитие современного эндопротезирования коленного сустава внесли Ranawat, Walker, Insall и Inglis в Hospital for Special Surgery (HSS) в Нью-Йорке. Их разработки начались в 1966 году во вновь открывшейся лаборатории биомеханики и биоматериалов, и в 1970 году они предложили новый эндопротез коленного сустава – Duocondylar Knee Prosthesis. У этого эндопротеза практически отсутствовал передний бедренный фланец, было два независимых тибиальных компонента, и его установка не требовала удаления крестообразных связок [318]. Первая операция с установкой Duocondylar Knee была выполнена Ranawat в 1971 году. Накопление опыта применения данного импланта привело ученых к следующим выводам: сохранение обеих крестообразных связок делает очень сложным коррекцию любых деформаций коленного сустава, выполнение цементной фиксации компонентов этого эндопротеза оказалось сложнее, чем ожидалось. Это привело в 1974 году к

разработке нового поколения эндопротезов известных как Duopatella Knee и Total Condylar Knee (ТС).

Изначально эндопротез Duopatella Knee имел два независимых тибиальных компонента. Далее к бедренному компоненту был добавлен передний фланец, а тибиальный компонент сделали единым с фиксационными ножками [334]. Этот имплант содержал прямоугольный вырез сзади, через который проходила задняя крестообразная связка. Хотя результаты применения Duopatella Knee были обнадеживающими, хирурги HSS считали, что результаты операций с применением эндопротеза ТС были лучше. Причина была в большем количестве осложнений при операциях с сохранением задней крестообразной связки [283].

Хотя Duopatella Knee не был имплантом выбора в HSS в Нью-Йорке, его дизайн понравился команде хирургов в Госпитале имени Robert Breck Brigham в Бостоне. Они решили, что эндопротез с сохранением задней крестообразной связки предпочтительнее у пациентов с ревматоидным артритом. В 1974 году в этом госпитале уменьшили медиальный край бедренного компонента, таким образом создав ассиметричные бедренные импланты на правую и левую стороны. Изменения в Duopatella Knee привели к появлению эндопротеза Robert Brigham с сохранением задней крестообразной связки [154].

Подавляющее большинство хирургов 1970-х годов применяли костный цемент для фиксации компонентов эндопротеза коленного сустава, после того как Food and Drug Administration (FDA) разрешило его применение в США в 1971 году. Хотя Kodama и Yamamoto предложили первый мышцелковый эндопротез коленного сустава бесцементной фиксации в 1970 году [399], основное развитие это направление получило в 1980-х годах. Доктора Hungerford и Robert V. Kenna в США первыми предположили, что правильная фиксация компонентов эндопротеза бесцементной фиксации невозможна без точного специализированного инструмента и усовершенствовали и имплант и инструмент для полного соответствия. Kenneth Krackow также помогал в создании этого набора инструментов, позднее названного «Universal Instruments» [210]. Это был первый инструмент для осуществления точных резекций. Компания Howmedica

продолжила работать в этом направлении, что в последующем привело к созданию эндопротеза Porous-Coated Anatomical (PCA) knee [302]. Законченный в 1979 и впервые имплантированный в 1980 году PCA стал первым в своем роде: с пористым покрытием на границе с костью и бесцементной фиксации. Философия этого эндопротеза подразумевала сохранение задней крестообразной связки и ассиметричные бедренные компоненты: правый и левый.

Вслед за PCA в 1986 году впервые имплантирован эндопротез Miller-Galante, созданный из титан-алюминий-ванадиевого сплава. Этот имплант имел титановые винты и ножки для фиксации к большеберцовой кости, и надколенник с металлическими ножками, и явился прообразом многих эндопротезов бесцементной фиксации, дошедших до настоящего времени: Zimmer NexGen CR, Smith&Nephew Genesis II и т. д. [326].

Эндопротез TC, созданный Insall, Ranawat, Walker и Scott, был впервые имплантирован в том же году, что и Duopatella Knee. Он известен как первый имплант, который продавался во всем мире и повсеместно использовался для артропластики коленного сустава. Это был эндопротез с замещением задней крестообразной связки, в котором авторы пытались максимально воспроизвести движения здорового коленного сустава в сагиттальной плоскости. Он был несвязанным и состоял из бедренного компонента (сплав CoCr) с желобоватым передним фланцем, и большеберцового и надколенникового компонентов из полиэтилена [237].

Вместе с разработкой имплантов продолжала развиваться и техника самой операции. Перпендикулярные резекции по отношению к механической оси, достижение одинаковых прямоугольных разгибательных и сгибательных промежутков, стабильность коллатеральных связок при полном разгибании и сгибании под углом 90 градусов – это концепции, которых придерживались хирурги HSS. Для их достижения были разработаны 3 инструмента: направитель для дистальной резекции бедренной кости, направитель для проксимальной резекции большеберцовой кости и направитель для окончательной обработки бедренной кости, которые явились прообразом современных инструментов для

тотального эндопротезирования коленного сустава. Результаты применения эндопротеза ТС с новыми инструментами выгодно отличались от результатов предшествовавших имплантов, что и обусловило его популярность [317, 326].

Вскоре разработанный эндопротез ТС II не оказался таким успешным, как ожидалось, и использовался в только в течение двух лет, до 1977 года. В 1976 году Albert Burstein присоединился к команде сотрудников лаборатории биомеханики и биоматериалов HSS и продолжил исследования в отношении частых осложнений применения эндопротеза ТС II. Вместе с Insall они разработали эндопротез, который носит их имена: эндопротез коленного сустава Insall-Burstein (IBPS I) [334]. Это был эндопротез с задней стабилизацией, то есть подразумевавший в своей конструкции замещение функции задней крестообразной связки и позволявший сгибание до 115 градусов. Все последующие импланты с задней стабилизацией будут сравниваться именно с этим эндопротезом [216]. Оригинальный IBPS I имел полностью полиэтиленовый большеберцовый компонент, однако дальнейшие исследования привели к появлению металлической основы под полиэтиленовым вкладышем для перераспределения нагрузок на подлежащую кость и предупреждения расшатывания компонента (IBPS II) [294].

Эндопротез IBPS с обоими вариантами большеберцового компонента имел очень хорошие результаты, как в отношении функции оперированного коленного сустава, так и в отношении выживаемости [146, 215, 335]. В 1988 году был представлен IBPS с модульным большеберцовым компонентом с возможностью добавления аугментов и интрамедуллярных ножек [334].

Однако Insall не закончил на этом разработку дизайна эндопротеза, и в середине 1990-х годов был представлен эндопротез с задней стабилизацией NexGen Legacy Posterior-Stabilized Knee Prosthesis (LPS). Он имеет большой размерный ряд, приподнятый латеральный фланец бедренного компонента, углубленную борозду для надколенника и применяется в настоящее время [334].

Также продолжались разработки материалов для изготовления эндопротезов коленного сустава. Ученый и один из со-основателей ортопедической компании Biomet в США Dane A. Miller предложил изготавливать полиэтиленовые вкладыши

для эндопротезов коленного сустава путем прямого прессования полиэтилена, что привело к значительному уменьшению их износа [231]. Дальнейшее изучение полиэтилена показало, что стерилизация ускоряет его разрушение [191, 300, 346]. Было обнаружено, что срок годности влияет на износ компонентов эндопротеза коленного сустава, компоненты, произведенные не ранее 5 лет назад, показывали лучшую выживаемость [353].

Стремление к увеличению объема движений после эндопротезирования коленного сустава привело к появлению «high flex» имплантов, хотя до настоящего времени нет полного понимания – целесообразно ли использовать такие эндопротезы [144, 148, 155, 205, 271]. Компания Zimmer первой предложила узкие бедренные компоненты, более подходящие для женской анатомии [270]. Повсеместно внедрены компьютерные навигационные технологии и активно внедряются роботические системы для эндопротезирования коленного сустава [19, 108, 153, 327, 328, 329, 332]. А в некоторых случаях история идет по кругу: вновь авторы начинают разрабатывать и применять импланты с сохранением обеих крестообразных связок, чтобы сохранить естественную кинематику оперированного коленного сустава [119, 124, 147, 283].

1.2. Современные подходы к эндопротезированию коленного сустава

1.2.1. Распространенность операций

Наиболее перспективной организационной структурой, которая учитывает количество выполненных операций и оценивает результаты эндопротезирования, является национальный регистр [91, 100].

В связи с отсутствием единого публикуемого национального регистра эндопротезирования суставов, в Российской Федерации (РФ) полноценных открытых данных о выполняемых артропластиках коленного сустава нет. В отчете ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России отмечено, что в нашей стране в 2018 году выполнено 42 904 эндопротезирования коленного сустава [98,

106]. Результаты опроса органов исполнительной власти, федеральных государственных учреждений, частных учреждений здравоохранения, проведенные сотрудниками ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, включившие 76 субъектов РФ, всего 135 респондентов показали, что в 2019 году было выполнено 63 750 первичных и 2 573 ревизионных эндопротезирований коленного сустава [106]. Несмотря на строительство новых федеральных центров травматологии и ортопедии, потребность пациентов в эндопротезировании коленного в нашей стране не удовлетворена. По данным газеты «Коммерсант» (статья «Лист ожидания» от 24.05.2018 г.) [83], емкость рынка эндопротезирования в Российской Федерации – 150–300 тысяч операций ежегодно.

Первый национальный регистр, учитывающий эндопротезирование коленного сустава, появился в Швеции в 1975 году [374]. В настоящее время в Европе организованы регистры в следующих странах и регионах: Бельгия, Каталония, Чехия, Дания, Финляндия, Нидерланды, Франция, Германия, Венгрия, Англия, Уэльс и Северная Ирландия, Норвегия, Португалия, Румыния, Шотландия, Словакия, Словения, Швейцария и Турция. За пределами Европы регистры есть в США, Австралии, Канаде, Новой Зеландии, Пакистане и Саудовской Аравии [91, 195, 204, 239, 362, 369, 375].

В ежегодном отчете Шведского регистра эндопротезирования (The Swedish Arthroplasty Register) содержится информация о 12 742 первичных эндопротезированиях коленного сустава, выполненных в 2021 году, что оказалось на 8% больше, чем в 2020 году, но на 25% меньше, чем в 2019 году (уменьшение количества операций, по всей видимости, связано с пандемией COVID-19). Среди них, в 2021 году было 86,3% тотальных эндопротезирований коленного сустава и 12,8% одномышцелковых эндопротезирований. Средний возраст пациентов на момент операции составил 68,7 лет. Количество женщин преобладало и составило 55,4%, хотя это преобладание было меньше, чем в предыдущие годы.

Количество ревизионных вмешательств после тотального эндопротезирования коленного сустава в 2021 году составило 443, после одномышцелкового – 139. Наиболее частой причиной ревизионного вмешательства

после тотального эндопротезирования коленного сустава в Швеции в этом году была инфекция [373].

В Германии по данным отчета Endoprothesenregister Deutschland (EPRD) в 2021 году выполнено 115 581 эндопротезирований коленного сустава. 60,4% пациентов, подлежащих данной операции, были моложе 65 лет, и отмечается более молодой возраст пациентов по сравнению с теми, кому выполнялось эндопротезирование тазобедренного сустава. 95,2% тотальных эндопротезов и 90,3% одномышечковых систем были цементной фиксации. Отмечено снижение количества эндопротезов с мобильным вкладышем: тотальных систем было 10,7% (по сравнению с 19,5% в 2016 году), одномышечковых 53,8% (по сравнению с 71,6% в 2014 году). Интересен вновь возрастающий интерес к применению тотальных систем с задней стабилизацией – 24% в 2021 году по сравнению с 15,6% в 2015.

В 2021 году в EPRD было зарегистрировано 13 961 повторных операций после эндопротезирования коленного сустава. Наиболее частой причиной ревизии было расшатывание компонентов эндопротеза (23,5%), на втором месте инфекция (15%) [194].

По данным регистра Англии, Уэльса и Северной Ирландии – National Joint Registry (NJR) в 2021 году выполнено 77 830 эндопротезирований коленного сустава, что было значительно больше, чем в 2020 году (52 334 операций), но меньше, чем в 2019 году (107 760 операций). Это, очевидно, также связано с влиянием эпидемии COVID-19. Более 90% установленных имплантов было цементной фиксации [268].

В Новой Зеландии, согласно отчету The New Zealand Joint Registry, в 2021 году зарегистрировано 9 860 первичных эндопротезирований коленного сустава. Среди них почти 90% эндопротезов были с фиксированным вкладышем. Интересна тенденция по возрастанию частоты применения имплантов с сохранением задней крестообразной связки, если в 1999 году их было около 45%, то в 2021 уже почти 80%. Интересно, что в Новой Зеландии основными причинами ревизионных

вмешательств являются необъяснимая боль (1 306 операций с января 1999 года) и глубокая перипротезная инфекция (1 305 операций за тот же период времени).

По данным организации Precedence Research, глобальный рынок эндопротезов коленного сустава в 2021 году составил 9,8 млрд долларов США, ожидается возрастание этого рынка до 16,1 млрд долларов США к 2030 году, рост составит приблизительно 5,67% ежегодно.

1.2.2. Применяемые методики

Несмотря на впечатляющее развитие эндопротезирования коленного сустава, до настоящего времени остается целый ряд противоречивых вопросов. Один из них: выполнять ли замену суставной поверхности надколенника [84, 107, 150, 287, 289, 290, 291, 349]? Исследования показали, что в давление в пателлофemorальном суставе в 5–7 раз превышает вес тела человека, когда он встает, в 2–3 раза при ходьбе по лестнице и в 20 раз при прыжках [170, 261]. Некоторые авторы считают, что необходимо выполнять замену его суставной поверхности при тотальном эндопротезировании [120, 286, 292, 377]. Другая группа хирургов указывает на осложнения, которые могут возникать при замене суставной поверхности надколенника, связанные с недостаточной, избыточной или неравномерной резекцией хряща и субхондральной кости. Они предлагают другие методы, такие как денервация надколенника электрокоагулятором или пателлопластику [273, 288]. Также есть авторы, которые считают, что замена суставной поверхности вообще не влияет на результаты эндопротезирования коленного сустава [166]. В The Swedish Arthroplasty Register показано, что в эндопротезах, установленных в период с 1991 по 2000 год, меньший риск ревизии имели пациенты с заменой суставной поверхности надколенника, а в имплантах, установленных после 2001 года, меньшая частота ревизий была у пациентов без замены надколенника [373].

Нет единого мнения, какую степень связанности имплантов применять: без задней стабилизации (Cruciate Retaining (CR)), или с задней стабилизацией (Posterior Stabilized (PS)) [180, 236, 305, 338]. Одни исследователи считают, что

сохранение задней крестообразной связки сохраняет естественную кинематику и проприоцепцию сустава [269, 345]. Другие считают, что использование имплантов с задней стабилизацией позволяет увеличить объем движений в оперированном суставе [258, 280], легче сбалансировать связочный аппарат и обеспечивает более правильный задний откат бедра [303, 370]. Метаанализ, включивший 14 рандомизированных контролируемых исследований, показал отсутствие отличий в результатах применения CR и PS имплантов по шкалам Knee Society knee Score (KSS), The Western Ontario and McMaster Universities score (WOMAC) и Hospital for Special Surgery score (HSS score), а также количество осложнений, включая частоту ревизионных вмешательств. Однако PS импланты не имели преимуществ в отношении послеоперационного объема движений в оперированном коленном суставе [305].

В EPRD показана бóльшая частота ревизий для пары трения PS через 7 лет после первичной имплантации, однако разница по сравнению с CR немного более 1% [194]. NJR показывает сходную частоту ревизий для пар трения CR и PS при цементном эндопротезировании коленного сустава и бóльшую частоту ревизий для пары трения PS при бесцементном эндопротезировании [268]. The New Zealand Joint Registry показывает несколько бóльшую частоту ревизий для PS имплантов (0,59/100 лет) по сравнению с CR имплантами (0,41/100 лет) [368].

Дискутабельным остается вопрос: какой метод выравнивания применять при тотальном эндопротезировании коленного сустава [12, 31, 49, 50, 68, 77, 116, 149, 388]. Начиная с 1970 годов и до настоящего времени чаще всего практикуется механическое выравнивание нижней конечности, то есть восстановление или создание механической оси, проходящей по прямой линии через центр головки бедренной кости, центр коленного сустава и центр голеностопного сустава [254, 386]. Во время операции она достигается за счет дистальной резекции бедренной кости и проксимальной резекции большеберцовой кости перпендикулярно их механической оси, также учитывается правильное ротационное положение бедренного и большеберцового компонентов для обеспечения оптимального трэкинга надколенника [115, 116]. Цель контролируемых резекций бедренной и

большеберцовой кости – достижение оптимальных прямоугольных разгибательного (при разгибании в коленном суставе 180°) и сгибательного (при сгибании в коленном суставе 90°) промежутков с одинаковым натяжением медиальных и латеральных стабилизирующих структур коленного сустава [247]. Считается, что отклонения от механической оси более 3° после эндопротезирования могут ухудшать функцию оперированного сустава и снижать срок службы импланта [92, 152, 263, 307]. Также существуют исследования, показывающие обратное: отклонение механической оси нижней конечности более 3° после эндопротезирования коленного сустава не повышает риск расшатывания компонентов эндопротеза и иных проблем после операции [169, 224, 330, 358].

Недостатки механического выравнивания, а именно нарушение натуральной кинематики коленного сустава [157], привели к появлению философии кинематического выравнивания, предложенного Stephen Howell в 2007 году [339]. Демографические исследования в 2012 году показали, что 32% мужчин и 17% женщин имеют естественные варусные отклонения нижних конечностей более 3° [159, 352]. Следовательно, достижение прямой оси нижней конечности при механическом выравнивании во время тотального эндопротезирования нарушает это естественное отклонение. Суть кинематического выравнивания заключается в том, что эндопротезирование коленного сустава восстанавливает его естественную кинематику, которая была до развития остеоартроза, и напоминает действия хирурга при одномышечковом эндопротезировании коленного сустава, когда выполняются только костные резекции без мягкотканых релизов [46, 77, 169, 392]. Операция начинается с дистальной резекции бедренной кости, но не перпендикулярно механической оси, а учитывая естественный латеральный дистальный бедренный угол (LDFA) пациента. Этот угол измеряется при планировании и восстанавливается с помощью интрамедуллярного направителя [183]. Проксимальную резекцию большеберцовой кости также резецируют параллельно линии сустава, учитывая износ суставного хряща. Асимметрии во фронтальной плоскости исправляются за счет варусного или вальгусного наклона резекции, несоответствия сгибательного и разгибательного промежутков

исправляются с помощью переднего или заднего наклона большеберцового компонента. Концепция кинематического выравнивания позволяет и даже стремится к небольшой физиологической слабости латеральных стабилизаторов коленного сустава [225]. Однако существует ряд противоречий в отношении применения данной методики. Первое касается подбора пациентов: при каком фенотипе гонартроза возможно применение кинематического выравнивания [396]? Другое касается ситуаций с выраженными мягкоткаными контрактурами и экстраартикулярными деформациями нижней конечности, когда естественная биомеханика и нагрузки в суставе изменены. Это делает формирование показаний к операции и воспроизведение данной методики более сложным и требующим дальнейшего обсуждения [339].

Строгое соблюдение методики кинематического выравнивания допускает варусные и вальгусные деформации более 5° . Некоторые исследователи сочли это критичным, так как нет отдаленных результатов по выживаемости эндопротеза коленного сустава при таком отклонении оси. Это привело к развитию методики ограниченного кинематического выравнивания, при которой компоненты эндопротеза устанавливаются с углами LDFA и MPTA между 85° и 95° и отклонением нижней конечности от механической оси в пределах 3° [226, 364].

Существует также анатомическое выравнивание, целью которого является восстановление естественной анатомии коленного сустава, учитывая натуральный варусный угол мыщелков большеберцовой кости. Это достигается за счет проксимальной резекции большеберцовой кости под варусным углом 3° и дистальной резекции бедренной кости под вальгусным углом 3° , что приводит к ровной механической оси конечности [157]. Исследования показали, что тотальное эндопротезирование коленного сустава с анатомическим выравниванием приводит к улучшению трэкинга надколенника, уменьшает натяжение латеральной поддерживающей связки надколенника и приводит к более равномерным нагрузкам на большеберцовый компонент с уменьшением линий просветления на рентгенограммах на границе цемент-кость по сравнению с механическим выравниванием [331, 371]. Однако основным недостатком такого выравнивания

является то, что варусная резекция большеберцовой кости может привести к варусному положению большеберцового компонента, деформации оси конечности и раннему расшатыванию компонентов эндопротеза [138, 254].

Как новый метод восстановления биомеханики коленного сустава с работой на мягкотканых структурах было предложено функциональное выравнивание [157]. Нейтральная механическая ось достигается за счет перпендикулярного позиционирования компонентов эндопротеза по отношению к механическим осям бедренной и большеберцовой костей. Максимально точные костные резекции достигаются с применением навигации или робота [112]. С помощью релизов и тензора под контролем компьютера восстанавливается равномерное натяжение связок и ось конечности во фронтальной плоскости, также достигается равномерный сгибательный промежуток [219, 222]. Точные резекции с помощью робота также позволяют сделать вальгусный наклон дистальной резекции бедренной кости и варусный наклон проксимальной резекции большеберцовой кости, чтобы обеспечить естественный наклон суставной щели и нейтральную механическую ось конечности. Первые исследования показали, что применение функционального выравнивания при робот-ассистированном тотальном эндопротезировании коленного сустава позволяет уменьшить протяженность мягкотканых релизов по сравнению с техникой механического выравнивания [157]. Функциональное выравнивание также может улучшить послеоперационную реабилитацию, снизить потребность в анальгетиках и продолжительность госпитализации [112]. Однако пока нет исследований о влиянии функционального выравнивания при тотальном эндопротезировании коленного сустава на долговременные результаты операции, выживаемость импланта и осложнения [157].

На этом список современных противоречий при эндопротезировании коленного сустава не заканчивается. Большое количество вопросов требует дальнейших исследований и наблюдений [3, 21, 52].

1.3. Проблемы после эндопротезирования коленного сустава

Возрастание количества первичных эндопротезирований коленного сустава неуклонно приводит к возрастанию потребности в ревизионных операциях [14, 75, 102, 118, 310]. На ревизионное эндопротезирование коленного сустава в США ежегодно тратится 2,7 млрд долларов [142]. Несмотря на впечатляющую эффективность этого метода лечения при терминальных стадиях гонартроза, около 20% пациентов остаются неудовлетворенными результатами операции [15, 58, 69, 88, 228]. Наиболее частыми показаниями к ревизионному эндопротезированию коленного сустава являются: асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, инфекция, нестабильность связочного аппарата, контрактуры вследствие различных причин [73, 118, 319, 360]. Более редким показанием являются перипротезные переломы [118, 202]. Анализ случаев ревизионного эндопротезирования коленного сустава в 2009–2013 гг. в США показал, что чаще всего причиной явилась инфекция (20,4%), вслед за ней следовало асептическое расшатывание компонентов эндопротеза (20,3%) [158]. Другие авторы проанализировали эпидемиологию ревизионного эндопротезирования коленного сустава в четыре промежутка времени: до 1997 года; с 1997 по 2000 гг.; с 2000 по 2012 гг. и после 2012 года. Оказалось, что до 1997 года основными причинами неудачи первичного ТЭКС были инфекция, проблемы с надколенником, износ полиэтилена и асептическое расшатывание компонентов. После износ полиэтилена и асептическое расшатывание стали занимать первое место в структуре ревизионных операций, однако на фоне улучшения производственных процессов и дизайна имплантов в 2000–2012 гг. инфекция стала основной причиной. После 2012 года инфекция и асептическое расшатывание компонентов делят первое место как причины неудач после тотального эндопротезирования коленного сустава [360].

1.3.1. Перипротезная инфекция

Перипротезная инфекция коленного сустава – самое тяжелое осложнение после эндопротезирования, вызывающее выраженное снижение качества жизни, которое может приводить к катастрофическим последствиям [324]. Частота перипротезной инфекции достигает от 1% до 2% после первичного эндопротезирования и 4% после ревизионного эндопротезирования [221]. Инфекционные осложнения являются одной из лидирующих проблем после эндопротезирования коленного сустава и в Российской Федерации [29, 30, 33, 35, 70]. По данным регистра эндопротезирования коленного сустава ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России на ее долю приходится 58% всех ревизионных вмешательств [17, 78]. В мире существуют две самые авторитетные школы, определяющие основное развитие по диагностике и лечению перипротезной инфекции: европейская, под руководством А. Trampuz в госпитале Charite в Берлине (Pro-Implant Foundation) и американская, под руководством J. Parvizi в Филадельфии (Musculoskeletal Infection Society (MSIS)) [221,350]. MSIS в 2011 году на основании множества данных сформировала критерии перипротезной инфекции тазобедренного и коленного сустава и в 2018 году уточнила эти критерии. Основываясь на клинических и лабораторных данных 1 504 пациентов (684 с перипротезной инфекцией и 820 с асептическими ревизиями) предложены следующий диагностический алгоритм (Таблица 1.1) [350].

MSIS приняло следующие значения для превышения лабораторных показателей в плазме крови: С-реактивный белок (СРБ) более 1 мг/дл, D-димер более 860 нг/мл и скорость оседания эритроцитов (СОЭ) более 30 мм/час. Для синовиальной жидкости: более 3000 лейкоцитов в мкл, положительный тест на альфа-дефенсин, положительный тест на лейкоцитарную эстеразу (ЛЭ), полиморфно-ядерные нейтрофилы (ПМН) более 80% и СРБ более 6,9 мг/л [350].

Таблица 1.1 – Алгоритм диагностики перипротезной инфекции [350]

Интраоперационная диагностика	Недостаточная предоперационная диагностика или сухой сустав		Баллы	Решение
	Предоперационная оценка		-	≥ 6 – инфекция $4-5$ требуется подтверждение ≤ 3 нет инфекции
	Положительная гистология		3	
	Наличие гноя		3	
	Один положительный посев		2	
Большие критерии (как минимум один из них)				Решение
Два положительных посева с одним и тем же микробом				Инфекция
Свищ, связанный с имплантом или имплант виден в ране				
Предоперационная диагностика	Малые критерии		Баллы	Решение
	Плазма	Повышение С-реактивного белка или D-димера	2	≥ 6 – инфекция $2-5$ возможно инфекция $0-1$ нет инфекции
		Повышение СОЭ	1	
	Синовиальная жидкость	Повышение количества лейкоцитов или ЛЭ	3	
		Положительный альфа-дефенсин	3	
		Повышение ПМН	2	
		Повышение СРБ	1	

Примечание: Интраоперационная диагностика может дополнить предоперационную при недостаточных малых критериях. При неубедительных интраоперационных данных требуется дальнейшее молекулярное обследование (секвенирование нового поколения)

Pro-Implant Foundation выпускает очень удобные справочники по диагностике и лечению перипротезной инфекции, доступные на разных языках, в том числе на русском [298]. Согласно последней версии, выпущенной в 2018 году, диагноз глубокой перипротезной инфекции ставится при наличии одного или более критериев (Таблица 1.2).

Существует множество факторов риска развития перипротезной инфекции коленного сустава, связанных как с пациентом, так и с особенностями операции. К важным факторам риска со стороны пациента относят любые гнойные инфекции оперируемого сустава, сепсис в анамнезе, острые кожные или глубокие инфекции, гемотрансфузии [93, 105, 296, 325]. К факторам, связанным с пациентом, также

относят некомпенсированный сахарный диабет [363], недостаточность питания [309], ожирение [5, 104, 139], курение [366], злоупотребление алкоголем [114], иммунодефицитные заболевания и состояния, носительство *S. aureus* [308].

Таблица 1.2 – Критерии перипротезной инфекции согласно Pro-Implant Foundation [298]

Тест	Критерии	Чувствительность	Специфичность
Клинические признаки	Свищ или видимое нагноение тканей вокруг протеза ¹	20–30 %	100%
Цитология синовиальной жидкости ²	>2000/мкл лейкоцитов или > 70% нейтрофилов	≈90%	≈95%
Гистология ³	Воспаление перипротезной ткани (≥ 23 нейтрофилов в 10 полях зрения х400)	73%	95%
Микробиология	Рост микроорганизмов в:		
	• синовиальной жидкости	45–75%	95%
	• ≥ 2 биоптатах ⁴	60–80%	92%
	• сонификационной жидкости (≥ 50 КОЭ/мл) ⁵	80–90%	95%

Примечание: 1. Пара трения металл-металл компонентов эндопротеза может имитировать нагноение («псевдонагноение»), при этом количество лейкоцитов в норме (видимые частицы металла). 2. Высокое содержание лейкоцитов не учитывается в течение 6 недель после операции, при ревматоидном артрите, перипротезном переломе или вывихе. Количество лейкоцитов определяется в течение 24 ч при помощи микроскопического исследования или при автоматическом подсчете; сгустки удаляются добавлением 10 мкл гиалуронидазы. 3. Острое воспаление определяется наличием 2-х и более нейтрофилов в поле зрения (тип 2 или 3 по Kreen and Morawietz). 4. Для высоковирулентных микроорганизмов (например, *S. aureus*, *E. coli*) существенным считается наличие роста даже в одном образце. 5. При лечении антибиотиками и для анаэробов существенным считается <50 КОЭ/мл

Сахарный диабет является фактором риска для инфекционных осложнений при любых хирургических вмешательствах [296]. Некоторые исследования показывают, что у пациентов с диабетом после эндопротезирования суставов риск инфекционных осложнений возрастает в 7 раз [167]. Это делает необходимым коррекцию эндокринных нарушений перед операцией [296].

Недостаточность питания также крайне негативно влияет на результат эндопротезирования суставов, ухудшая заживление раны и в 7 раз повышая риск инфекционных осложнений [241].

Большой проблемой при выполнении эндопротезирования крупных суставов, в частности коленного, является возрастание количества пациентов с ожирением [5, 39, 53, 104]. В настоящее время в мире около 671 млн человек страдают ожирением, половина из них проживают в 10 странах: США, Российской Федерации, Китае, Индии, Бразилии, Мексике, Египте, Германии, Пакистане и Индонезии [48, 196]. В России распространенность ожирения по разным данным составляет от 20,5 до 54% [9, 13]. Ожирение само по себе является фактором риска развития тяжелых форм гонартроза и, как следствие, возникновения показаний к тотальному эндопротезированию коленного сустава [43, 44]. У пациентов с индексом массы тела (ИМТ) более 35 риск глубокой перипротезной инфекции возрастает от 2 до 6 раз [127, 355].

Со стороны хирургического вмешательства на частоту возникновения перипротезной инфекции могут повлиять: время операции, время жгута, тип используемого костного цемента, профилактика антибиотиками, опыт хирурга, наличие обучающихся в операционной, оснащение госпиталя (ламинарные потоки в операционных, применение стерильных шлемов) и т. д. [324].

Вопрос о влиянии костного цемента с антибиотиком на частоту возникновения перипротезной инфекции коленного сустава изучается многими авторами и остается дискуссионным. Казалось бы логичным, что антибиотик в цементе уменьшает частоту инфекционных осложнений [324]. Однако есть исследования, которые показывают, что антибиотик в костном цементе не только не уменьшает частоту возникновения перипротезной инфекции и, даже напротив, может ее увеличивать [267, 365]. Другие авторы показывают, что такой цемент вообще не влияет на частоту ревизий и инфекций после эндопротезирования коленного сустава [165, 376].

Применение гемотрансфузий увеличивает частоту перипротезной инфекции коленного сустава [97, 105, 117, 295], однако это влияние тоже не столь однозначно

[324]. На количество гемотрансфузий могут влиять и другие хирургические факторы: деликатная хирургическая техника, тщательный интраоперационный гемостаз, применение кровосберегающих технологий. Все они могут снизить частоту инфекционных осложнений [203].

Ряд исследователей нашли взаимосвязь между временем операции и частотой возникновения перипротезной инфекции коленного сустава [267, 311, 312]. Время операции больше 90 минут повышает риск перипротезной инфекции коленного сустава, и каждые 15 дополнительных минут этот риск возрастает, также отрицательно влияет время жгута более 1 часа [324].

1.3.2. Асептическое расшатывание и перипротезный остеолит

Следующими очень распространенными показаниями к ревизионному эндопротезированию коленного сустава являются расшатывание компонентов эндопротеза и перипротезный остеолит, которые могут быть связаны с инфекционными осложнениями, а часто появляются и без них. Одним из механизмов возникновения перипротезного остеолита является реакция тканей на частицы полиэтилена [230, 299]. Они образуются как в области контакта полиэтиленовой прокладки эндопротеза и бедренного компонента, так и в зоне фиксации полиэтилена к большеберцовому компоненту или на границе полиэтилен – цемент у полностью полиэтиленовых большеберцовых компонентов. Частицы полиэтилена фагоцитируются макрофагами и гигантскими клетками, что приводит к выбросу большого количества цитокинов. Интерлейкины, такие как интерлейкин-1 β , интерлейкин-6, фактор некроза опухоли вызывают активацию остеокластов, что приводит к остеолиту [111, 214, 277]. Кроме того, цитокины ингибируют остеобласты [276]. Большую роль играет размер частиц полиэтилена: фрагменты размером от 1 до 10 мкм обладают наибольшей биологической активностью, тогда как частицы более 10 мкм не могут быть фагоцитированы, и вызывают меньшую реакцию тканей [201].

Частота расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава может быть связана с типом применяемого полиэтилена. Метаанализ, включивший 962 467 пациентов с первичным тотальным эндопротезированием коленного сустава, показал, что применение высокомолекулярного полиэтилена с поперечными связями (highly crosslinked polyethylene (HXLPE)) снижает частоту асептического расшатывания компонентов [206].

Одни исследователи показывают, что повышение ИМТ приводит к повышению частоты расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава [122], другие показывают, что повышенный вес никак на это не влияет [395]. Нарушение пространственной ориентации компонентов эндопротеза приводит к неравномерным нагрузкам в оперированном коленном суставе, что также приводит к развитию остеолита и расшатывания. В.С. Lee et al. (2018) показали, что варусное расположение бедренного компонента эндопротеза коленного сустава приводит к нестабильности большеберцового компонента [185].

Риск расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава больше при бесцементном эндопротезировании [282]. Ограниченное кинематическое выравнивание также может быть ассоциировано с повышением частоты остеолита при применении PS имплантов [320]. Однако, нет разницы в отношении асептического расшатывания при применении эндопротезов с фиксированным или мобильным вкладышем [272].

«Золотым стандартом» диагностики расшатывания компонентов эндопротеза являются рентгенограммы коленного сустава в двух проекциях [57, 80, 90, 101]. К рентгенологическим признакам нестабильности относят линии просветления на границе цемент – кость или компонент – цемент шириной более 2 мм, нарастание зон просветления в динамике, поломка цементной мантии, миграция компонентов эндопротеза. Компьютерная томография с подавлением артефактов от металла может помочь уточнить локализацию и протяженность зон остеолита [340].

Не всегда наличие линий просветления на рентгенограммах указывает на расшатывание компонентов эндопротеза. Если они видны сразу после операции, то связаны с хирургической техникой: недостаточной обработкой склерозированной

кости, неточным расположением компонентов эндопротеза в связи с неровными резекциями кости. Такие линии хорошо выявляются на рентгенограммах, однако часто не связаны с какими-либо клиническими симптомами [391]. Линии просветления, появляющиеся в течение 2 лет после имплантации эндопротеза, могут быть физиологическими. Они появляются в 48% случаев после первичного эндопротезирования коленного сустава с преобладанием в области большеберцового компонента (38%) [213].

1.3.3. Нестабильность связочного аппарата

Нестабильность связочного аппарата после ТЭКС развивается менее, чем у 1–2% пациентов, однако является причиной от 7,5 до 20% ревизионных эндопротезирований коленного сустава [253]. Причин нестабильности много: травма, избыточные релизы мягких тканей по поводу фиксированных деформаций и контрактур, пациенты с ожирением, несбалансированный сгибательный и разгибательный промежуток, неправильное восстановление линии сустава, системные заболевания соединительной ткани, пациенты с грубыми деформациями тазобедренного или голеностопного сустава и стопы со стороны операции [134, 380, 381, 390]. Поздняя нестабильность может развиваться вследствие асимметричного износа полиэтиленового вкладыша и перетирания задней крестообразной или коллатеральных связок [253]. 28% пациентов с последствиями полиомиелита имеют рецидив гиперэкстензии коленного сустава после эндопротезирования [278].

В процессе эндопротезирования хирург традиционно оценивает баланс и соответствие сгибательного и разгибательного промежутков коленного сустава. Однако при стабильности связочного аппарата в полном разгибании и сгибании сустава 90° пациента может беспокоить нестабильность в средних углах сгибания (midflexion instability) [316]. Повышение суставной линии нарушает ось сгибания коленного сустава, что может приводить к слабости задней капсулы, задней крестообразной и коллатеральных связок при углах сгибания $30\text{--}60^\circ$, что приводит

к нестабильности [161]. G.J. Emodi et al. (1999) в эксперименте на биоманекенах показали, что повышение линии сустава более 2 мм приводит к натяжению задней крестообразной связки при CR эндопротезировании, что приводит к *midflexion instability*. Повышение уровня суставной щели часто возникает при увеличении дистальной резекции бедренной кости на фоне значительных сгибательных контрактур [304]. Н. Wang et al. сравнили биомеханику полирадиусных и монорадиусных бедренных компонентов эндопротеза коленного сустава. Они показали, что у полирадиусных компонентов при углах сгибания коленного сустава 30–45° появляется медиолатеральная нестабильность, хотя этот эффект не наблюдается в полирадиусном здоровом колене человека. Исследование показало возрастающую отводящую нагрузку в средних углах сгибания при опускании тела в группе пациентов с полирадиусными бедренными компонентами, что приводило к *midflexion instability*. Кроме того, у пациентов с полирадиусными эндопротезами отмечалось большее усилие четырехглавой мышцы бедра, что было связано с более задним расположением оси сгибания коленного сустава в этой группе [125]. Аналогичный эффект авторы отметили у пациентов с двусторонним эндопротезированием коленных суставов, когда с одной стороны был установлен монорадиусный бедренный компонент, а с другой стороны полирадиусный [126].

Коленные суставы с тяжелыми варусными деформациями требуют значительных релизов медиальных структур, в том числе глубокой порции медиальной коллатеральной связки, а при вальгусных деформациях отмечается перерастяжение и несостоятельность медиальных отделов, что тоже может приводить к *midflexion instability* [316, 380, 381]. Кинематические исследования на биоманекенах показали, что поверхностная порция медиальной коллатеральной связки, несмотря на изометрическое натяжение, все же имеет тенденцию к ослаблению на углах сгибания 30–50° [208]. Этот эффект не отмечен для латеральной коллатеральной связки.

Нестабильность коленного сустава в сгибании может быть связана с увеличенным сгибательным промежутком по сравнению с разгибательным. Такая нестабильность может возникать как сразу после операции, если размер

сгибательного промежутка получился больше, чем разгибательного, так и развиваться со временем при растяжении задней крестообразной связки на CR импланте [187, 390]. Пациенты жалуются на ощущение нестабильности, особенно при ходьбе вниз по лестнице и диффузную боль в коленном суставе [268], и причину этого состояния бывает трудно диагностировать [332]. В настоящее время трудно провести четкую границу между midflexion instability и нестабильностью при сгибании [188].

1.3.4. Тугоподвижность коленного сустава

Тугоподвижность коленного сустава после эндопротезирования часто приводит к болям и дискомфорту, неудовлетворенности ожиданиям пациента после операции [2, 4, 186, 228]. Основные причины, приводящие к тугоподвижности – это хирургические факторы (мальпозиция компонентов, избыточное натяжение мягких тканей, грубые контрактуры перед операцией), расшатывание имплантов, инфекция, психологические расстройства и ожирение [135].

Нарушение ротации бедренного и большеберцового компонентов после эндопротезирования коленного сустава приводит к нарушению трэкинга надколенника при сгибании, что приводит к тугоподвижности [356, 379]. Внутренняя ротация бедренного компонента по отношению к межнадмыщелковой оси значительно снижает баллы функциональной активности и менее значительно снижает удовлетворенность пациентов после ТЭКС [219]. Внутренняя ротация тибиального компонента значительно увеличивает риск болей и нарушения функции после эндопротезирования коленного сустава, в то время как наружная ротация тоже приводит к изменению биомеханики, но со значительно меньшим клиническим эффектом [379]. Кроме того, мальротация большеберцового компонента приводит к натяжению медиальной коллатеральной связки и жалобам пациентов после ТЭКС [243]. Умеренная наружная ротация большеберцового

компонента создает более натуральную кинематику коленного сустава после эндопротезирования, чем внутренняя ротация [259].

Противоречивость данной темы усиливают другие исследования. Систематический обзор литературы с 896 артропластиками коленного сустава показал, что мальротация бедренного компонента не связана с плохим клиническим исходом после тотального эндопротезирования коленного сустава [184]. Другое исследование, включившее 133 пациента, показало, что нарушение ротации бедренного компонента не влияет на усиление болевого синдрома как минимум 1 год после эндопротезирования коленного сустава [341]. Сравнение 71 пациента с необъяснимой болью после эндопротезирования коленного сустава с 41 пациентом, удовлетворенным оперированным суставом, показало, что нет разницы в частоте мальротации бедренного, большеберцового или двух компонентов в обеих группах [384].

Сгибательная контрактура после эндопротезирования коленного сустава тоже может стать показанием к ревизионной операции [186]. Причиной этого может быть недостаточная интраоперационная коррекция уже имеющейся сгибательной контрактуры, а также недостаточные физиотерапевтические мероприятия в послеоперационном периоде [209]. Часто хирурги стремятся увеличивать разгибательный промежуток за счет увеличения дистальной резекции бедренной кости [220], однако это может приводить к повышению уровня суставной щели коленного сустава при разгибании и проблемам в пателлофemorальном суставе [6, 59].

Изменение уровня суставной щели влияет на положение надколенника по отношению к ней. Например, завышение ее уровня приводит к низкому стоянию надколенника, так называемому *patella baja*. В этом состоянии надколенник даже при полном разгибании контактирует с вырезкой бедренного компонента, что при сгибании приводит к импиджменту при сгибании, передним болям и ограничению движений в коленном суставе. Кроме того, это приводит к слабости разгибателей голени [285]. Исследование A.E. Weale et al. (1999) показало 34% частоту *patella baja* после ТЭКС [367].

1.3.5. Перипротезные переломы

Перипротезные переломы бедренной и большеберцовой костей также могут стать показанием к ревизионному эндопротезированию коленного сустава [51, 85]. Это не самая частая проблема после ТЭКС, занимающая в структуре осложнений 0,3–2,5% [245], однако в структуре ревизионного эндопротезирования составляющая 13,7% [118]. Наиболее часто бывают надмыщелковые переломы бедренной кости с частотой 0,3–2,5% после первичного эндопротезирования коленного сустава и 1,6–38% после ревизионного эндопротезирования [397]. Реже бывают перипротезные переломы большеберцовой кости с частотой 0,4% после первичного эндопротезирования и бóльшей частотой после ревизионного эндопротезирования [182]. Перипротезные переломы надколенника случаются чаще после эндопротезирования суставной поверхности надколенника [246]. Однако частота их, по литературным данным, невелика – около 0,68%, хотя истинная частота может быть выше, поскольку во многих случаях они протекают бессимптомно [275]. Факторами риска перипротезных переломов около коленного сустава являются: остеопороз, ревматоидный артрит, эпилепсия, прием кортикостероидов, болезнь Паркинсона, пожилой и старческий возраст, женский пол, ятрогенные факторы, такие как повреждение передней кортикальной кости бедра и мальпозиция компонентов. Расшатывание имплантов, на фоне инфекции, или без нее, также может приводить к перипротезным переломам [163, 245, 252, 397]. Перипротезные переломы могут быть интраоперационными и послеоперационными. Интраоперационные переломы чаще всего бывают со стороны большеберцовой кости, а фактором риска переломов бедренной кости являются PS импланты [397]. Лечебные варианты при перипротезных переломах включают: консервативное лечение, хирургическая фиксация (интрамедуллярный остеосинтез или пластины, винты, в случае интраоперационных переломов и (или) переломов надмыщелков бедренной кости), внеочаговая фиксация, которая применяется достаточно редко при этом варианте переломов и ревизионное эндопротезирование коленного сустава [397].

Ревизионное эндопротезирование является предпочтительным вариантом, если имеется расшатывание или мальпозиция компонентов эндопротеза. Если имеется адекватное количество и качество сохранившейся кости и стабильные, хорошо ориентированные компоненты эндопротеза, то методом выбора будет фиксация перелома [223]. Однако, особенно у пожилых людей, методом выбора может быть ревизионное эндопротезирование с применением онкологического эндопротеза или большого структурного аллогraftа [51, 92, 96, 343]. Также для реконструкции кости при большом дефиците могут применяться конусы из пористого металла [7, 25, 41, 89] и индивидуально напечатанные на 3D принтере конусы с пористой поверхностью [75].

Значимой проблемой после первичного эндопротезирования коленного сустава остается необъяснимая боль. Она должна являться предметом тщательного обследования, поиска причин, как интраартикулярных, так и экстраартикулярных, и чаще всего этиологию этой боли возможно выяснить. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава без понимания причин приводит к непредсказуемым, как правило негативным результатам [47].

1.4. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава

Ревизионное эндопротезирование коленного сустава представляет собой сложное, и во многих случаях уникальное мероприятие, требующее значительного опыта хирурга и оснащения клиники [173]. При выполнении данной операции перед хирургом стоят следующие основные задачи:

1. Бережная работа с мягкими тканями [389].
2. Удаление компонентов эндопротеза с максимальным сохранением кости и мягкотканых структур [249].
3. Пластика костных дефектов [25, 41].
4. Стабильная фиксация компонентов эндопротеза [400].
5. Правильное позиционирование компонентов эндопротеза [6].
6. Компенсация мягкотканых стабилизирующих структур [156].

7. Восстановление разгибательного аппарата коленного сустава [38].
8. Лечение инфекции [29, 67, 70, 73].

1.4.1. Бережная работа с мягкими тканями. Удаление компонентов эндопротеза

При ревизионном эндопротезировании хирург часто сталкивается с рубцами в проекции хирургического доступа. Учитывая особенности кровоснабжения кожи и мягких тканей коленного сустава [207], не рекомендуется делать новый разрез параллельно предыдущему послеоперационному рубцу, а иссекать этот рубец и делать доступ через него [398]. При множественных предшествовавших доступах к коленному суставу нужно использовать самый недавний и латеральный. Поперечно расположенные рубцы можно пересекать. Как правило выполняют медиальную артротомию с релизами боковых карманов, верхнего заворота, сухожилия четырехглавой мышцы бедра, связки надколенника, коллатеральных связок и дорсальной капсулы [389]. Необходимо избегать отрыва связки надколенника [46]. Если стандартного доступа недостаточно, применяются расширенные доступы [102]. Остеотомия бугристости большеберцовой кости позволяет осуществить доступ к коленному суставу при большом натяжении разгибательного аппарата, а также бывает полезна при удалении большеберцового компонента эндопротеза. Полученный костный фрагмент должен быть достаточных размеров для последующей адекватной фиксации винтами или серкляжами [137]. Остеотомию выполняют осцилляторной пилой, начиная от тибиального плато, с медиальной в латеральную сторону с сохранением латерального периоста. В итоге получается костный фрагмент размером приблизительно 1*7 см с фиксированной связкой надколенника, который после фиксируют на место винтами или серкляжами [102, 313].

При плохом качестве кости и невозможности выполнить остеотомию большеберцовой кости выполняют тенотомию сухожилия четырехглавой мышцы

бедра. Пересечение сухожилия выполняют под углом 45° в проксимальную и латеральную стороны [162].

Удаление хорошо фиксированных компонентов эндопротеза коленного сустава всегда считается сложной задачей [250]. Операционная должна быть хорошо оснащена. Тонкие осцилляторные лезвия, пилы Джигли, высокоскоростные буры и сверла помогают удалить большинство компонентов с максимальным сохранением костной ткани. Ультразвуковые скальпели могут помочь в удалении костного цемента [249].

1.4.2. Пластика костных дефектов

Ревизионное эндопротезирование коленного сустава часто связано с дефектами костной ткани, возникшими как вследствие остеолита и переломов, так и при удалении хорошо фиксированных компонентов эндопротеза [28, 93, 95, 103]. Существует множество классификаций костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава: классификация Dorr, классификация Rand, классификация Bargar и Gross, классификация Elia и Lotke, классификация Insall и т. д. Наиболее распространена и применима в клинической практике классификация Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI classification) [321]. Она классифицирует дефекты бедренной и большеберцовой костей отдельно на I, II и III типы. При дефектах I типа метафизарная кость интактна с минимальными костными дефектами, не компрометирующими стабильность компонентов. При дефектах II типа имеется повреждение метафизарной кости и дефицит губчатой кости на одном бедренном или большеберцовом мыщелке (дефект II A) или на обоих бедренных или большеберцовых мыщелках (дефект II B), необходима пластика костным цементом, костная пластика или металлическая аугментация. При дефектах III типа имеется значительный дефицит метафизарной кости, необходим структурный аллогraft, конус из пористого металла или индивидуальный конус, изготовленный с помощью 3D печати [28]. Графическое представление классификации AORI представлено на Рисунке 1.1 [172].

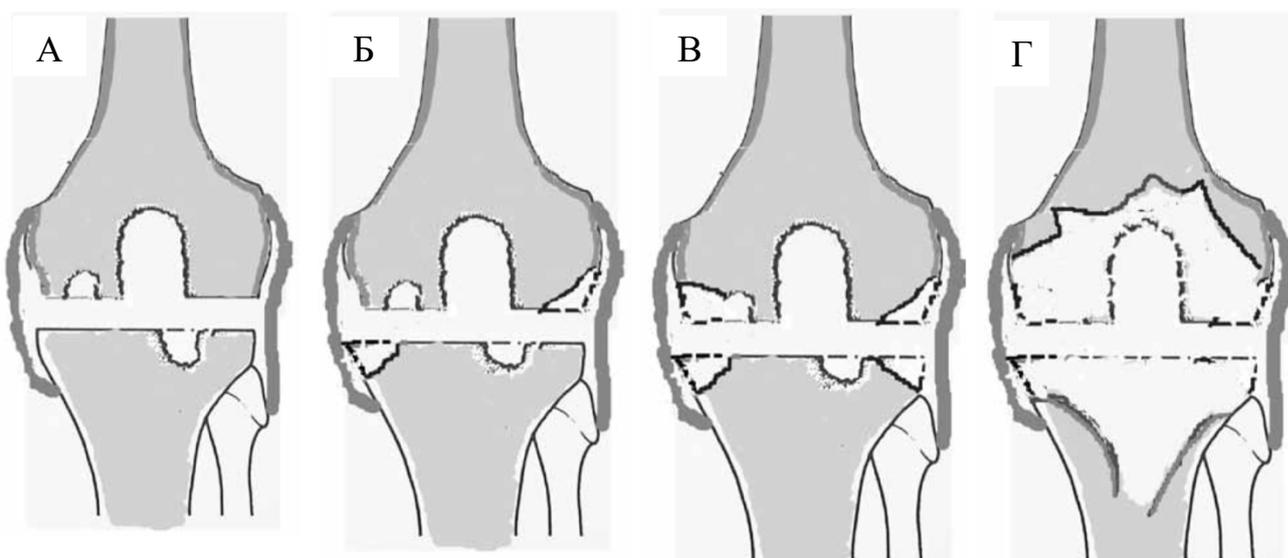


Рисунок 1.1 – Классификация костных дефектов Anderson Orthopaedic Research Institute: А – тип I, Б – тип II А, В – тип II В, Д – тип III [172]

Предложены различные методики для пластики костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, включающие заполнение их костным цементом, модульные металлические аугменты, костная пластика (аллотрансплантаты и структурные массивные аллотрансплантаты), метафизарные пористые титановые сливы и метафизарные пористые танталовые конусы, индивидуальные титановые аугменты и конусы с пористым покрытием, онкологические эндопротезы [234].

Заполнение дефектов костным цементом в комбинации с армированием винтами или без него – недорогая, простая и воспроизводимая методика, рекомендованная для заполнения небольших дефектов, таких, как AORI I. Эта техника не рекомендована для заполнения больших дефектов (5 мм и более) из-за риска термического некроза и нестабильности [321].

Модульные металлические аугменты удобны в применении и позволяют заполнить костные дефекты до 20 мм глубиной (дефекты AORI II и III). Разные типы аугментов (прямоугольные, клиновидные), доступные и для бедренного, и для большеберцового компонентов, есть у большинства производителей ревизионных систем [172, 234]. Однако эта техника более предпочтительна для пожилых и менее физически активных пациентов [212]. Применение металлических аугментов может быть связано с некоторыми осложнениями,

такими как появление линий просветления на рентгенограммах и коррозия [321]. Обследовав 37 пациентов (39 оперированных коленных суставов) после ревизии инфицированных эндопротезов, K.J. Lee et al. (2016) показали, что увеличение модульности при применении металлических аугментов может вызывать рентгенологическую нестабильность импланта [315]. При применении металлических аугментов может происходить демонтаж компонентов эндопротеза, что приводит к значительным костным дефектам [361]. J.R. Werle et al. (2002) использовали большие 30 мм металлические аугменты для компенсации дефектов бедренной кости AORI III и не обнаружили признаков нестабильности импланта и ревизий в среднем через 37 месяцев после операций [393]. J.V. Patel et al. (2004) обследовали 102 пациентов с дефектами AORI II, которым выполнили ревизионное эндопротезирование коленного сустава с применением металлических аугментов[^] и показали 92% выживаемость через 11 лет без значимых осложнений и расшатывания компонентов [361].

Импакционная костная пластика может применяться для заполнения как ограниченных, так и неограниченных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, особенно у молодых пациентов [238].

При этой технике измельченный костный трансплантат (костные чипсы) плотно забивается в дефекты под компоненты эндопротеза, которые используются с дополнительными ножками и устанавливаются в подготовленное костное ложе [342]. S. Naim, A.D. Tomas (2013) использовали короткие цементируемые ножки с импакционной костной пластикой при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Полученные конструкции оставались стабильными как минимум в течение 2 лет после операций [265].

В качестве структурных костных трансплантатов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава чаще всего используются лиофилизированные или замороженные головки бедренных костей, дистальные отделы бедренных костей и проксимальные отделы большеберцовых костей [321]. R.D. Bauman et al. (2009) рекомендуют использование интрамедуллярных стержней достаточной длины вместе со структурными костными трансплантатами [123].

Исследование, проведенное в Королевском госпитале в Лондоне, показало, что использование структурных аллотрансплантатов из головок бедренных костей с применением длинных интрамедуллярных ножек позволяет достичь хороших и отличных результатов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава у пациентов с массивными костными дефектами [240]. С.Н. Chun et al. (2014) исследовали средние и долгосрочные результаты 27 пациентов после ревизионного эндопротезирования коленного сустава с применением структурных аллогraftов и показали, что у 26 из них не было разрушения трансплантата и передачи инфекции в сроки 8 лет после операций [143].

Однако применение костных аллотрансплантатов может быть связано с различными рисками, такими, как передача вирусной инфекции, иммунные реакции реципиента и высокая частота инфекционных осложнений [211].

Метафизарная фиксация с применением пористых титановых сливов и конусов усиливает стабильность импланта при ревизионном эндопротезировании коленного сустава со значительными костными дефектами и показала хорошую выживаемость в краткосрочный период [200]. Соединение метафизарных сливов с компонентами эндопротеза осуществляется по типу конуса Морзе [351]. Н. Graichen et al. (2015) рекомендуют титановые сливы для лечения всех дефектов бедренной и большеберцовой костей AORI II и III [229]. J. Shen et al. (2023) обследовали 44 пациента (45 оперированных коленных суставов), у которых при ревизионном эндопротезировании применяли титановые сливы. Они показали, в среднем через 4,4 года после операций, 97,8% выживаемость имплантов по поводу повторных операций и 100% выживаемость имплантов по поводу ревизий [136]. D.F. Dalury et al (2016) из 46 выполненных операций с применением титановых сливов в течение 4 лет выявили только одно расшатывание такого импланта, потребовавшее ревизионной операции, остальные импланты были клинически и рентгенологически стабильны [160].

Конусы из трабекулярного тантала фиксируются по технологии пресс-фит в кость, обеспечивая прочную механическую опору для импланта [192]. Использование танталовых конусов технически просто, меньше риск

инфекционных осложнений, однако их удаление связано с трудностями и риском переломов [232]. I. De Martino et al. (2023) применили танталовые конусы в рТЭКС у 30 пациентов (30 коленных суставов) и показали 6 ревизий конусов в 10-летний период, при этом выживаемость по поводу асептического расшатывания составила 96% [348]. Т.А. Куляба и соавт. (2020) предложили совмещать метафизарные и диафизарные конусы, соединяя их с помощью костного цемента в качестве альтернативы мегапротезам и 3D-технологиям при лечении больших дефектов AORI III [41].

Применение индивидуально напечатанных титановых конструкций с пористой поверхностью тоже может быть эффективным мероприятием в лечении дефектов бедренной и большеберцовой костей при рТЭКС [25, 75, 110, 177, 336]. А.А. Черный и соавт. (2019) показали результаты применения 30 индивидуальных металлоконструкций (12 бедренных и 18 большеберцовых) у 26 пациентов, которым выполнялось рТЭКС. В среднем через 10 месяцев после операций ни у одного пациента не отмечено нестабильности конструкции и показаний к ревизионному вмешательству [75]. L. Anderson et al. (2021) отследили результаты 86 рТЭКС и 9 сложных ТЭКС с применением индивидуально напечатанных титановых конусов и не выявили ни одной ревизии по поводу асептического расшатывания импланта, однако было две ревизии по поводу инфекции [110]. G. Burastero et al. (2020) после применения 16 индивидуальных конусов у 11 пациентов в сроки $26 \pm 9,4$ мес. не выявили ни расшатывания, ни миграции имплантов, а также полное соответствие позиционирования компонентов предоперационному плану [385]. Е.А. Remily et al. (2021) отследили результаты применения индивидуальных конусов у 54 пациентов с рТЭКС и обнаружили одно асептическое расшатывание конуса и 7 ре-ревизий по поводу инфекции [336].

В некоторых случаях для компенсации дефектов при рТЭКС используют мегапротезы, которые применяются и в онкологической практике [256]. Применение таких систем может быть связано с повышенной частотой механических и инфекционных осложнений, для лечения которых может потребоваться артродез коленного сустава или ампутация нижней конечности

[255]. S. Höll et al. (2012) применили мегапротезы для рТЭКС у 20 пациентов (21 коленный сустав) и показали осложнения у 11 пациентов. Авторы пришли к выводу, что мегапротезы для рТЭКС могут применяться только по исключительным показаниям [164].

1.4.3. Стабильная фиксация и правильное позиционирование компонентов эндопротеза

Необходимость восполнения костных дефектов тесно связана со следующей задачей – обеспечением стабильной фиксации ревизионных компонентов эндопротеза. R. Morgan-Jones et al. (2015) предложили выделять в дистальном отделе бедренной кости и проксимальном отделе большеберцовой кости 3 зоны, в которых возможно обеспечить фиксацию импланта: зона 1 – эпифиз, зона 2 – метафиз и зона 3 – диафиз (Рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Рентгенограмма расшатанного импланта со схематическим разделением на зоны по Morgan-Jones [400]

1 зона при большинстве ревизионных ситуаций скомпрометирована расшатыванием импланта и последствиями его удаления. Для обеспечения

фиксации в этой зоне необходимо тщательно подготовить поверхность: освободить от остатков костного цемента и фиброзной мембраны [400]. При необходимости выполняют парциальные резекции под аугменты или костную пластику [238, 361]. В случае применения аугментов необходима дополнительная фиксация в еще одной зоне.

Фиксация в зоне 2 – метафизе – позволяет восстановить линию сустава, применять более короткие интрамедуллярные стержни и правильно позиционировать артикулирующие поверхности эндопротеза. Метафизарную фиксацию можно достичь с помощью костного цемента, титановых сливов или танталовых конусов [192, 229]. Однако реконструкцию метафиза необходимо рассматривать отдельно от фиксации импланта, и в любом случае должны быть использованы интрамедуллярные стержни [400].

Фиксация в зоне 3 – диафизе – уменьшает нагрузки на кость в метафизарной и эпифизарной зонах и предотвращает имплант от расшатывания. Ее обеспечивают с помощью интрамедуллярных стержней, которые могут быть как цементной, так и бесцементной фиксации. Одной из проблем применения стержней является болевой синдром в проекции конца ножки [281]. Возможно, следует рассматривать вопрос применения более коротких стержней [400]. Каждая зона фиксации должна рассматриваться отдельно в контексте выбранного импланта для рТЭКС. В процессе предоперационного планирования хирург должен ответить на 3 вопроса: какие зоны доступны для фиксации, какой метод фиксации лучше применить и какой имплант лучше всего подходит для данной ситуации. Отсутствие ответов на эти вопросы перед операцией может привести к раннему расшатыванию импланта после нее [400].

В условиях дефицита костных ориентиров сложной задачей при рТЭКС становится правильное позиционирование компонентов эндопротеза во всех плоскостях [6]. Навигационные и роботические технологии, столь стремительно развивающиеся для первичного ТЭКС, пока не столь распространены для рТЭКС [14, 15, 34, 57, 69].

1.4.4. Компенсация мягкотканых стабилизирующих структур

При рТЭКС хирург часто сталкивается с недостаточностью стабилизирующих мягкотканых структур, что требует увеличения степени связанности эндопротеза [156]. Наименьшая степень связанности, которая может применяться в ревизионных операциях – это CR импланты. R.W. Tracey et al. (2021) проанализировали результаты изолированной ревизии большеберцового компонента у 135 пациентов с применением CR эндопротезов и показали 5-летнюю выживаемость по поводу ревизий 93,3%, а по поводу асептического расшатывания 95,8%. Авторы пришли к выводу, что при хорошо фиксированном и правильно расположенном бедренном компоненте CR такие ревизии показывают отличные результаты [145]. Однако в условиях нестабильности сгибательного промежутка или несостоятельности задней крестообразной связки применение таких эндопротезов приводит к неудаче [253].

Применение новых поколений CR с увеличенной передней губой на вкладыше и повышенной конгруэнтностью (UC – ultra-congruent) может предотвратить заднее смещение голени. Такая ревизия может быть применима при установленном эндопротезе CR, но несостоятельной задней крестообразной связкой [156]. A.A. Hoffmann et al. (2000) показали 47 пациентов с заменой вкладышей CR на UC, и только двум пациентам в последующем потребовались ревизионные вмешательства, но не по поводу нестабильности в сагиттальной плоскости [306].

Следующая степень связанности – это PS импланты, которые предотвращают заднее смещение голени, но имеют наименьшую связанность во фронтальной плоскости по сравнению с другими системами [338]. E. Sappey-Marinier et al. (2022) сравнили результаты первичных ТЭКС (63 пациента) и асептических рТЭКС (29 пациентов) с использованием PS имплантов. В минимум 3-летний период наблюдений не было отмечено статистически значимой разницы в отношении клинических и рентгенологических результатов, а также выживаемости имплантов [337].

Варус–вальгус стабилизированные импланты (varus-valgus constrained (VVC)) имеют более высокий и крупный выступ на полиэтиленовом вкладыше и более глубокую вырезку на бедренном компоненте, что позволяет очень небольшие движения во фронтальной, сагиттальной плоскостях и минимальные аксиальные смещения. Обычно это не более 2–3° во фронтальной плоскости и ротация не более 2°. N.M. Hernandez et al. (2021) провели ретроспективный анализ 194 пациентов после рТЭКС с применением VVC имплантов с минимум 6-летним сроком наблюдения и показали 93% выживаемость по поводу асептического расшатывания компонентов и 74% выживаемость по поводу повторных ревизий [387].

Более значительный дефицит медиальных и латеральных стабилизирующих структур и задней капсулы требует имплантов большей связанности [365]. Это так называемая связанность по типу «петли» (hinge импланты). Первое поколение этих эндопротезов позволяет только сгибание и разгибание в коленном суставе и разгибание блокируется, не позволяя гиперэкстензию. Ввиду такой связанности hinge эндопротезы подвержены нагрузкам во многих направлениях, что часто приводит к расшатыванию и износу трущихся поверхностей. В связи с худшими результатами по сравнению с менее связанными эндопротезами, в настоящее время они показаны только в ситуациях тяжелого неврологического дефицита и в онкологической практике [284].

Во втором поколении петлевых имплантов к сгибанию-разгибанию в коленном суставе добавлена возможность ротационных движений. Они имеют меньшую связанность и мобильный полиэтиленовый вкладыш медленнее изнашивается. За счет своей конструкции они также предотвращают рекурвацию. J. Arnholdt et al. проследили результаты применения hinge эндопротезов 2-го поколения у 18 пациентов с выраженной связочной нестабильностью после первичного ТЭКС со средним сроком наблюдения 37 месяцев. Отмечено значительное улучшение по Oxford Knee Score (OKS), Knee Society Score (KSS), увеличение объема движений и уменьшение болевого синдрома [322].

Особое место в лечении повреждений мягкотканых структур после первичного ТЭКС занимает восстановление разгибательного аппарата коленного сустава. По литературным данным частота разрывов сухожилия четырехглавой мышцы бедра после первичного ТЭКС составляет 0,1–1,1%, а связки надколенника 0,17–1,4% [38]. Т.А. Куляба и соавт. (2017) изучили результаты 25 операций по восстановлению целостности разгибательного аппарата при первичной и ревизионной артропластике коленного сустава и пришли к выводу, что это позволило улучшить функцию коленного сустава и опороспособность нижней конечности, однако оценка функции по шкалам KSS и WOMAC остается низкой [38].

Предложено несколько методов восстановления как острых, так и хронических повреждений связки надколенника. T.J. Li et al. (2022) использовали прямую реинсерцию связки у 12 пациентов с ранними разрывами и показали 25% осложнений: у одного пациента развилась инфекция, у двух сформировался рецидив несостоятельности связки. Авторы пришли к выводу, что это неидеальный метод лечения таких повреждений [168]. При хронических разрывах предложена методика аутопластики сухожилием полусухожильной мышцы, однако у пожилых людей качество этого сухожилия может быть недостаточным для нагрузок в этой зоне [266].

В качестве аллотрансплантатов используют пяточное сухожилие или весь экстензионный аппарат. F. Voetner et al. (2015) после применения аллотрансплантата пяточного сухожилия во время рТЭКС у 3 пациентов показали хорошее заживление и отсутствие дефицита разгибания [128]. По другим литературным данным, применение аллотрансплантатов разгибательного аппарата при рТЭКС может приводить к 58% частоте ревизий [344], 38% частоте несостоятельности [179] и прогрессирующим ограничениям активного разгибания [178].

Применение синтетических имплантов для пластики разгибательного аппарата коленного сустава при рТЭКС также может быть связано с высокой частотой несостоятельности [131].

1.4.5. Тактика при наличии перипротезной инфекции

Одну из самых сложных задач после ТЭКС представляет лечение инфекционных осложнений. Проблема в лечении перипротезной инфекции (ППИ) – это формирование микробных биопленок на поверхности импланта. После первого контакта с поверхностью эндопротеза микроорганизмы быстро фиксируются к его поверхности. В первые часы после адгезии формируются многослойные клеточные колонии и начинается формирование биопленок. Зрелая биопленка формируется в течение 4 недель и представляет собой большое сообщество микроорганизмов одного или нескольких видов, которые продуцируют внеклеточный матрикс. Формирование и зрелость этих биопленок и определяет метод лечения перипротезной инфекции [18, 221].

При ранней инфекции (< 4 недель после имплантации эндопротеза) или острой гематогенной инфекции (< 3 недель после начала симптоматики) возможна санация сустава с заменой мобильных, легко удаляемых частей эндопротеза (полиэтиленовой прокладки) с антибиотикотерапией [189]. Изучив результаты санации с сохранением компонентов эндопротеза 60 пациентов (40 коленных суставов, 20 тазобедренных) S. Walkay et al. (2022) показали отсутствие рецидива в 70% случаев [279]. W. Deng et al. (2021) показали, что у пациентов с наличием и отсутствием свища нет разницы в результатах санирующей операции с оставлением компонентов эндопротеза [151]. Артроскопический дебридмент не рекомендован для лечения ранней ППИ ввиду худших результатов по сравнению с открытым вмешательством [121].

При наличии длительных симптомов ППИ (более 4 недель) и формировании зрелой биопленки «золотым стандартом» остается двухэтапное ревизионное вмешательство: 1 этап – удаление компонентов эндопротеза с установкой спейсера, 2 этап – удаление спейсера с установкой ревизионного импланта [221]. Не сформировано единое мнение, каким должен быть интервал между двумя этапами. Считается, что выполнение второго этапа возможно после купирования симптомов инфекции, снижении факторов воспаления в сыворотке крови, и, если выполняется

диагностическая пункция, отсутствии признаков инфекции в синовиальной жидкости [1, 382]. Обычно такой интервал занимает от 3–4 недель до 12 недель. От длинных интервалов, более 8 недель, следует воздерживаться ввиду отсутствия необходимой концентрации антибиотика в цементном спейсере через длительное время [382]. P. Di Benedetto et al. (2017), проведя двухэтапное лечение ППИ коленного сустава у 45 пациентов со сроком наблюдения в среднем 3,4 года, добились успеха в 89,9% случаев [383]. Повторяющиеся двухэтапные ревизии коленного сустава по поводу рецидивов имеют очень высокий процент неудач – 70%, и в этом случае следует рассматривать другие методы лечения: ампутацию или пожизненную супрессивную терапию [140].

Некоторые авторы в качестве метода лечения ППИ предпочитают использовать одноэтапную замену компонентов эндопротеза, без перехода на спейсер [260]. Для выполнения такой операции необходимо соблюдение ряда условий: отсутствие некомпенсированной сопутствующей патологии, нормальное состояние мягких тканей с возможностью одноэтапного закрытия раны, отсутствие повреждений разгибательного аппарата и массивных дефектов кости, микроорганизм, хорошо поддающийся антибиотикотерапии [260]. При соблюдении данных условий одноэтапная тактика может дать хорошие результаты лечения ППИ коленного сустава [274].

Хирургическое лечение ППИ коленного сустава должно сопровождаться тщательно подобранной антибиотикотерапией. Внутривенное назначение антибиотиков улучшает эффективность лечения и замедляет развитие антибиотикорезистентности. Как только будет выявлен возбудитель инфекции необходима коррекция терапии. Переход на пероральные антибиотики с хорошей биодоступностью в кости может быть осуществлен через 14 дней после операции при условии сухой раны, снижения воспалительных маркеров крови и нормальном общем состоянии пациента [221].

Риск рецидива при лечении ППИ коленного сустава остается очень высоким и составляет от 14 до 28%. Если множественные рецидивы не приводят к эрадикации инфекции, формируются дефицит мягких тканей, разрушение

разгибательного аппарата, массивные костные дефекты, применимы только следующие варианты хирургического лечения: артродез коленного сустава, ампутация выше коленного сустава или резекционная артропластика [227].
Смертность пациентов при ППИ коленного сустава сопоставима со смертностью при онкологических заболеваниях и составляет 4,33% через 1 год, а пятилетняя смертность составляет 21,64% [262].

1.5. Резюме

Таким образом, эндопротезирование коленного сустава, являясь высокоэффективным методом лечения терминальных стадий гонартроза, не во всех случаях обеспечивает оптимальные результаты. Это обусловлено рядом до конца не решенных проблем, среди которых наиболее значимыми, по данным мирового опыта, являются недостаточная точность позиционирования компонентов эндопротеза, перипротезная инфекция, несостоятельность связочного аппарата. Эти, и ряд других, порой не до конца выясненных причин, приводят к расшатыванию компонентов эндопротеза, нестабильности или тугоподвижности сустава, инфекционно-септическим осложнениям, формированию хронического болевого синдрома, дисфункции. С ростом во всем мире числа выполненных операций первичного эндопротезирования коленного сустава возрастает и количество неудовлетворительных результатов, несмотря на продолжающиеся усилия по совершенствованию имплантируемых конструкций, инструментария и операционной техники, методик послеоперационной реабилитации.

Неудовлетворительные результаты первичного эндопротезирования коленного сустава являются показанием к ревизионным операциям, выполнение которых порождает новые проблемы, связанные с необходимостью работать на тканях с измененной анатомией, дефектами и сниженным качеством костной ткани, повышенным риском развития инфекционных осложнений. Такие операции требуют особого подхода, персонифицированной тактики, тщательного предоперационного планирования с учетом существующих рисков.

Значительные усилия и отраженные в литературе достижения в направлении совершенствования операций ревизионного эндопротезирования коленного сустава до сих пор направлены на решение отдельных локальных задач, касающихся различных аспектов общей проблемы. Однако, из этой «мозаики» сложно собрать общую картину, в связи с чем в настоящее время проблема успешного выполнения ревизионных операций после эндопротезирования коленного сустава еще далека до окончательного решения. Это связано не только со сложностью разнообразных тактических задач, которые приходится решать в таких случаях, но прежде всего с отсутствием единого стратегического подхода, который позволил бы осуществлять выбор оптимальной тактики для пациентов с неудовлетворительными результатами первичного эндопротезирования в рамках единой системы лечения.

Назрела необходимость создания такой системы, в рамках которой был бы обобщен накопленный опыт, а также продолжено совершенствование диагностических и лечебных методик ревизионного эндопротезирования коленного сустава. К сожалению, пока еще сложно рассчитывать на исчерпывающее решение глобальной проблемы обеспечения гарантированного успешного эндопротезирования коленного сустава – одной из наиболее актуальных в современной ортопедии, однако решение наиболее значимых проблем ревизионного эндопротезирования должно явиться весомым вкладом в эту работу.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Работа основана на анализе хода и результатов лечения 427 пациентов, которым в период 2014–2021 гг. в травматолого-ортопедическом отделении УКБ №1 Клинического центра ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) было выполнено тотальное ревизионное эндопротезирование коленного сустава, что составило 80,4% от общего количества пациентов, которым выполнялась ревизия протезированного коленного сустава (531). Пациентов включали в исследование согласно нижеперечисленным критериям.

Критерии включения:

1. Наличие показаний к ревизионному тотальному эндопротезированию коленного сустава;
2. Возраст старше 18 лет;
3. Наличие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения:

1. Противопоказания к ревизионному эндопротезированию коленного сустава, вызванные общесоматической или психической патологией;
2. Пациенты с перипротезной инфекцией коленного сустава, которым первый этап двухэтапного ревизионного эндопротезирования (установка спейсера) выполнен в другом лечебном учреждении;
3. Пациенты с показаниями к ревизии одномышечкового эндопротеза коленного сустава;
4. Невозможность проведения послеоперационной реабилитации по стандартному протоколу вследствие общесоматических, психических нарушений или ортопедической патологии контралатеральной конечности.

Критерии исключения:

1. Отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании;
2. Нарушение пациентом предписанного режима, повлекшее развитие осложнений или потребовавшее существенного изменения реабилитационного протокола.

2.1.1. Показания к тотальному ревизионному эндопротезированию коленного сустава

Мы выделили следующие показания к тотальному ревизионному эндопротезированию коленного сустава:

1. *Хроническая перипротезная инфекция.* При наличии симптоматики перипротезной инфекции более 4 недель после операции или более 3 недель наличия симптомов считали, что имело место формирование зрелой биопленки и такую инфекцию относили к хронической [298]. В таком случае считали показанным двухэтапное ревизионное эндопротезирование: на первом этапе удаление компонентов эндопротеза с санацией и установкой спейсера; на втором этапе удаление спейсера с установкой компонентов ревизионного эндопротеза. Более подробно эта тактика будет представлена в Главе 5.
2. *Асептическое расшатывание одного или нескольких компонентов эндопротеза.* Достаточно редко при асептическом расшатывании одного компонента эндопротеза удается поменять только его, оставив другие компоненты. Это связано с трудностями подбора подходящего импланта, хирургического доступа при оставлении компонентов, балансировки сустава, поэтому чаще всего приходится прибегать к тотальному ревизионному эндопротезированию коленного сустава. Пациентов с парциальной заменой компонентов в наше исследование не брали.
3. *Клинически значимое нарушение пространственной ориентации одного или нескольких компонентов эндопротеза, которое приводит к болевому синдрому и ограничению движений в коленном суставе после ТЭКС.* В подавляющем

большинстве случаев необходимо выполнять полную замену компонентов эндопротеза коленного сустава.

4. *Клинически значимая нестабильность связочного аппарата коленного сустава.* В большинстве случаев у этих пациентов приходится увеличивать степень связанности эндопротеза и, как следствие, выполнять полную замену компонентов эндопротеза. Пациентов, которым выполняли замену только полиэтиленового вкладыша, в исследование не включили.

5. *Перипротезный перелом.* Чаще мы сталкивались с переломами дистального отдела бедренной кости. При плохом качестве кости, оставшейся в бедренном компоненте эндопротеза или недостаточном ее количестве считали показанным выполнение ревизионного эндопротезирования коленного сустава, так как попытки остеосинтеза заведомо приведут к неблагоприятному результату. Пациентов, которым выполняли остеосинтез без ревизионного эндопротезирования, в исследование не включили.

6. *Разрушение одного или нескольких компонентов эндопротеза.* В нашей практике мы сталкивались с разрушением полиэтиленового вкладыша эндопротеза и последующей прямой артикуляцией между металлическими бедренным и большеберцовым компонентом эндопротеза, что приводило к выраженному металлозу тканей, однако сохранялась стабильная фиксация компонентов к кости.

Следует отметить, что при рТЭКС часто бывает сразу несколько проблем, каждая из которых является показанием к операции. При наличии инфекции и любой другой проблемы (расшатывание, разрушение одного или нескольких компонентов эндопротеза, клинически значимое нарушение пространственной ориентации одного или нескольких компонентов эндопротеза, клинически значимая нестабильность связочного аппарата коленного сустава) инфекционное осложнение считали ведущим. При наличии асептического расшатывания и любой другой проблемы, кроме инфекции, асептическое расшатывание считали ведущим. При разрушении компонентов эндопротеза и наличии другой проблемы, кроме асептического расшатывания и инфекции, разрушение компонентов эндопротеза считали ведущим.

Если при обследовании мы не выявляли очевидные показания к рТЭКС, то для уточнения диагноза выполняли динамическую мультиспиральную компьютерную томографию (дМСКТ) по разработанной нами методике, что будет подробнее описано в Главе 3.

Если и при этом исследовании признаков расшатывания эндопротеза не было выявлено, ревизионное эндопротезирование коленного сустава не считали показанным, и выявляли экстраартикулярные причины болей (ипсилатеральный тазобедренный сустав, пояснично-крестцовый отделы позвоночника) или направляли пациента к смежным специалистам, которые назначали соответствующее консервативное лечение. Такие пациенты в наше исследование не вошли. В то же время дМСКТ позволила в 24,1% случаев выявить ранее не распознанные признаки расшатывания компонентов эндопротеза (35 пациентов), которые в наше исследование были включены (Рисунок 2.1).

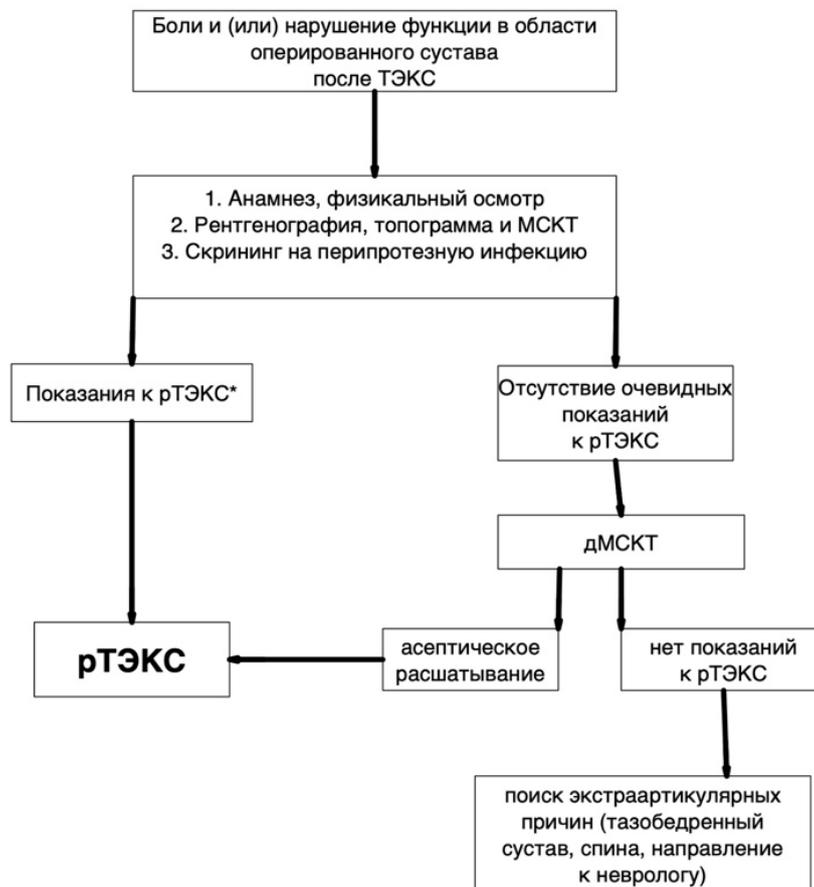


Рисунок 2.1 – Диагностический алгоритм определения показаний к рТЭКС

2.1.2. Характеристика пациентов

На основании проведенного первичного обследования пациенты были разделены на имеющих неинфекционные показания к рТЭКС (283 человека) и инфекционные показания (144 человека) – всего 427 пациентов.

Принципиальным отличием в лечебной тактике явилось то, что пациентам с инфекционными показаниями к операции (перипротезная инфекция) вмешательство выполняли не одномоментно, а в 2 этапа, о чем подробнее будет рассказано в Главе 5.

Группа 1 (n = 283) – неинфекционные показания к рТЭКС. Группа разделена на две подгруппы: 1-О (основную) и 1-К (контрольную). В подгруппу 1-О вошли 152 пациента, оперированных с января 2018 года, когда в клинике стали применять новые методики и инструментарий, разработанные для восстановления суставной щели коленного сустава, сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента. В подгруппу 1-К вошел 131 пациент, операции у которых были выполнены до этого срока с применением стандартных методик.

Группа 2 (n=144) – инфекционные показания к рТЭКС (верифицированная перипротезная инфекция). Всем пациентам группы 2 выполнили двухэтапное ревизионное эндопротезирование коленного сустава: на первом этапе – удаление имплантов, санация очага и установка спейсера; на втором этапе – установка ревизионного эндопротеза. Группа разделена на две подгруппы: 2-О (основную) и 2-К (контрольную). В подгруппу 2-О вошли 67 пациентов, оперированных с января 2019 года, когда в соответствии с опубликованными рекомендациями Европейской школы по диагностике и лечению перипротезной инфекции под руководством А. Trampuz в госпитале Charite в Берлине (Pro-Implant Foundation) [298] интервал между двумя этими этапами хирургического вмешательства составил от 14 до 21 суток. В подгруппу 2-К вошли 77 пациентов, оперированных до января 2019 года, у которых интервал между операциями, в соответствии с ранее применяемыми методиками [70, 349] был более продолжительным, и ни в одном случае не был короче 28 суток.

Кроме того, был проведен анализ результатов операций, выполненных по особым показаниям, для чего сформировано еще 3 дополнительных группы наблюдения из числа пациентов, ранее уже вошедших в состав как 1-й, так и 2-й групп.

Дополнительная группа 3 (n = 13) – пациенты с клинически значимой несостоятельностью связки надколенника. Группа 3 разделена на две подгруппы: 3-О (основную) и 3-К (контрольную). В подгруппу 3-О вошли 6 пациентов (1 из группы 1, и 5 из группы 2), которым с января 2017 года выполнена аутопластика связки по разработанной нами методике. В подгруппу 3-К вошли 7 пациентов (2 из группы 1 и 5 из группы 2), которым выполнили пластику иными, ранее известными способами.

Дополнительная группа 4 (n = 42) – пациенты со значительными костными дефектами, требующими замещения перед имплантированием компонентов эндопротеза. Группа 4 разделена на две подгруппы: 4-О (основную) и 4-К (контрольную). В подгруппу 4-О вошел 21 пациент (17 из группы 1, и 4 из группы 2), которым с ноября 2017 года пластику костных дефектов при рТЭКС выполняли с использованием индивидуальных конструкций (конусов или аугментов), напечатанных на 3D принтере. В подгруппу 4-К вошел 21 пациент, отобранные случайным образом (17 из группы 1 и 4 из группы 2), которым выполнили пластику костных дефектов с применением аугментов ревизионной системы NexGen LССК или конусов из трабекулярного металла Zimmer-Biomet.

Дополнительная группа 5 (n = 3) – пациенты с многократными (от 2 до 5 раз) рецидивами глубокой перипротезной инфекции коленного сустава. В этих случаях дальнейшие попытки сохранить движения в коленном суставе за счет рТЭКС признаны нецелесообразными и рискованными ввиду опасности обострения и генерализации инфекционного процесса. Им выполнено артрорезирование коленного сустава с применением разработанной нами методики, используя индивидуально напечатанные на 3D принтере титановые конструкции.

Таким образом, с 2019 г. лечение пациентов, нуждающихся в рТЭКС, проводили только с использованием новых разработанных нами методик (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Временная шкала этапов исследования

Группа	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	1-К (контрольная)				1-О (основная)				
2	1-К (контрольная)					1-О (основная)			
3-О	1-К (контрольная)			1-О (основная)					
4-О	1-К (контрольная)				1-О (основная)				
5									

2.2. Общая характеристика пациентов

Среди 427 пациентов, вошедших в исследование, преобладали женщины (326 человек), что составило 85,2%. Средний возраст составил $68,9 \pm 9,2$ лет, в диапазоне от 39 до 91 года. Большинство пациентов принадлежала к пожилому и старческому возрасту, причем доля нетрудоспособных лиц составила 85,5% (Рисунок 2.2).

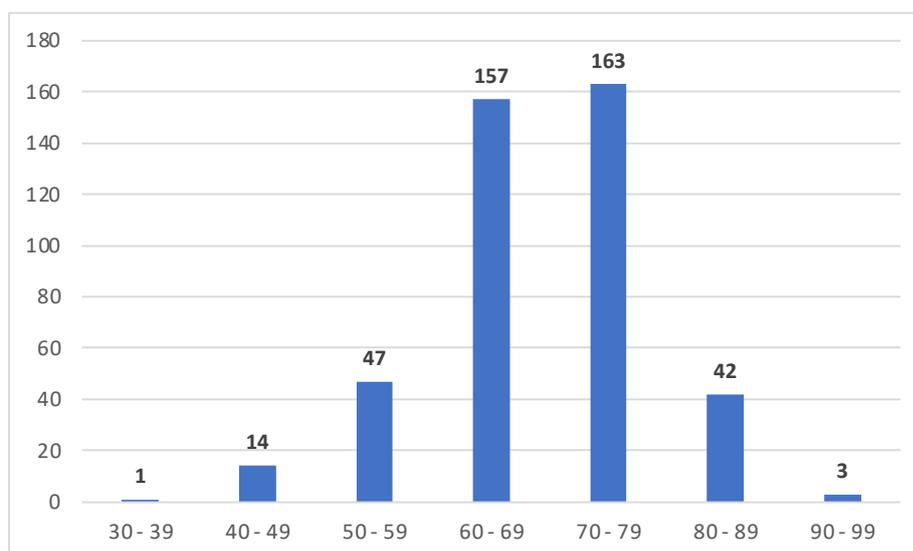


Рисунок 2.2 – Общее распределение пациентов по возрасту (лет)

У 205 пациентов (48%) оперирован правый коленный сустав, у 219 (51,3%) – левый. 3 пациентам (0,7%) ревизионные операции были последовательно выполнены с двух сторон, с интервалами 8, 15 и 26 месяцев соответственно.

Учитывая влияние ожирения на возникновение осложнений после первичного эндопротезирования коленного сустава, нами проведен анализ ИМТ пациентов. Средний ИМТ составил $32,6 \pm 5,2$ кг/м². Распределение пациентов по степени ожирения и избыточного веса согласно классификации ВОЗ [82] показано в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Распределение пациентов по весу

Индекс массы тела (кг/м ²)	Характеристика	Количество пациентов	
		абс.	%
16–18,5	Недостаточная масса тела	1	0,2
18,5–25	Норма	24	5,6
25–30	Избыточная масса тела	110	25,8
30–35	Ожирение 1 степени	154	36,1
35–40	Ожирение 2 степени	97	22,7
40 и более	Ожирение 3 степени	41	9,6

Таким образом, 25,8% пациентов, подлежащих ревизионному эндопротезированию коленного сустава в нашей клинике, страдали избыточной массой тела, 68,4% – ожирением, среди которых 9,6% пациентов имели ожирение 3 степени с ИМТ 40 и более. Всех пациентов с ожирением предупреждали о повышенном риске периоперационных осложнений, как при первичном, так и при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, особенно перипротезной инфекции, расшатывания компонентов эндопротеза, тромбоэмболических осложнений. Также, обязательно консультировались с клиническим фармакологом в отношении коррекции дозы антикоагулянтов в послеоперационном периоде.

Средний срок, прошедший с момента первичной операции до поступления в нашу клинику для ревизионного эндопротезирования, составил 27,2 месяца (от 1,5 до 216 месяцев).

Обращает внимание, что только 330 пациентам (77,3%) до поступления в нашу клинику не выполняли ревизионных операций. В 13,3% случаев была

выполнена уже одна ревизионная операция, а 15 пациентов (3,5%) перенесли ревизионные хирургические вмешательства 5 и более раз (Рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Распределение пациентов по количеству перенесенных операций на коленном суставе после первичного ТЭКС до поступления в нашу клинику

При анализе показаний к рТЭКС учитывали, что у многих пациентов их могло быть сразу несколько. В таком случае учитывали основное показание, о чем было сказано ранее в этой главе (Рисунок 2.4).

Таким образом, наиболее частыми ведущими показаниями к рТЭКС явились хроническая перипротезная инфекция (33,7%), асептическое расшатывание одного или нескольких компонентов эндопротеза (28,1%) и клинически значимое нарушение пространственной ориентации одного или нескольких компонентов эндопротеза (16,4%). Доля перипротезных переломов была минимальной и составила 5,4%.

В наших наблюдениях у пациентов при выполнении первичного эндопротезирования коленного сустава были использованы различные конструкции. Среди удаленных имплантов чаще встречались ImplantCast ACS FB (103 наблюдения (24%)), Prospan Vector (82 наблюдения (19,1%)), Zimmer NexGen (70 наблюдений (16,3%)) и Sanatmetal (64 наблюдения (14,9%)) – Рисунок 2.5.



Рисунок 2.4 – Распределение показаний к ревизионному эндопротезированию коленного сустава

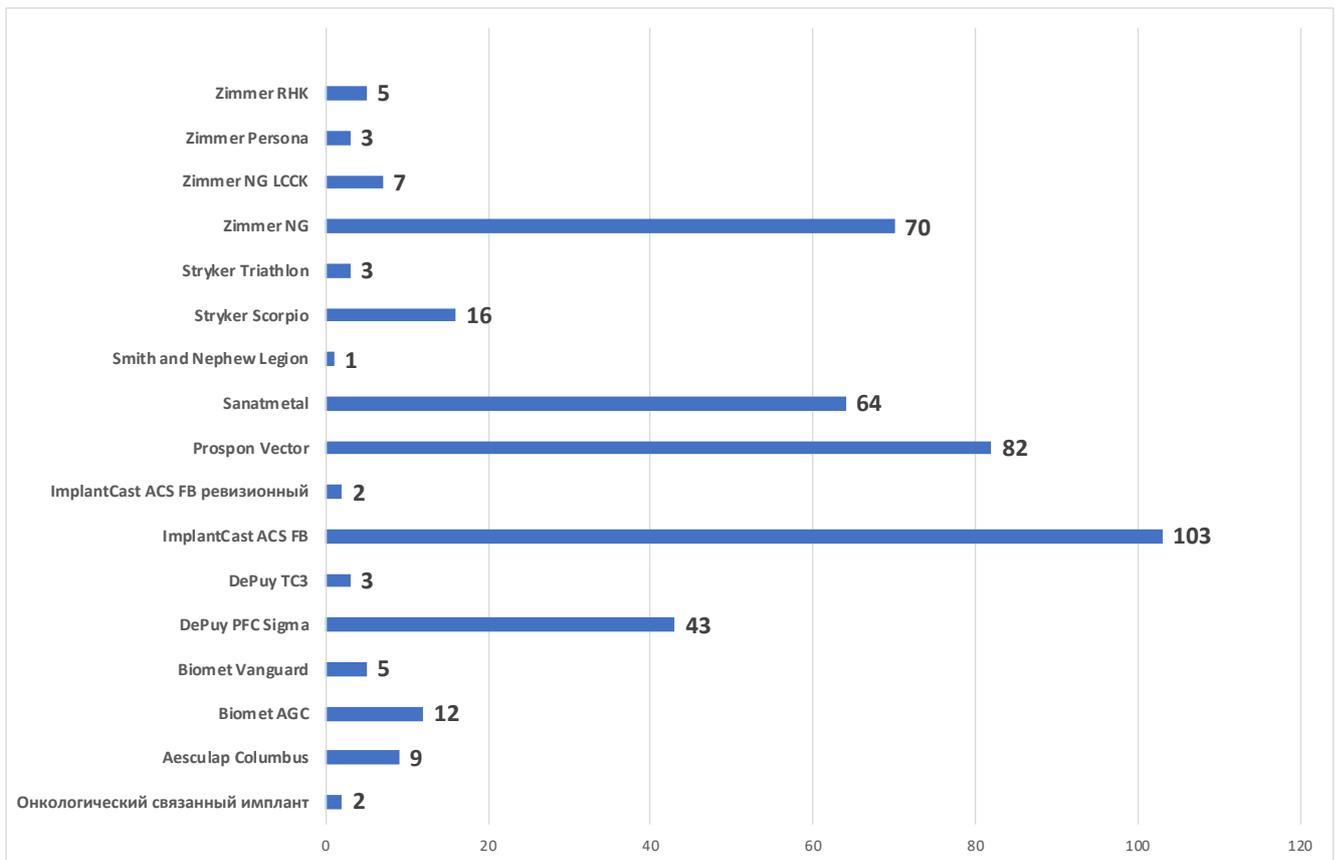


Рисунок 2.5 – Импланты, удаленные при рТЭКС

2.3. Обследование пациентов

2.3.1. Клиническое обследование

Осмотр пациентов начинали со сбора жалоб и анамнеза. Обращали внимание на характер болевого синдрома, связь его с физической нагрузкой, есть ли боли по ночам. Важное значение придавали нарастанию деформации нижней конечности, что может свидетельствовать о прогрессировании остеолита и несостоятельности связочного аппарата коленного сустава. Жалобы пациента на тугоподвижность сустава и сроки ее возникновения могут указывать на нарушение пространственной ориентации компонентов эндопротеза.

Обязательно подробно собирали информацию о наличии лихорадки после первичного ТЭКС, когда она возникала. Обращали также внимание на необходимость пользования дополнительной опорой при ходьбе через большой срок (1 год и более) после операции.

Выясняли причины, приведшие к необходимости выполнения первичной операции, где выполнили операцию, были ли какие-то особенности, о которых может знать пациент. Просили выписной эпикриз из стационара, где выполнялась операция, чтобы уточнить ход оперативного вмешательства и то, какие компоненты эндопротеза были установлены. Знание дизайна установленного эндопротеза может помочь при планировании и выполнении рТЭКС. Также выясняли, как проходил послеоперационный период, обращался ли пациент в реабилитационный центр, были ли какие-то воспалительные реакции, эпизоды лихорадки, хирургические вмешательства после эндопротезирования коленного сустава. Просили предоставить анализы крови и синовиальной жидкости после эндопротезирования, если они сохранялись у пациента.

Из анамнеза и сопутствующей документации судили о наличии сопутствующих заболеваний, насколько компенсированы связанные с ними нарушения и есть ли по этому поводу заключения специалистов.

Перед госпитализацией пациенты проходили стандартное предоперационное обследование. Большинство дефектов амбулаторного обследования, особенно в случаях прибытия пациентов из отдаленных регионов, приходилось компенсировать после госпитализации.

При локальном осмотре обращали внимание на состояние мягких тканей нижней конечности, есть ли воспалительные изменения (отек, гиперемия, наличие свищей). Анализировали состояние послеоперационного рубца – насколько он адекватен для хирургического доступа при ревизионной операции. При наличии множественных рубцов заранее планировали локализацию операционного доступа для выполнения рТЭКС.

Деформацию конечности во фронтальной плоскости, амплитуду пассивных и активных движений, наличие и степень нестабильности связочного аппарата коленного сустава измеряли с помощью гониометра. Обязательно обследовали смежные сегменты, которые могут вызывать боль в оперированном коленном суставе (рентгенография и/или МРТ тазобедренного сустава с ипсилатеральной стороны, МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника). При необходимости консультировали пациента у ортопеда-вертебролога нашей клиники.

2.3.2. Лучевые методы диагностики

Всем пациентам подлежащим рТЭКС выполняли следующие лучевые методы обследования.

1. *Рентгенография коленного сустава в двух проекциях.* Рентгенографию в прямой проекции выполняли при полном разгибании коленного сустава стоя с нагрузкой. Нижнюю конечность устанавливали с небольшой внутренней ротацией (около 10°) так, чтобы надколенник располагался строго по центру коленного сустава. При невозможности полностью разогнуть коленный сустав трубку наклоняли на 1–3 см с наклоном луча в сторону стопы.

Рентгенографию в боковой проекции выполняли в положении лёжа на боку, пациент размещал коленный сустав боковой поверхностью на кассету с пленкой в

положении сгибания 30–45°. Другая нога располагалась вне проекции исследования (Рисунок 2.6).

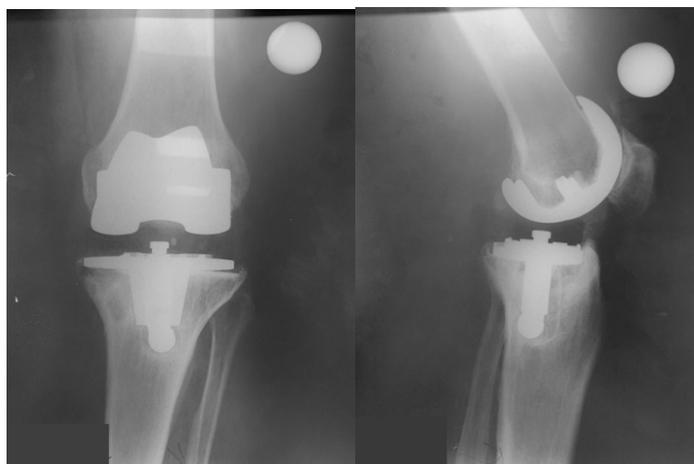


Рисунок 2.6 – Рентгенограмма коленного сустава в прямой и боковой проекциях. Обращает внимание поломка и миграция большеберцового компонента эндопротеза

К рентгенологическим признакам расшатывания относят миграцию или проседание компонентов эндопротеза, наличие линий просветления более 2 мм или прогрессирование линий просветления на границе цемент-кость, металл-цемент или металл-кость и поломки цементной мантии [263]. Контакт эндопротеза, цемента и кости исследовали по зонам, предложенным F.C. Ewald (The Knee Society) в 1989 году [176].

В соответствии с этими рекомендациями на рентгенограммах в боковой проекции контакт бедренного компонента и кости разделяется на 7 зон: 1 и 2 зона в проекции переднего фланца бедренного компонента; 3 и 4 зоны в задних отделах; 5, 6 и 7 зоны в центральных отделах при наличии интрамедуллярного стержня или без него. Для большеберцового компонента 1 зона – это передний отдел, 2 зона – это задний отдел и 3 зона – это ножка или киль импланта.

На рентгенограмме в прямой проекции контакт импланта и кости можно оценить только для большеберцового компонента, так как металлический передний фланец бедренного компонента полностью перекрывает кость. Для большеберцового компонента зоны 1 и 2 в медиальных отделах, 3 и 4 в латеральных отделах и 5, 6 и 7 зоны для стержня или кия (Рисунок 2.7) [176].

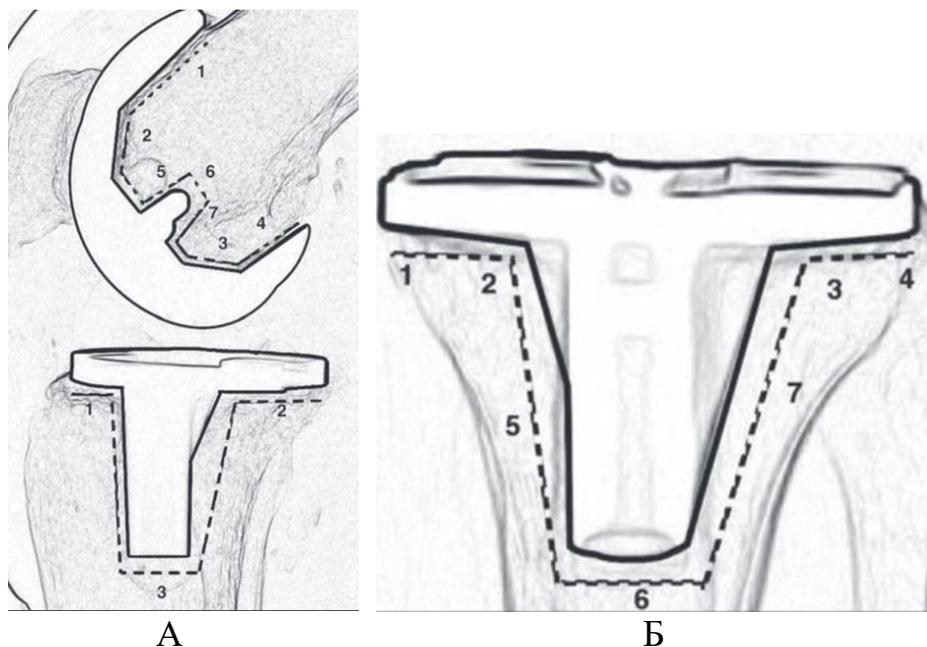


Рисунок 2.7 – Зоны контакта имплантов и кости на рентгенограмме в боковой (А) и прямой (Б) проекциях по Ewald [263]

На рентгенограмме в боковой проекции также можно оценить расположение надколенника относительно костных ориентиров. В 1971 году был предложен индекс Insall-Salvati. Длина сухожилия надколенника используется в качестве числителя, а длина надколенника в качестве знаменателя. В норме это соотношение варьирует от 0,8 до 1,2 [357]. При соотношении менее 0,8 речь может идти о *низком стоянии надколенника* – patella baja. При индексе Insall-Salvati более 1,2 речь идет о *высоком стоянии надколенника*, или patella alta. У пациентов, подлежащих рТЭКС, чаще всего это состояние встречается при повреждениях связки надколенника (Рисунок 2.8).

Также на рентгенограммах коленного сустава в прямой и боковой проекции можно отметить асимметрию суставной щели, что может свидетельствовать об износе полиэтиленовой прокладки эндопротеза (Рисунок 2.9).

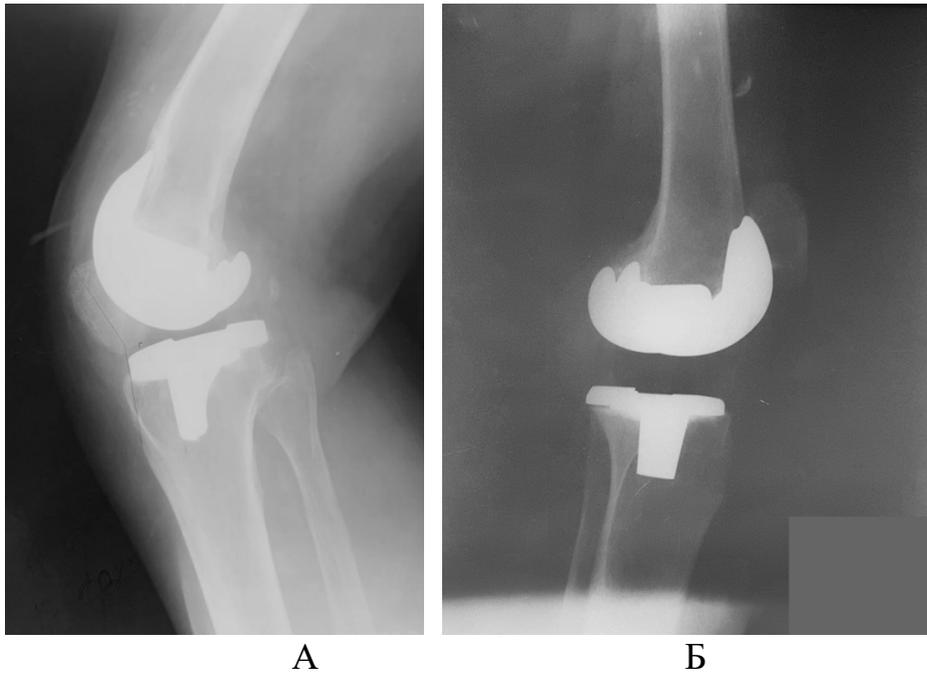


Рисунок 2.8 – Рентгенограммы пациентов после первичного ТЭКС:
 А – patella baja, индекс Insall-Salvati равен 0,7;
 Б – patella alta, индекс Insall-Salvati равен 2



Рисунок 2.9 – Асимметрия щели коленного сустава вследствие разрушения полиэтиленовой прокладки эндопротеза

2. *Топограмму нижних конечностей*, как и компьютерную томографию коленных суставов, выполняли на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion One 640. Учитывая, что исследование выполнялось в положении лежа, вместо нагрузки весом использовали специальное устройство, состоящее из фиксирующих ремней, тензодатчика и опорной площадки, которое одевали на

пациента. При помощи регулируемого натяжения ремней устанавливали нагрузку равную весу тела пациента (Рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Устройство для осуществления нагрузки на нижние конечности в положении лежа при выполнении топограммы и компьютерной томографии

На топограмме анализировали ось нижней конечности, проводя линию через центр головки бедренной кости, центр коленного сустава и центр таранной кости. Определяли латеральный дистальный бедренный угол (LDFA) и медиальный проксимальный большеберцовый угол (MPFA).

Для определения LDFA проводили одну линию от центра головки бедренной кости к центру бедренного компонента, а вторую линию по самым дистальным точкам медиального и латерального мыщелков бедренного компонента, измеряя угол между этими линиями латерально.

Для определения MPFA проводили одну линию от центра таранной кости к центру большеберцового компонента, а вторую линию между самой наружной и самой внутренней точками нижнего контура плато большеберцового компонента, измеряя угол между этими линиями медиально (Рисунок 2.11).

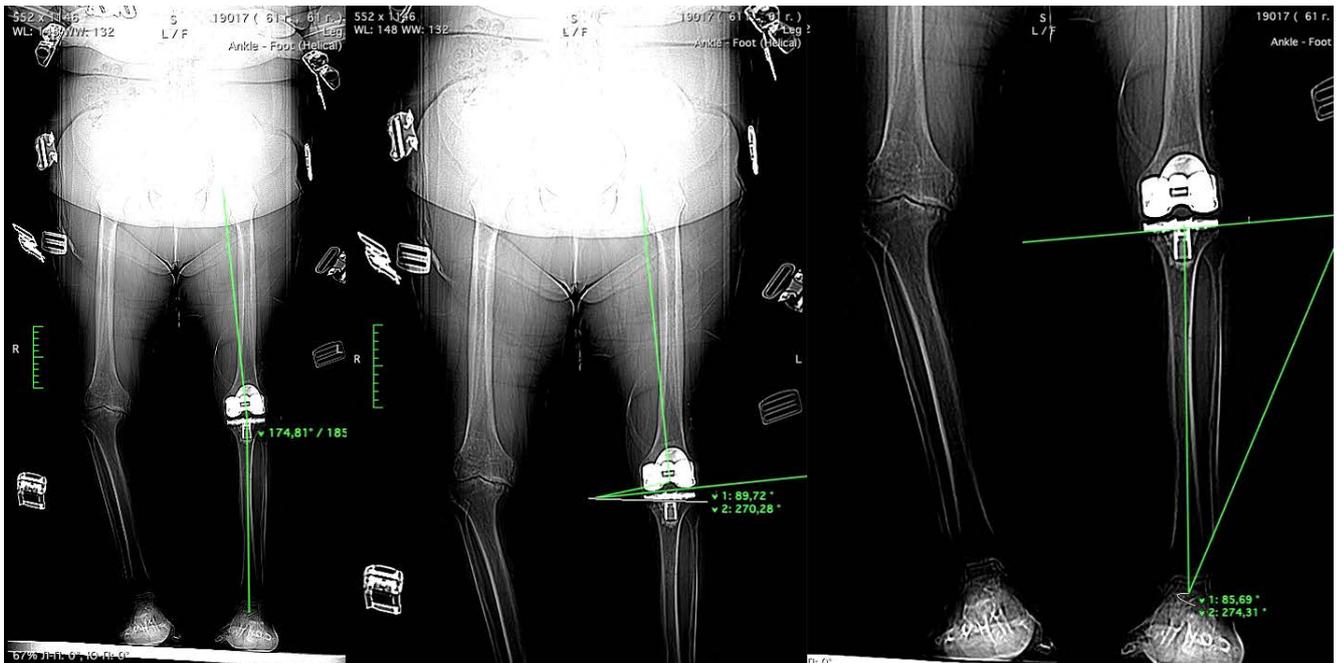


Рисунок 2.11 – Определение оси нижней конечности, LDFA и МРТА на топограмме с нагрузкой. Варусная деформация после ТЭКС составляет 5° , бедренный компонент расположен перпендикулярно механической оси конечности, большеберцовый компонент в варусном положении на 4°

Нарушения оси нижней конечности сами по себе редко являются показанием к ревизионной операции, однако могут влиять на распределение нагрузки в зоне контакта имплант – цемент – кость и приводить к расшатыванию. Вальгусные деформации могут приводить к смещению кнаружи и нарушению трэкинга надколенника и чаще беспокоят пациентов в косметическом отношении. Также топограмма позволяет оценить состояние тазобедренного сустава с ипсилатеральной стороны как возможного источника болевого синдрома после ТЭКС. Изменения LDFA для бедренного компонента и МРТА для большеберцового позволяют оценить положение этих компонентов во фронтальной плоскости, их вклад в общую деформацию нижней конечности и спланировать пластику дефектов кости для механического выравнивания при рТЭКС.

3. *Мультиспиральная компьютерная томография.* Одновременно с топограммой выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) обоих коленных суставов с шагом в 1 мм. При обработке изображений использовали Single Energy Metal Artifact Reduction (SEMAR) алгоритм,

позволяющий подавить артефакты от металлических имплантов и лучше оценить состояние костной ткани. С помощью МСКТ оценивали расположение надколенника относительно бедренного компонента эндопротеза (Рисунок 2.12).

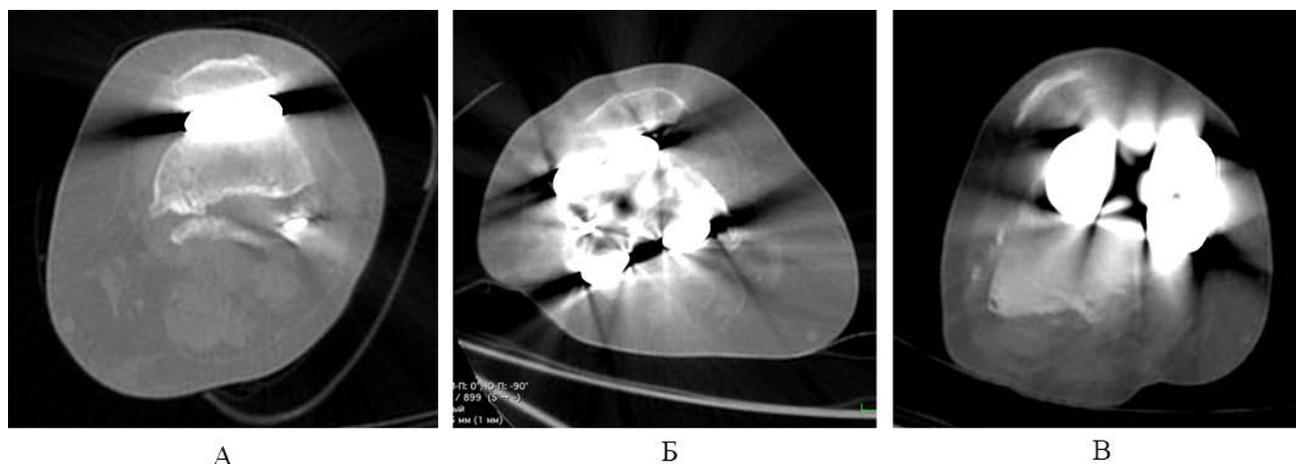


Рисунок 2.12 – Оценка положения надколенника с помощью МСКТ (А – нормальное положение, Б – подвывих кнутри, В – вывих кнаружи)

С помощью МСКТ оценивали ротационное положение бедренного и большеберцового компонентов эндопротеза. Даже при нормальном расположении надколенника при разогнутом коленном суставе нарушение позиционирования компонентов эндопротеза может приводить к его подвывиху или вывиху при сгибании. Для определения ротации компонентов эндопротеза использовали методику, предложенную R.A. Berger et al. [244]. Для определения ротации бедренного компонента проводили две линии: первую между наиболее выступающей точкой наружного надмыщелка бедренной кости и бороздой внутреннего надмыщелка, вторую через самые задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренного компонента эндопротеза и измеряли угол между ними (Рисунок 2.13).

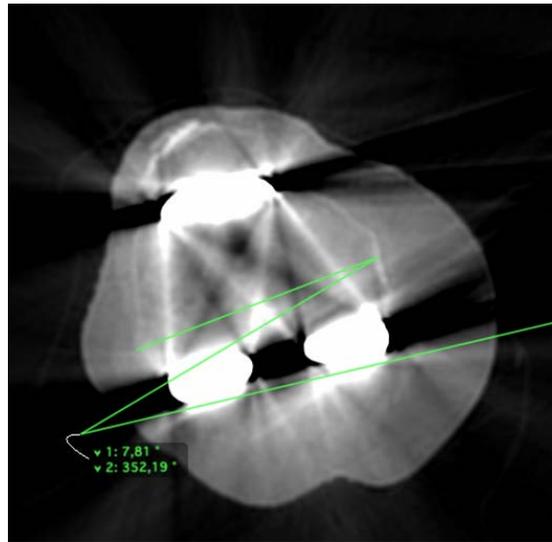


Рисунок 2.13 – Внутренняя ротация бедренного компонента эндопротеза 8° у пациентки с показаниями к ревизионному эндопротезированию коленного сустава по поводу тугоподвижности и передних болей

Для определения ротации большеберцового компонента определяли геометрический центр тибиального плато и проводили линию от уровня геометрического центра до бугристости большеберцовой кости. Также проводили аксиальную линию через центр большеберцового компонента и измеряли угол между этими линиями (Рисунок 2.14).

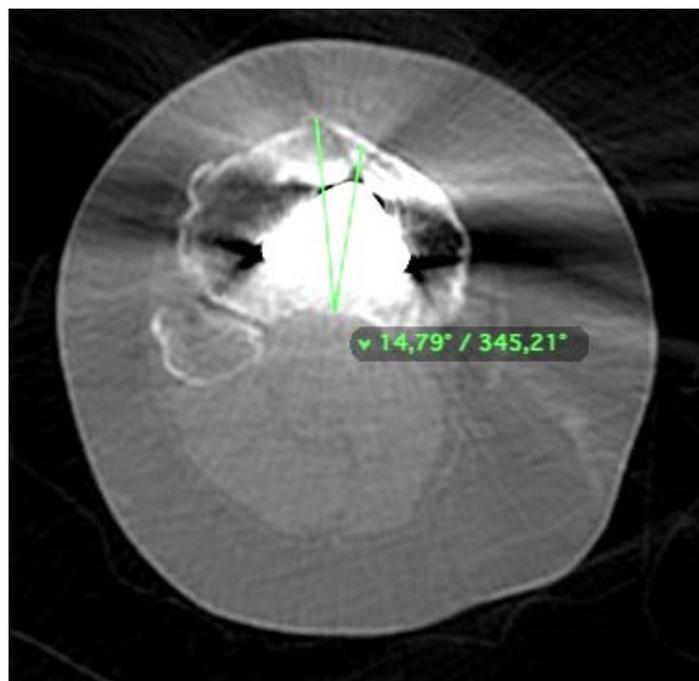


Рисунок 2.14 – Внутренняя ротация большеберцового компонента эндопротеза 15° у пациентки с показаниями к ревизионному эндопротезированию коленного сустава по поводу тугоподвижности и передних болей

Кроме того, МСКТ позволяет уточнить локализацию и протяженность зон остеолита при определении характера и причин существующих проблем, а также при планировании рТЭКС [34].

В связи с высокой информативностью МСКТ исследование мы считали обязательным и выполняли у всех пациентов.

Кроме МСКТ, выполняемой в стандартном статичном режиме, мы в ряде случаев применяли динамическую МСКТ для верификации расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава по авторской методике, которая будет описана в Главе 3.

Авторская методика обработки данных лучевых исследований для уточнения уровня суставной щели и сгибательного промежутка коленного сустава будет описана в Главе 4.

Контрольные рентгенограммы оперированного коленного сустава с явкой на контрольный осмотр рекомендовали выполнять через 3, 6 и 12 месяцев после операции и далее ежегодно. Контрольную топограмму и КТ коленного сустава выполняли однократно в разные сроки после операции для каждого пациента (от 3 дней до 6 месяцев).

2.3.3. Анализ синовиальной жидкости

Диагностическую пункцию коленного сустава считали крайне важным и информативным исследованием для диагностики наличия перипротезной инфекции. Пункцию с последующим микробиологическим и цитологическим анализом пунктата перед рТЭКС выполняли при соблюдении хотя бы одного из следующих условий:

- наличие любых локальных воспалительных изменений (свищ, гиперемия, отек, повышение локальной кожной температуры) при осмотре или в анамнезе после первичного ТЭКС;
- наличие любых эпизодов повышения температуры тела не ранее чем через 1 месяц после первичного ТЭКС, не связанных с другими причинами;

- жалобы на ночные боли в области коленного сустава, а также боли, не связанные с физической нагрузкой;
- любые локальные инфекционные проблемы в области оперированного сустава как перед первичным ТЭКС, так и после него;
- болевой синдром, сохраняющийся после первичного ТЭКС или возникший в течение 2 лет после первичного ТЭКС;
- расшатывание компонентов эндопротеза в течение 2 лет после первичного ТЭКС;
- любые хирургические вмешательства и инъекции в области оперированного сустава после ТЭКС;
- повышение уровня С-реактивного белка крови более 2 мг/дл;
- повышение уровня СОЭ крови более 30 мм/час;
- отсутствие других доказанных причин болевого синдрома после первичного ТЭКС.

При сомнениях в постановке диагноза (в частности, при отсутствии роста микрофлоры в посевах) диагностическую пункцию повторяли до 3 раз.

Пунктат оценивали макроскопически и направляли на цитологическое и микробиологическое исследование. Цитологическое исследование проводили в камере Горяева, и при результате более 2000 лейкоцитов в мкл, согласно рекомендациям Pro-Implant Foundation [298], делали вывод о наличии перипротезной инфекции.

Для доставки микробиологических образцов в микробиологическую лабораторию использовали стерильные пробирки с транспортной средой Amies и с углем. Посевы в лаборатории выполняли на следующих средах: кровяной агар, колумбийский агар, шоколадный агар, агар Шедлера, желточно-солевой агар, среда Эндо, среда Сабуро. Таким образом, были подобраны оптимальные среды для выращивания аэробных, анаэробных бактерий и грибов. Если отмечался положительный рост, определяли чувствительность к антибиотикам и химиопрепаратам. Результаты интерпретировали согласно критериям Pro-Implant Foundation [298].

Наличие инфекционного осложнения (перипротезной инфекции) считали доказанным:

- при наличии положительного посева в сочетании с любым другим признаком перипротезной инфекции;
- при наличии только положительного посева с ростом высоковирулентной микрофлоры (например: *S. aureus*, *E. coli*) [298].

При наличии только положительного посева с ростом низковирулентной микрофлоры пункцию повторяли. В случае отрицательного результата посева после повторной пункции искали другую причину болевого синдрома.

При сохраняющемся подозрении на инфекцию, во время операции перед артротомией пунктировали сустав и брали анализ синовиальной жидкости на цитологическое и микробиологическое исследование. Также на посевы отправляли 2–3 фрагмента синовиальной оболочки сустава, и 1–2 образца мембраны под бедренным и большеберцовым компонентом (при ее наличии). При ревизиях по поводу неинфекционных причин на цитологическое и микробиологическое исследование направляли только один образец синовиальной жидкости.

2.3.4. Анкетирование пациентов

При оценке результатов проведенного лечения помимо таких объективных показателей как данные лучевой диагностики, определение оси конечности и амплитуды движений в оперированном суставе, важное значение придавали использованию шкал-опросников, отражающих субъективные ощущения пациентов. Анкетирование проводили при каждом визите пациентов в соответствии с дизайном исследования, оценивая как текущее состояние, так и динамику изменений. В нашем исследовании мы применили следующие шкалы.

1. Визуально-аналоговая шкала (ВАШ) (Приложение А).

Шкалу применяли для оценки интенсивности болевого синдрома. На 10-сантиметровой линейке пациент отмечал свое восприятие боли от минимальной

(1 балл) до нестерпимой (10 баллов). Полученные результаты интерпретировали как слабую боль (0–4 баллов), умеренную (5–7 баллов) и сильную (7–10 баллов).

2. Western Ontario and McMaster Universities Index (WOMAC) (Приложение Б).

Шкала содержит 24 вопроса, разделенных на 3 группы: боль (5 вопросов), тугоподвижность (2 вопроса) и функция при повседневной жизни (17 вопросов). На каждый вопрос предлагается ответить, проставив баллы в диапазоне от 0 (проблема отсутствует) до 4 (проблема выражена в максимальной степени). Затем баллы суммируют. При этом возможная сумма баллов будет варьировать от 0 (максимально благоприятная ситуация) до 96 (максимально неблагоприятная, полное отсутствие функции) [23].

Сумму до 20 баллов считали хорошим (11–20 баллов) и отличным (0–10 баллов) показателем, от 21 до 40 баллов – удовлетворительным, от 41 до 60 баллов – неудовлетворительным и свыше 60 баллов – крайне неудовлетворительным. В соответствии с рекомендациями Osteoarthritis Research Society International (OARSI) значимым хорошим эффектом считали изменения показателей опросника WOMAC на 20% от исходного уровня [42].

3. Oxford Knee Score (OKS) (Приложение В).

Оксфордская шкала оценки функции коленного сустава [22] состоит из 12 вопросов, касающихся болевых ощущений и функции коленного сустава. Ответы на каждый вопрос пациент должен выразить в диапазоне от 1 балла (проблема отсутствует) до 5 баллов (проблема максимально выражена). Затем баллы суммируют. Таким образом, сумма баллов может варьировать от 12 баллов (максимально благоприятная ситуация) до 60 баллов (максимально неблагоприятная).

4. Forgotten Joint Score (FJS-12) (Приложение Г).

Шкала «забытого сустава» [22] состоит из 12 вопросов, отражающих ощущения пациента при выполнении им бытовых ролевых функций. В определенном смысле с помощью этой шкалы можно оценить влияние состояния сустава на качество жизни. Вопросы касаются того, ощущает ли пациент свой сустав (в аспекте дискомфорта, неприятных ощущений или боли) при выполнении

бытовых функций. Оценки могут варьировать от 0 баллов («никогда», «забытый сустав») до 4 («почти всегда»). Возможная сумма баллов составляет от 0 (максимально благоприятный результат) до 48 (максимально неблагоприятный).

2.4. Хирургическая техника ревизионного эндопротезирования коленного сустава

Наиболее частым методом интраоперационного обезболивания (87,8%) явилась спинномозговая анестезия, которую применили у 375 пациентов. В остальных 52 случаях применили комбинированный эндотрахеальный наркоз, что было связано с индивидуальными особенностями пациентов (Рисунок 2.15). 273 пациентам (63,9%) перед операцией устанавливали эпидуральный катетер для дополнительной анестезии во время операции и пролонгированного обезболивания в раннем послеоперационном периоде.

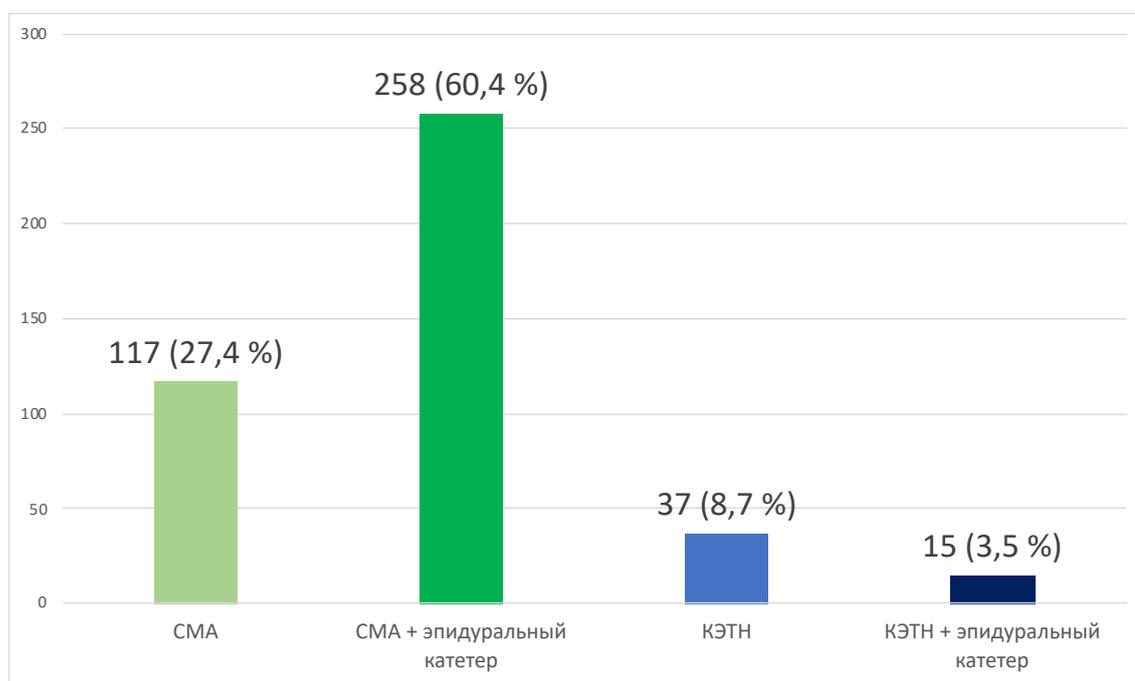


Рисунок 2.15 – Распределение пациентов по типу анестезиологического пособия

Операцию выполняли в положении лежа на спине с упором под стопу и боковым упором для средней трети бедра. Жгут не использовали ни в одном случае.

Хирургический доступ осуществляли с иссечением старого послеоперационного рубца. При наличии нескольких рубцов придерживались принципа использовать наиболее латеральный (насколько это было возможно для адекватного доступа при рТЭКС), недавний и хорошо заживший; поперечные рубцы игнорировали, согласно рекомендациям S. Hofmann, Т.А. Кулябы, Н.Н. Корнилова [81]. Перед артротомией выполняли пункцию коленного сустава, полученную синовиальную жидкость отправляли на цитологическое и микробиологическое исследование (Рисунок 2.16).



Рисунок 2.16 – Интраоперационная пункция коленного сустава

Во всех случаях использовали медиальную артротомию, проксимально рассекая пространство между сухожилием прямой мышцы бедра и широкой мышцы бедра на протяжении 6–12 см, далее проходя медиально от надколенника, оставляя мягкотканый лоскут шириной около 5 мм и по медиальному краю связки надколенника до бугристости большеберцовой кости. В 13 случаях использовали расширенные доступы (9 остеотомий бугристости большеберцовой кости и 4 косые тенотомии сухожилия прямой мышцы бедра). Расширенные доступы использовали при невозможности согнуть сустав (неартикулирующий спейсер или грубая

разгибательная контрактура), кроме того, остеотомии большеберцовой кости использовали при удалении хорошо фиксированного интрамедуллярного стержня большеберцового компонента, когда его не удавалось извлечь со стороны коленного сустава.

Выполняли удаление рубцов в верхнем завороте, вокруг надколенника, в области связки надколенника, тем самым осуществляя релиз разгибательного аппарата. Для предотвращения отрыва связки надколенника дополнительно фиксировали ее к бугристости большеберцовой кости пином (Рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Коленный сустав после выполненной медиальной артротомии. Связка надколенника дополнительно фиксирована пином. В ране виден артикулирующий спейсер

После медиальной артротомии сначала с помощью долота удаляли полиэтиленовый вкладыш эндопротеза, что позволяло значительно уменьшить натяжение мягких тканей. Стабильно фиксированный бедренный компонент отделяли от кости с помощью пилы Джигли и тонкого лезвия осцилляторной пилы, после чего снимали экстрактором (Рисунок 2.18).

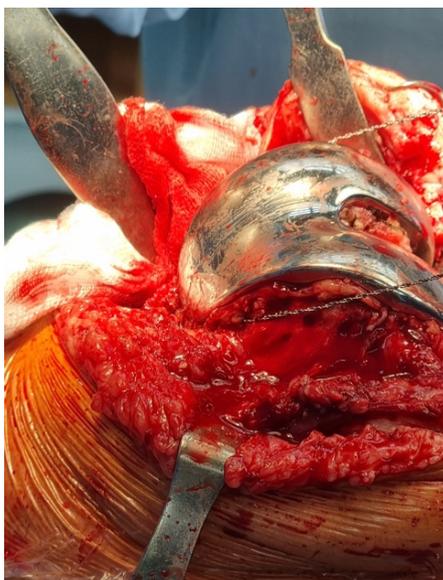


Рисунок 2.18 – Отделение стабильно фиксированного бедренного компонента от кости с помощью пилы Джигли

Стабильно фиксированный большеберцовый компонент отделяли от кости с помощью тонкого лезвия осциляторной пилы, далее выбивали из кости. Как говорилось ранее, при рТЭКС хирург и так сталкивается с дефицитом костной ткани, поэтому при извлечении стабильных компонентов необходимо максимальное внимание уделять сохранению подлежащей кости (Рисунок 2.19).

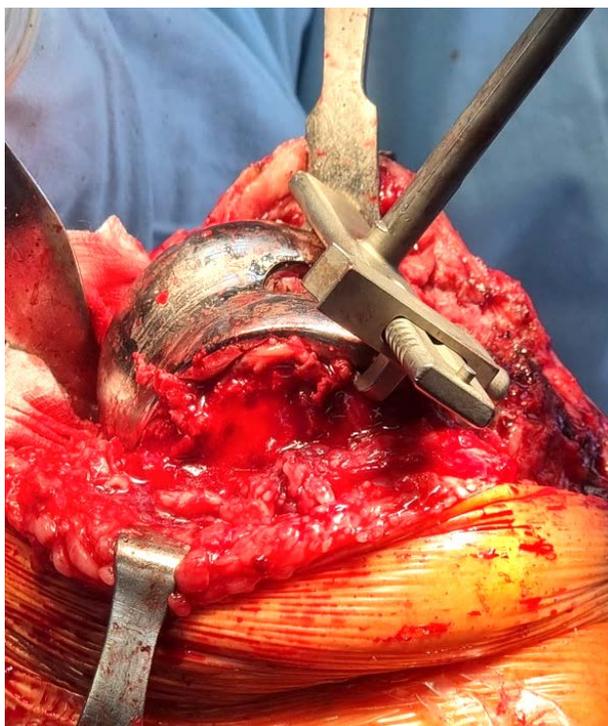


Рисунок 2.19 – Удаление бедренного компонента эндопротеза

При наличии спейсера с помощью долота фрагментировали цементные компоненты и удаляли его по частям. Технические трудности возникали при удалении неартикулирующего спейсера. Также долотом фрагментировали костный цемент, а стержень проводили проксимально в канал бедренной кости или дистально в канал большеберцовой кости до появления конца стержня, далее вытягивали его из канала. Если стержень заклинивал, выполняли остеотомию бугристости большеберцовой кости для его удаления.

При рТЭКС максимально резецировали измененные, патологические ткани и очищали суставные концы костей от рубцов и мембран (Рисунок 2.20).

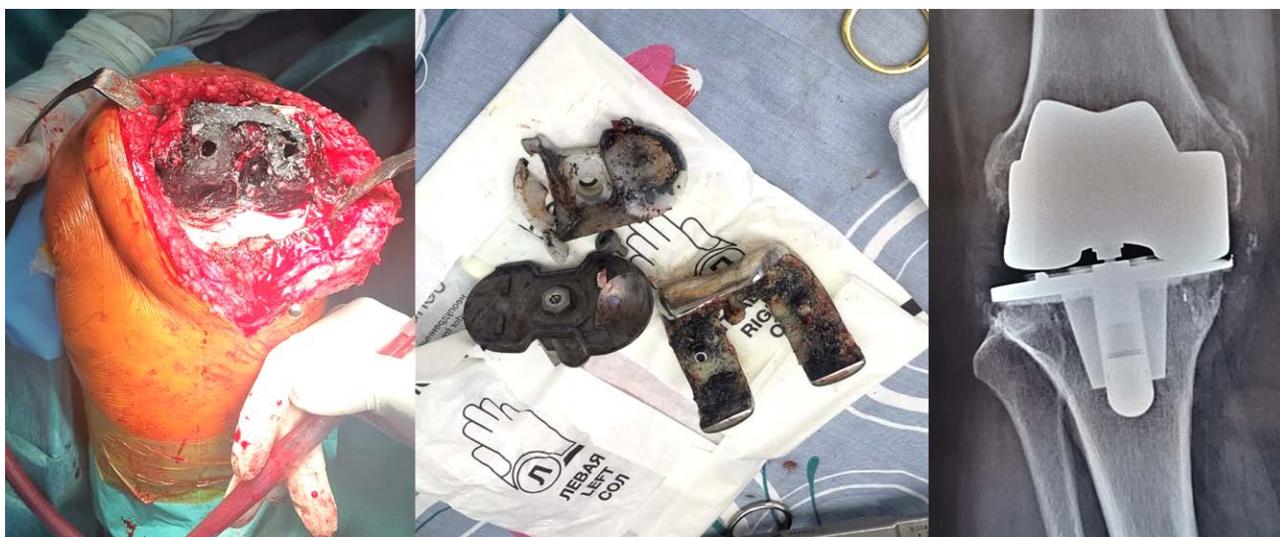


Рисунок 2.20 – Выраженный металлоз мягких тканей вследствие разрушения полиэтиленового вкладыша и прямой артикуляции металлического бедренного компонента по металлическому большеберцовому

У всех пациентов данного исследования использовали ревизионные компоненты эндопротеза с дополнительными интрамедуллярными цементируемыми стержнями длиной 30, 100 и 155 мм. При рТЭКС перед хирургом всегда встают две задачи, немного противоречащие друг другу: надежная интрамедуллярная фиксация эндопротеза и механическое выравнивание оси конечности. В большинстве случаев мы начинали обработку каналов большеберцовой и бедренной костей с плотной фиксацией примерочных стержней и потом, уже основываясь на их расположении, выполняли обработку метафиза и эпифиза. В редких случаях (5 пациентов (1,2%)), когда имелись грубые

деформации диафиза бедренной или большеберцовой кости, или при вальгусном отклонении бедренной кости более 10° с помощью навигации ориентировали компоненты эндопротеза с короткими стержнями 30 мм относительно механической оси. В остальных случаях навигацию не использовали.

Всегда начинали с последовательного (с шагом в 1 мм) рассверливания канала большеберцовой кости до плотной фиксации риммера и примерочного стержня (Рисунок 2.21).

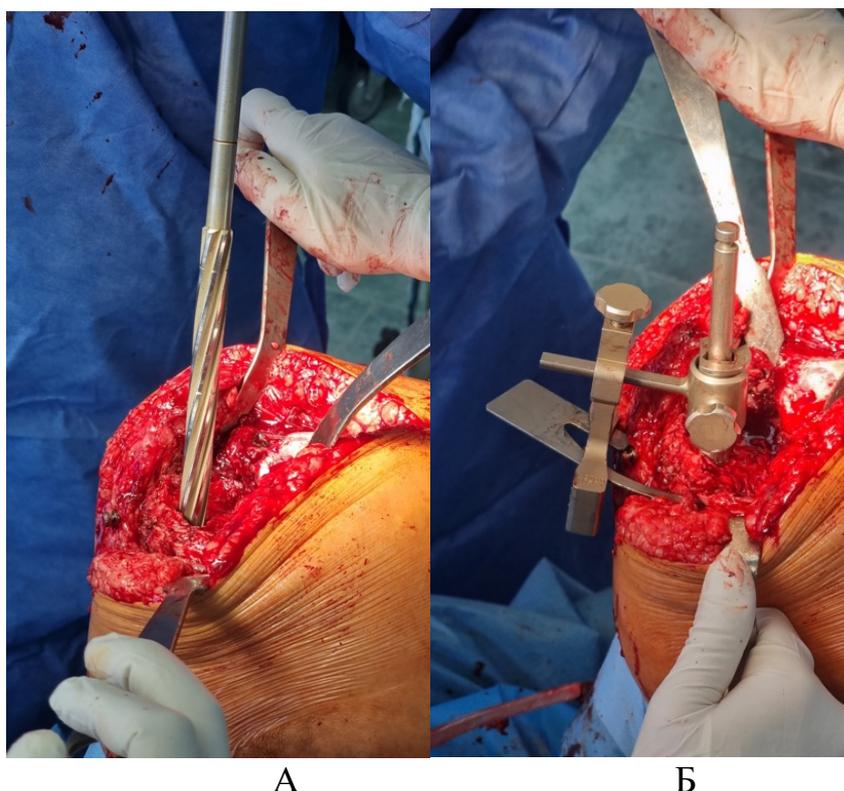
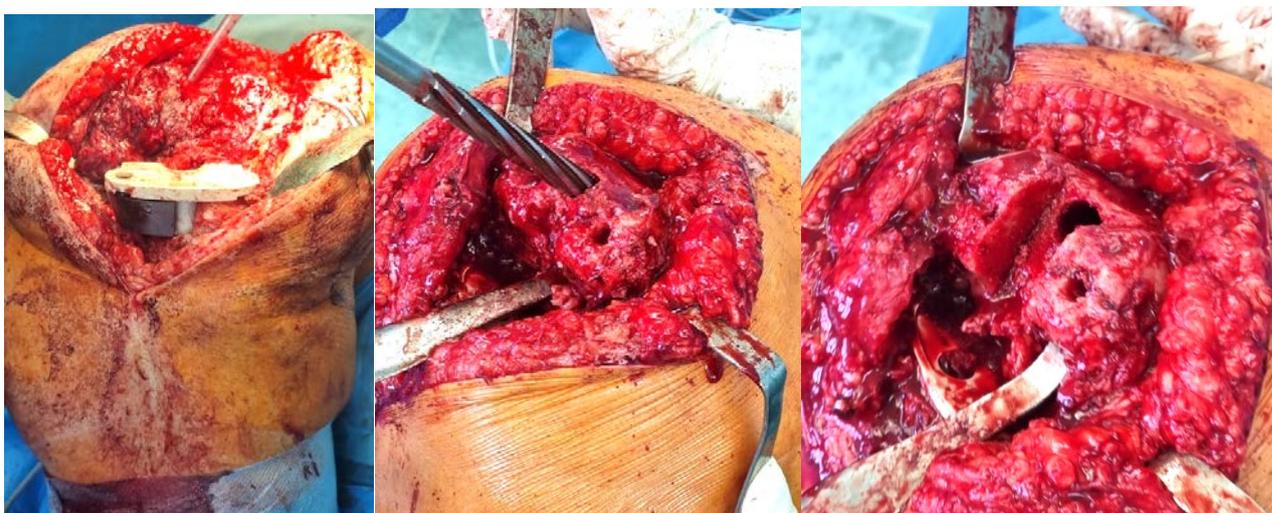


Рисунок 2.21 – Ход операции рТЭКС. А – рассверливание канала большеберцовой кости. Б – установка интрамедуллярного направителя для резекции проксимального отдела большеберцовой кости

Далее, с помощью интрамедуллярного направителя выполняли очень экономную резекцию большеберцовой кости, фактически очищая ее от костного цемента и рубцов.

Имеющиеся дефекты заполняли с помощью аугментов, или метафизарных конусов, или предварительно подготовленных, напечатанных на 3D-принтере титановых имплантов. Выполняли обработку кости под киль большеберцового компонента с соблюдением необходимой ротации. Устанавливали примерочный

большеберцовый компонент. Канал бедренной кости также последовательно обрабатывали риммерами до плотной фиксации. Учитывая наличие дефицита кости, дистальную резекцию бедра не выполняли. С помощью интрамедуллярного направителя немного исправляли переднюю, заднюю и косые резекции для восстановления оптимальной ротации бедренного компонента (если была кость) и реципрокной пилой выполняли резекцию под бокс бедренного компонента (Рисунок 2.22).



А

Б

В

Рисунок 2.22 – Ход операции рТЭКС. А – установлен примерочный большеберцовый компонент. Дефект медиального мыщелка большеберцовой кости заполнен примерочным тибиальным блоком 15 мм. Б – обработка канала бедренной кости риммерами. В – обработанный дистальный отдел бедренной кости. Выполнена очистка от рубцов, исправлена ротация и выполнена резекция под бокс компонента NexGen LCCK

Имеющиеся дефекты заполняли блоками (дистальными, задними, передним), или метафизарным конусом, или, предварительно подготовленным, напечатанным на 3D-принтере титановым имплантом. Следует отметить, что при применении задних бедренных блоков чаще и толще были блоки на наружной стороне, чтобы обеспечить необходимую ротацию бедренного компонента. Выполняли обработку суставной поверхности надколенника. Вопрос о замене надколенника при рТЭКС решали индивидуально, в зависимости как от данных предоперационного

обследования, так и от операционных находок. Такую замену выполнили в 378 случаях, что составило 88,5% от общего числа операций рТЭКС (Рисунок 2.23).



Рисунок 2.23 – Замена суставной поверхности надколенника при рТЭКС

Если заведомо не планировали импланты большой степени связанности (VVC или Hinge) ввиду значительного дефицита связочного аппарата коленного сустава, то примерку импланта начинали с вкладышей PS. В случаях, если на связанности PS не получалось достичь необходимой стабилизации связочного аппарата, то переходили на более связанные конструкции. Проверяли пассивное разгибание и сгибание с возвращенным на место разгибательным аппаратом с помощью цапки (Рисунок 2.24).



Рисунок 2.24 – Проверка пассивного разгибания и сгибания

После обильного промывания раны и костных поверхностей с помощью системы Pulsavac на костном цементе устанавливали компоненты эндопротеза в следующей последовательности: большеберцовый, бедренный, примерочный вкладыш, надколенник (Рисунок 2.25).

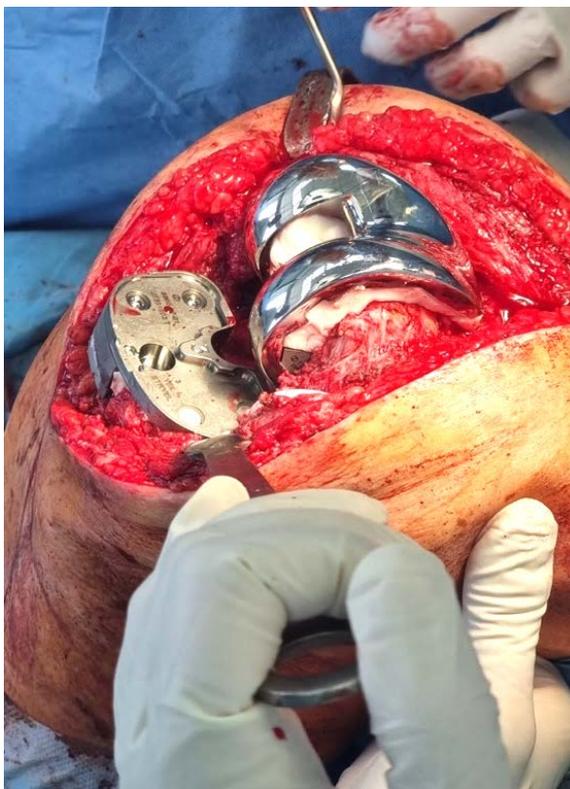


Рисунок 2.25 – Компоненты эндопротеза после выполненной цементной фиксации. Дефект внутреннего мыщелка большеберцовой кости скомпенсирован блоком 15 мм, также установлен задний блок 10 мм на латеральный мыщелок бедренного компонента, что позволило заполнить костный дефект и обеспечить оптимальную ротацию бедренного компонента

Как правило для фиксации компонентов эндопротеза с удлиняющими стержнями необходимо 2 дозы цемента по 40 г. Чаще использовали цементирование в один этап. В некоторых случаях на первой дозе костного цемента устанавливали большеберцовый компонент, удерживая его правильную ротацию, после замешивали вторую дозу и устанавливали оставшиеся компоненты. Излишки костного цемента удаляли. После полимеризации цемента устанавливали окончательный вкладыш эндопротеза (Рисунок 2.26).



Рисунок 2.26 – Установленный эндопротез Zimmer NexGen LCCK с вкладышем LCCK 10 мм и надколенником

Рану послойно ушивали наглухо, с оставлением одного дренажа.

При выполнении рТЭКС преимущественно использовали импланты Zimmer (Рисунок 2.27).

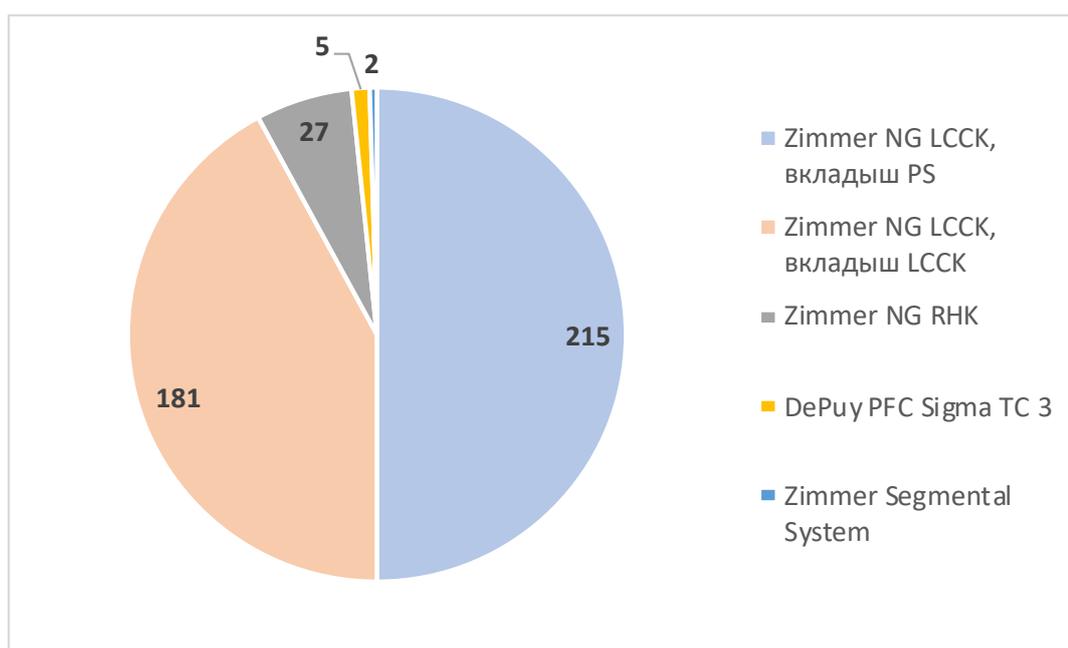


Рисунок 2.27 – Использованные импланты

Как видно из распределения имплантов, в 50,4% случаев были использованы пары трения с минимально возможной степенью связанности при рТЭКС, а именно PS, что благоприятно влияет на выживаемость эндопротеза.

2.5. Послеоперационное ведение пациентов

В большинстве случаев после операции пациенты возвращались в отделение, минуя реанимационное отделение. Можно выделить следующие основные направления раннего послеоперационного ведения пациентов после рТЭКС: стабилизация общего состояния, анальгетическая терапия, профилактика инфекционных осложнений, профилактика тромбоэмболических осложнений, лечебная физкультура.

1. Стабилизация общего состояния.

В отделении проводили инфузионную терапию и, при необходимости, переливание свежезамороженной плазмы, эритроцитарной взвеси или массы. При проведении рТЭКС у 103 пациентов (24,1%) был использован Cell-Saver, возврат полученных аутоэритроцитов начинали во время операции и продолжали в послеоперационные часы. Переливание донорской эритроцитарной массы или взвеси потребовалось 36 пациентам (8,4%). При необходимости коррекции сопутствующих заболеваний вызывали смежных специалистов, что не представляло трудностей, учитывая многопрофильную структуру Клинического центра Сеченовского Университета.

2. Анальгезия.

Для анальгезии применяли парентеральные формы нестероидных противовоспалительных средств и трамадол. У 273 пациентов (63,9%) в послеоперационном периоде с целью обезболивания применяли введение 0,2% раствора ропивокаина в эпидуральный катетер. Катетер оставляли до 72 часов после операции, с ним можно было активизировать пациентов [40, 66]. Это позволило снизить необходимость в применении опиоидных анальгетиков до единичных случаев.

3. *Профилактика инфекционных осложнений.*

При асептических ревизиях использовали внутривенное введение цефалоспоринов за 30 минут до операции, во время операции, вечером после операции и далее три раза в день в течение двух суток. Дренаж убирали на следующие сутки после операции. При лечении перипротезной инфекции следовали рекомендациям Pro-Implant Foundation [298], принимая решение о типе и продолжительности антибиотикотерапии совместно с клиническим фармакологом.

4. *Профилактика тромбоэмболических осложнений.*

Если позволяло общее состояние пациентов, их вертикализовали в течение первых суток после операции (при наличии эпидурального катетера – в тот же день вечером или на следующий день после операции), проводили эластическую компрессию нижних конечностей с помощью эластичных бинтов или чулок 1 класса компрессии (до паховой складки). Проводили медикаментозную профилактику пероральным применением дабигатрана 220 мг внутрь ежедневно или ривароксабана 10 мг внутрь ежедневно по стандартным схемам [72]. У пациентов с сосудистыми заболеваниями периоперационную профилактику ТЭЛА проводили, придерживаясь рекомендаций кардиолога и сосудистого хирурга [71]. Например, при артериальной недостаточности нижних конечностей вообще не проводили эластическую компрессию.

5. *Лечебная физкультура.*

Обучение ходьбе на костылях проводили еще перед рТЭКС в ходе предоперационной подготовки. После вертикализации пациентов, которую в зависимости от их общего состояния стремились осуществить в первые сутки послеоперационного периода, это обучение продолжали, добиваясь уверенной ходьбы. Продолжительность ходьбы на костылях с разгрузкой оперированной конечности определяли в зависимости от типа выполненной реконструкции; в среднем она составляла 6 недель после операции. На третьи сутки после операции начинали занятия на артроте с постепенным увеличением объема движений (Рисунок 2.28).



Рисунок 2.28 – Разработка движений в коленном суставе после рТЭКС с помощью артромота

При выписке врач ЛФК давал подробные рекомендации в письменном виде, какие упражнения следует выполнять дома. При наличии возможности пациенты обращались в реабилитационный центр по месту жительства. Контрольные осмотры пациентам назначали через 3, 6, 12 месяцев после операции и далее ежегодно. Учитывая, что пациенты были из разных регионов, не все приезжали на очный осмотр. Тогда консультации проводились дистанционно посредством телефонии, электронной почты и мессенджеров.

2.6. Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel для Mac, версия 16.72 и StatPlus, Build 8.0.3/Core v7.8.11. Для количественных величин рассчитывали среднее арифметическое значение и стандартное отклонение. Результаты округляли до одного знака после запятой. Выборки анализировали на нормальность с использованием теста Колмогорова-Смирнова. Для сравнения двух несвязанных групп при нормальном распределении количественных величин использовали двухвыборочный критерий Стьюдента, при ненормальном распределении использовали критерий Манна-Уитни. При сравнении двух связанных групп при нормальном распределении использовали парный критерий Стьюдента, при ненормальном распределении критерий Вилкоксона. Для сравнения качественных переменных использовали критерий хи-квадрат Пирсона. При $p < 0,05$ различия считали достоверными.

ГЛАВА 3. УТОЧНЕННАЯ ДИАГНОСТИКА РАСШАТЫВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА

При обращении в нашу клинику пациенты, которым ранее было выполнено тотальное эндопротезирование коленного сустава, жаловались преимущественно на боли. В соответствии с определенными нами критериями включения в исследование и разработанным диагностическим алгоритмом помимо общего и локального осмотра выполняли скрининг перипротезной инфекции, а также рентгенографию, МСКТ в стандартном статическом режиме и топограмму нижних конечностей. На основании этих исследований верифицировали наличие перипротезной инфекции, асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, их неправильное позиционирование, разрушение компонентов и перипротезные переломы. Все эти состояния являлись показаниями к выполнению рТЭКС и, соответственно, обоснованием для включения пациентов в наше исследование.

Однако оставались еще пациенты, у которых причина сформировавшегося хронического болевого синдрома осталась неясной. В этих случаях мы применили разработанную нами методику динамической мультиспиральной компьютерной томографии (дМСКТ), которую выполняли на установленном в клинике Сеченовского Университета томографе Toshiba Aquilion One 640.

3.1. Описание методики динамической мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава

Пациента укладывали в аппарате с валиком под коленным суставом так, чтобы сгибание составляло 90° (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Укладка пациента в компьютерном томографе при выполнении дМСКТ

При наличии разгибательной контрактуры осуществляли максимально возможное сгибание. Во время проведения компьютерного сканирования больной осуществлял плавное разгибание в суставе до максимально возможного в течение 10–12 секунд. Томографию выполняли в объемном режиме. После оценки по изображениям maximum intensity projection (MIP) (толщина среза 0,5 мм) и 3D-реконструкции проводили реконструкцию и анализ в режиме 4D. На MIP-изображениях в трех плоскостях сустава в статичном положении рисовали 4–5 линий, каждая из которых соединяла точку в структуре компонента с точкой в структуре кортикальной кости, в которой находился этот компонент (Рисунок 3.2, Рисунок 3.3).

Компьютер анализировал реконструкцию функционального исследования и отображал длину каждой из линий в процессе разгибания коленного сустава, формируя сводный график, где кривые или изолинии разных цветов соответствовали изменениям длины каждой из линий. Учитывая наличие остаточных артефактов от металлоконструкций, нами была принята погрешность измерения, равная 1 мм. Если мы наблюдали, что длина хотя бы одной линии, которая должна оставаться неизменной при стабильном положении компонента эндопротеза менялась на 1,5 мм или более, то делали вывод о нестабильном положении компонентов эндопротеза (Рисунок 3.4, Рисунок 3.5).

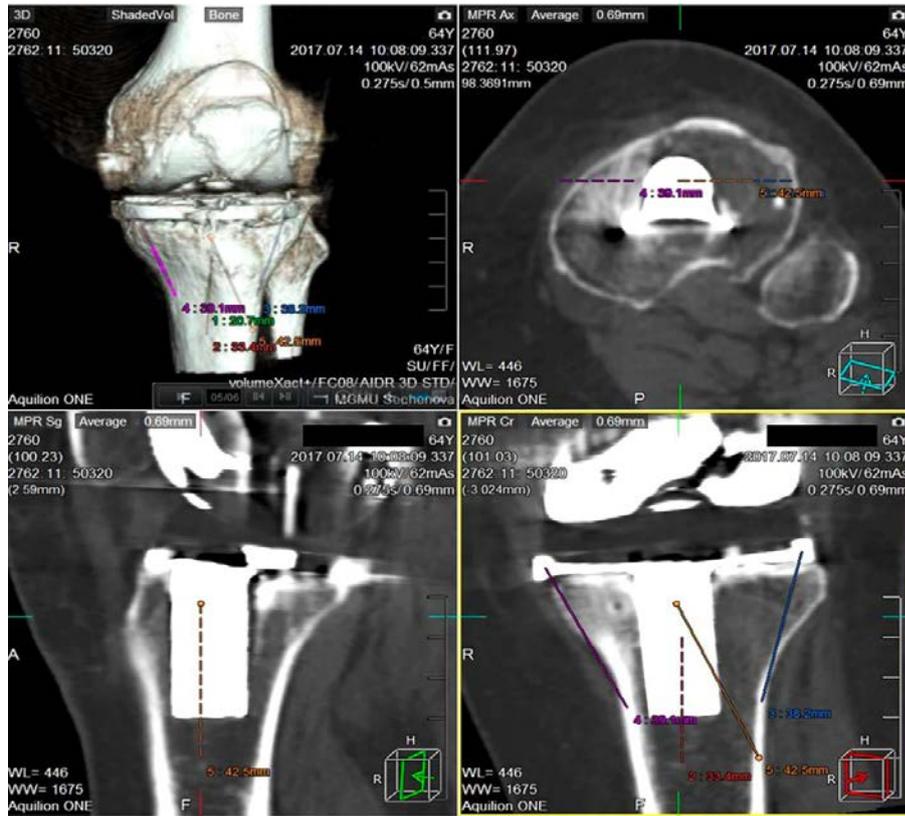


Рисунок 3.2 – Проведение линий между точками в структуре большеберцового компонента и в структуре кортикальной кости на изображениях в трех проекциях и 3D-реконструкция

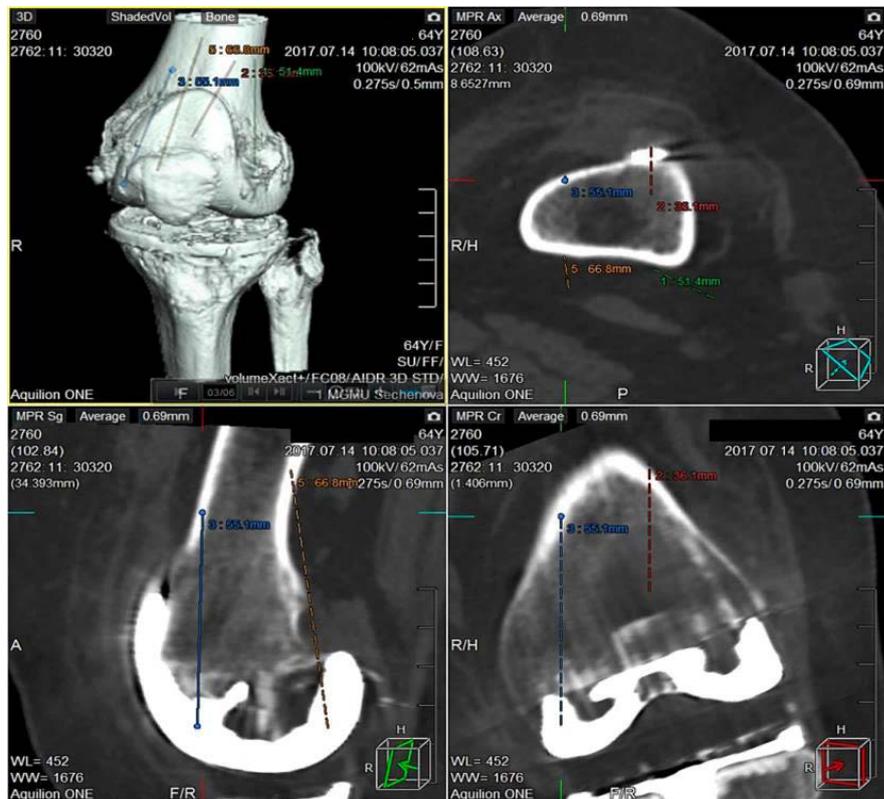


Рисунок 3.3 – Проведение линий между точками в структуре бедренного компонента и в структуре кортикальной кости на изображениях в трех проекциях и 3D-реконструкция

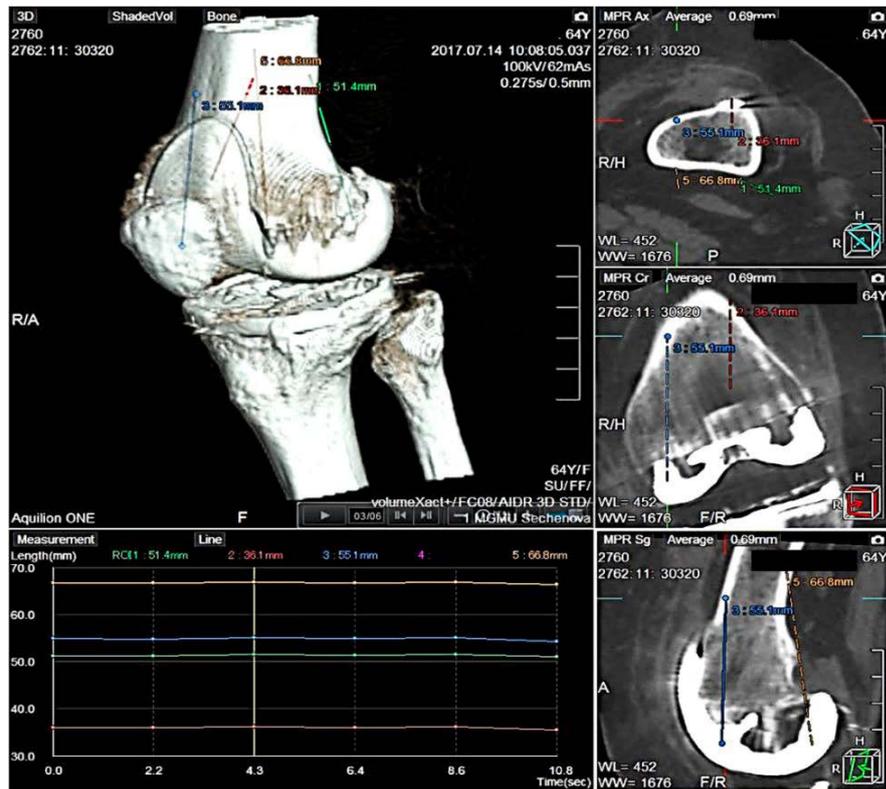


Рисунок 3.4 – Оценка стабильности бедренного компонента с помощью дМСКТ. Изменение длины каждой из 4 линий при разгибании коленного сустава не превышает 0,5 мм. Можно предположить стабильную фиксацию компонентов эндопротеза

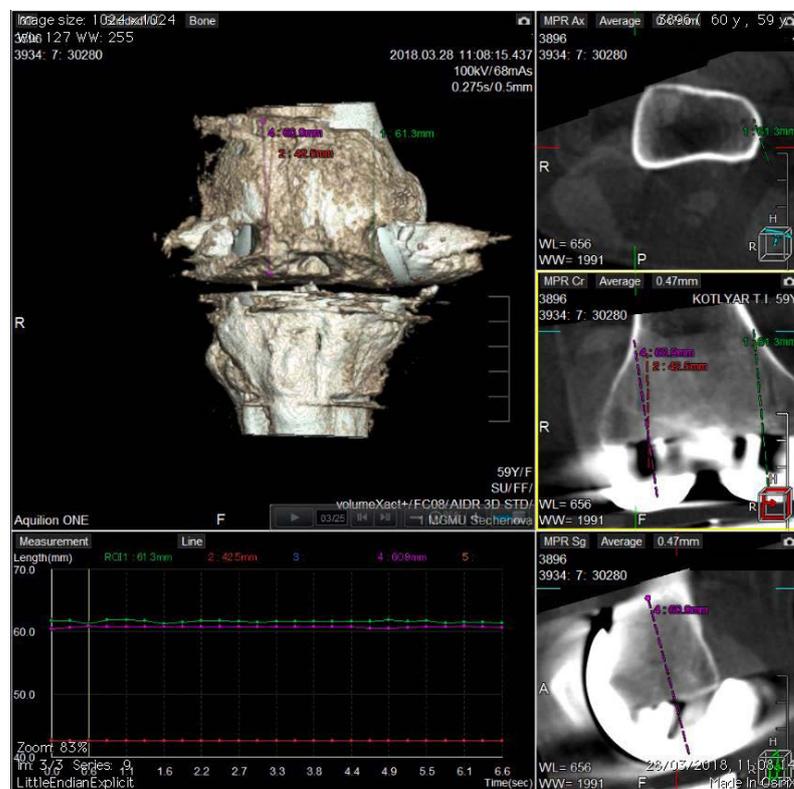


Рисунок 3.5 – Оценка стабильности бедренного компонента с помощью дМСКТ. На 0,6 секунде происходит изменение длины зеленой линии на 2 мм. Можно предположить расшатывание бедренного компонента эндопротеза

3.2. Характеристика пациентов

Исследование проводили с января 2017 года. Всего было обследовано 210 человек, обратившихся с болями в области оперированного коленного сустава после ТЭКС, у которых природа боли после базового обследования осталась не выясненной. Не выявлены признаки инфекции, асептического расшатывания или клинически значимого нарушения пространственной ориентации компонентов эндопротеза. На рентгенограммах и стандартных компьютерных томограммах не было также признаков проседания или миграции компонентов эндопротеза.

Средний возраст пациентов составил $65 \pm 8,6$ лет, среди них были 192 женщины (91,4%) и 18 мужчин (8,6%).

3.3. Результаты исследования

С помощью дМСКТ расшатывание компонентов эндопротеза было выявлено всего у 35 пациентов, что составило 16,7% от общего количества обследованных. При этом у 12 пациентов (5,7%) было выявлено расшатывание только бедренного компонента эндопротеза, у 19 пациентов (9,0%) – расшатывание только большеберцового компонента, и у 4 пациентов (1,9%) расшатывание обоих компонентов эндопротеза (Рисунок 3.6).

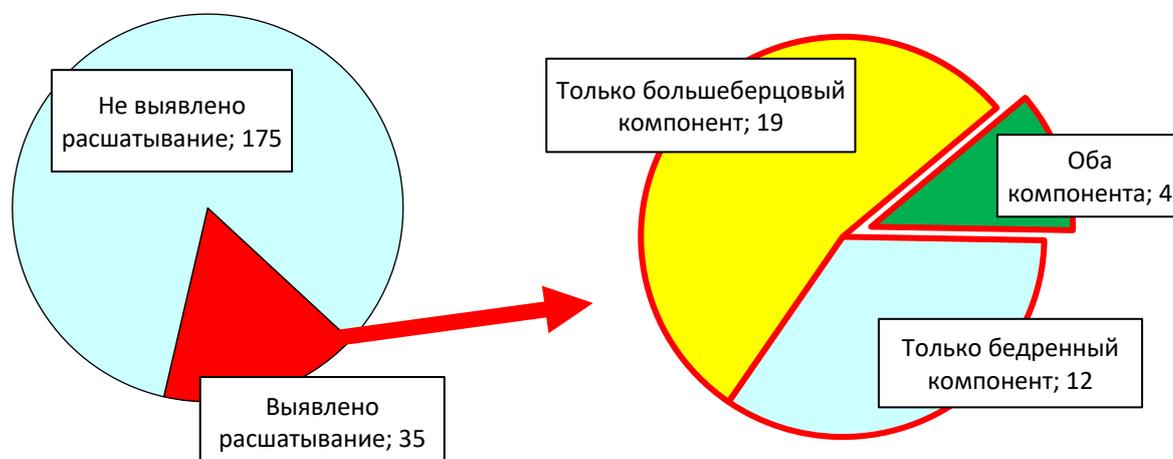


Рисунок 3.6 – Количество случаев расшатывания компонентов эндопротеза, выявленных с помощью дМСКТ, и их локализация

Измерения проводили по 4 или 5 линиям. При выявлении смещения оно составило во всех случаях от 1,5 до 3 мм, причем чаще всего смещение отмечено только по одной линии (8 наблюдений для бедренного компонента и 12 – для большеберцового). По двум линиям смещение констатировано в 4 наблюдениях для бедренного компонента и в 7 – для большеберцового, и по трем линиям – по 4 случая для бедренного и большеберцового компонентов (Рисунок 3.7).

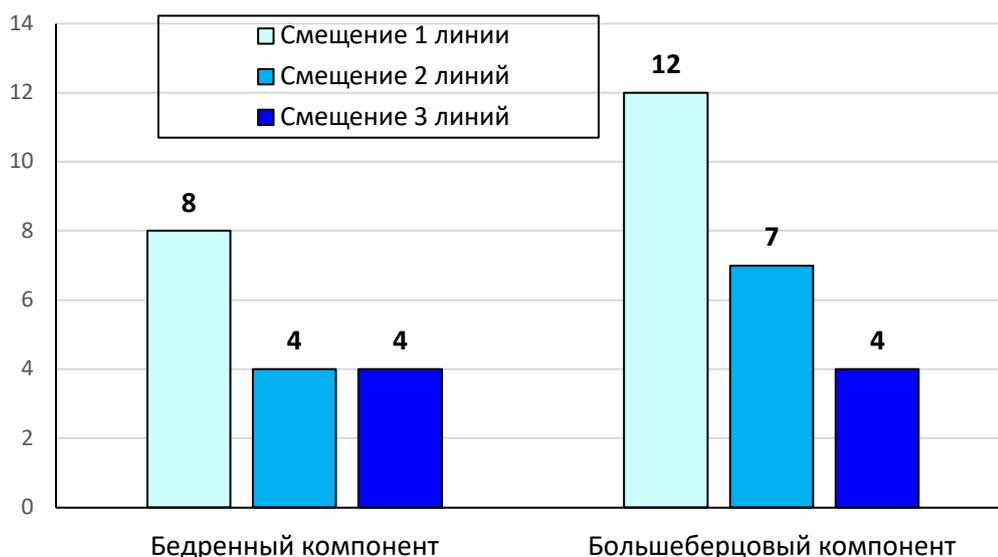


Рисунок 3.7 – Выявленные с помощью дМСКТ варианты смещения по линиям

Пациентам, у которых с помощью дМСКТ было выявлено расшатывание бедренного или большеберцового компонентов, выполнена операция рТЭКС, данные дМСКТ получили интраоперационное подтверждение всех случаях. В то же время отмечено 4 случая, когда по результатам дМСКТ компоненты эндопротеза были признаны стабильными, и на этом основании пациентам было отказано в операции рТЭКС. Они, согласно нашему алгоритму, были направлены на дополнительное обследование и консервативное лечение, однако, вследствие сохраняющихся болей и дисфункции, им все же было выполнено рТЭКС. В ходе операции выявлено расшатывание бедренного (2 случая) и большеберцового (2 случая) компонентов. Эти ошибки составили 1,9% от всех выполненных исследований.

Таким образом, предложенная техника дМСКТ для верификации расшатывания компонентов эндопротеза показала высокую результативность (98,1%) в отношении верификации причин болевого синдрома у пациентов после первичного ТЭКС и позволила уточнить показания к рТЭКС, которые были подтверждены интраоперационно. Тем не менее, в 4 случаях (1,9%) дМСКТ не позволила выявить расшатывание компонентов эндопротеза. Это может свидетельствовать о том, что не всегда при движениях в коленном суставе без нагрузки происходит смещение расшатанных компонентов эндопротеза по отношению к кости. Наши наблюдения позволяют рекомендовать методику дМСКТ для уточненной диагностики в тех случаях, когда традиционные методы обследования не позволяют уверенно определить показания к выполнению рТЭКС.

ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИКИ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА

В соответствии с дизайном исследования, в 1-ю группу наблюдения вошли 283 пациента, имеющие неинфекционные показания к рТЭКС. При оптимизации лечения пациентов этой группы мы решали следующие задачи:

- улучшение ориентации компонентов ревизионного эндопротеза;
- замещение протяженных костных дефектов;
- коррекция несостоятельности связочного аппарата коленного сустава;
- ревизионные операции при перипротезных переломах.

4.1. Ориентация компонентов ревизионного эндопротеза

Правильная ориентация компонентов ревизионного эндопротеза является одним из ключевых факторов успеха рТЭКС. В нашем исследовании одной из ведущих причин возникших у пациентов проблем, послужившей показанием к выполнению рТЭКС, в 70 случаях (16,4%) послужило клинически значимое нарушение пространственной ориентации компонентов эндопротеза при первичном эндопротезировании. При ревизионных операциях достижение оптимальной пространственной ориентации компонентов эндопротеза существенно усложняется ввиду дефицита костных ориентиров и проблем с мягкими тканями, возникшими на фоне неудовлетворительной функции первичного эндопротеза коленного сустава.

В своих наблюдениях мы сконцентрировали внимание на таких типичных проблемах как восстановление оптимального уровня суставной щели, сгибательного промежутка коленного сустава и ротации бедренного компонента.

4.1.1. Восстановление уровня суставной щели

Изменение уровня суставной щели является одной из частых проблем после эндопротезирования коленного сустава. Завышение уровня суставной щели (например, при избыточной дистальной резекции бедренной кости) приводит к низкому стоянию надколенника (*patella baja*) и несоответствию сгибательного и разгибательного промежутков коленного сустава, что, в свою очередь, клинически проявляется его тугоподвижностью и передними болями. Понижение уровня суставной щели (например, при недостаточной резекции бедренной кости) также нарушает биомеханику коленного сустава вследствие высокого стояния надколенника (*patella alta*) и дисбаланса промежутков. При рТЭКС достичь правильной ориентации суставной щели сложнее, чем при первичном ТЭКС, так как все резекции уже были выполнены ранее, и мы не можем уже ориентироваться на анатомические взаимоотношения, как в неоперированном коленном суставе. Чаще всего щель коленного сустава выставляют «на глаз», опираясь на оставшиеся костные ориентиры голени, рубец от мениска и т. д., однако при таком подходе даже у очень опытного хирурга могут случаться ошибки.

Нами была предложена методика прецизионного восстановления уровня суставной щели при рТЭКС и разработан инструмент для этого, на что получены патент на изобретение «Способ ревизионного эндопротезирования коленного сустава» № 2800022, приоритет изобретения от 15 июля 2022 года [64]; и патент на полезную модель «Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 217000, приоритет полезной модели от 15 июля 2022 года [61] (Рисунок 4.1).

Суть метода заключается в том, что в качестве ориентира для восстановления уровня суставной щели при рТЭКС использовали уровень суставной щели по отношению к верхушке головки малоберцовой кости с контралатеральной стороны – либо неоперированной (чаще всего), либо после выполненной операции ТЭКС при условии точно установленного и хорошо функционирующего эндопротеза.



Рисунок 4.1 – Патенты на изобретение № 2800022 (от 15.07.2022 г.) и полезную модель № 217000 (от 15.07.2022 г.)

При планировании операции на топограмме или откалиброванной рентгенограмме в прямой проекции контралатерального коленного сустава измеряли уровень суставной щели по отношению к головке малоберцовой кости (FHJL). Для этого проводили линию, проходящую через наиболее выступающие точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости, и от нее опускали перпендикуляр к верхушке головки малоберцовой кости. Длина этого перпендикуляра и составляла уровень суставной щели (FHJL) (Рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Определение уровня суставной щели по отношению к вершуске головки малоберцовой кости. FHJL=15 мм

Для восстановления необходимого уровня суставной щели при рТЭКС было разработано «Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава». Устройство состоит из цилиндрического стержня (длина 150 мм, диаметр 10 мм), который с помощью резьбы соединяли с примерочным стержнем эндопротеза. На стержень нанесена миллиметровая шкала. На второй стержень с помощью винтового зажима фиксируется щуп, состоящий из основания, представленного полым цилиндром, с внутренним диаметром равным диаметру второго стержня и расположенным перпендикулярно ему телескопическим щупом, первая часть которого представлена полым цилиндром наружным диаметром 7 мм, внутренним 2 мм, длиной 20 мм, вторая часть фиксируется в первой с помощью винтового зажима, имеет диаметр равный внутреннему диаметру первой части, длину 25 мм и изгиб под углом 120–140 градусов на расстоянии $\frac{3}{4}$ от начала второй части, так, чтобы нижняя часть щупа располагалась на уровне нижнего края полого цилиндра, который указывает расстояние на миллиметровой шкале (Рисунок 4.3).

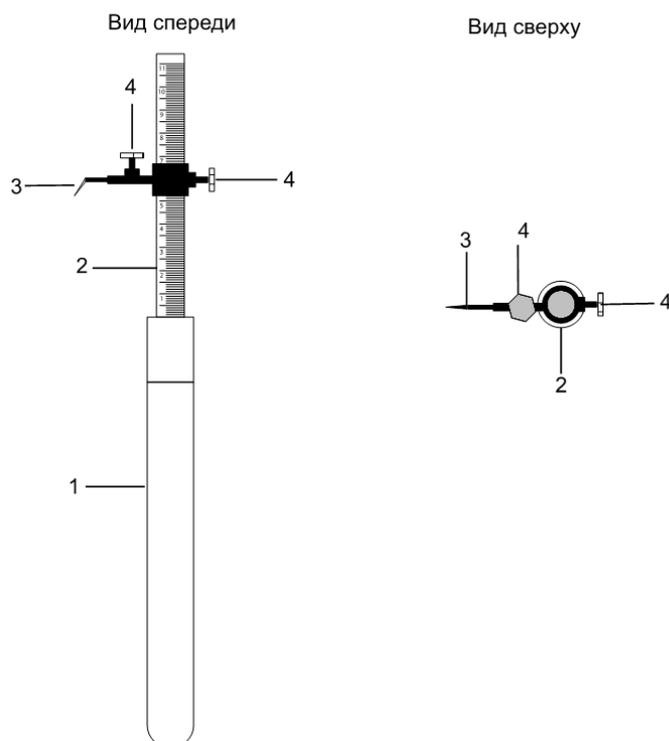


Рисунок 4.3 – Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава: 1 – примерочный стержень эндопротеза, 2 – стержень с миллиметровой шкалой, 3 – телескопический щуп, 4 – винтовые зажимы

Во время операции, после рассверливания канала большеберцовой кости и экономной резекции тибиального плато, это устройство на примерочном стержне устанавливали в канал большеберцовой кости. Щуп располагали на верхушке головки малоберцовой кости. По миллиметровой шкале определяли расстояние от уровня верхушки головки малоберцовой кости до уровня резекции большеберцовой кости (TLFH) (Рисунок 4.4).

Уровень суставной щели (JL) от уровня резекции большеберцовой кости рассчитывали как $JL = FHJL + TLFH$.

Толщина большеберцового компонента системы NexGen составляет 3 мм. Зная это и устанавливая полиэтиленовый вкладыш необходимой толщины, можно с точностью восстановить уровень суставной щели коленного сустава по здоровой стороне. Если максимальной толщины вкладыша недостаточно, то можно применить дополнительные металлические большеберцовые блоки для поднятия суставной щели.

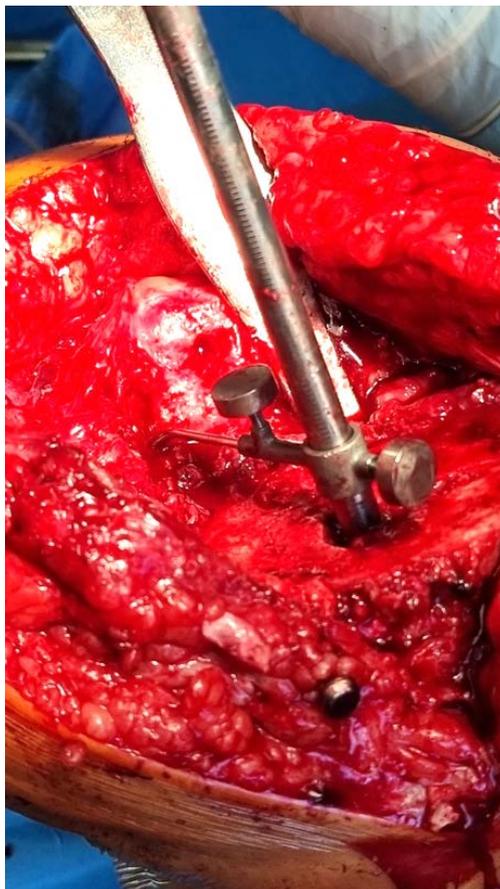


Рисунок 4.4 – Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава на примерочном стержне установлено в канал большеберцовой кости. Щуп расположен на верхушке головки малоберцовой кости. TLFH = 11 мм

4.1.2. Восстановление сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента

Положение бедренного компонента в аксиальной плоскости влияет на ширину и равномерность сгибательного промежутка, а также критично для правильной работы пателлофemorального сустава. Предложены разные ориентиры для правильного ротационного расположения бедренного компонента: задние отделы мыщелков бедренных костей, линия Whiteside и надмыщелки бедренной кости. При первичном эндопротезировании коленного сустава в качестве ориентира чаще всего используют задние отделы мыщелков бедренной кости, задавая на инструменте наружную ротацию (около 3°), принимая во внимание, что внутренний мыщелок всегда немного больше, чем наружный (Рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Определение размера и установка ротации бедренного компонента по задним отделам мыщелков бедренной кости (Zimmer Biomet. Persona. The Personalized Knee. Surgical Technique) [298]

Однако, при рТЭКС такое позиционирование использовать нельзя ввиду отсутствия костных ориентиров. Для правильного расположения бедренного компонента используют надмыщелки бедренной кости.

Нами была предложена методика регулируемой установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка и разработан инструмент, на что были получены патент на изобретение «Способ установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 2800021, приоритет изобретения от 08 июля 2022 года; и патент на полезную модель «Устройство для установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 216034, приоритет полезной модели от 08 июля 2022 года (Рисунок 4.6) [60].



Рисунок 4.6 – Патенты на изобретение № 2800021 (от 08 июля 2022 г.) и на полезную модель № 216034 (от 08 июля 2022 г.)

В качестве ориентира, как и при установке разгибательного промежутка, использовали контралатеральную сторону. На компьютерной томограмме проводили линию через наиболее задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости и опускали к этой линии перпендикуляры от наружного и внутреннего надмыщелков (Рисунок 4.7). При наличии хорошо функционирующего эндопротеза с контралатеральной стороны в качестве ориентиров использовали наиболее задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренного компонента эндопротеза.

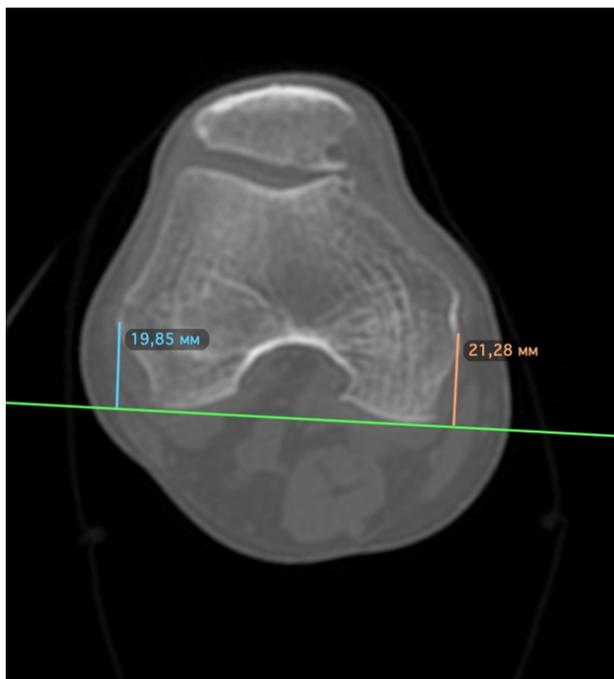


Рисунок 4.7 – Определение расположения сгибательного промежутка относительно надмыщелков бедренной кости. Расстояние от наружного надмыщелка составляет 20 мм, от внутреннего надмыщелка – 21 мм

Для установки уровня сгибательной щели и ротации бедренного компонента строго параллельно межнадмыщелковой линии было предложено следующее устройство.

Инструмент представляет собой корпус прямоугольной формы, в центральной части верхней поверхности которого выполнен направляющий элемент, а на задней поверхности корпуса по краям длинной стороны прикреплены винтовым соединением к корпусу цапки, установленные с возможностью выдвижения, при этом в направляющем элементе установлена с возможностью перемещения Т-образная планка, в передней части которой расположена сквозная прорезь для резекции, а на другой части планки нанесена миллиметровая шкала. Кроме того, в направляющем элементе выполнены отверстия для фиксации его пинами к бедренной кости (Рисунок 4.8).

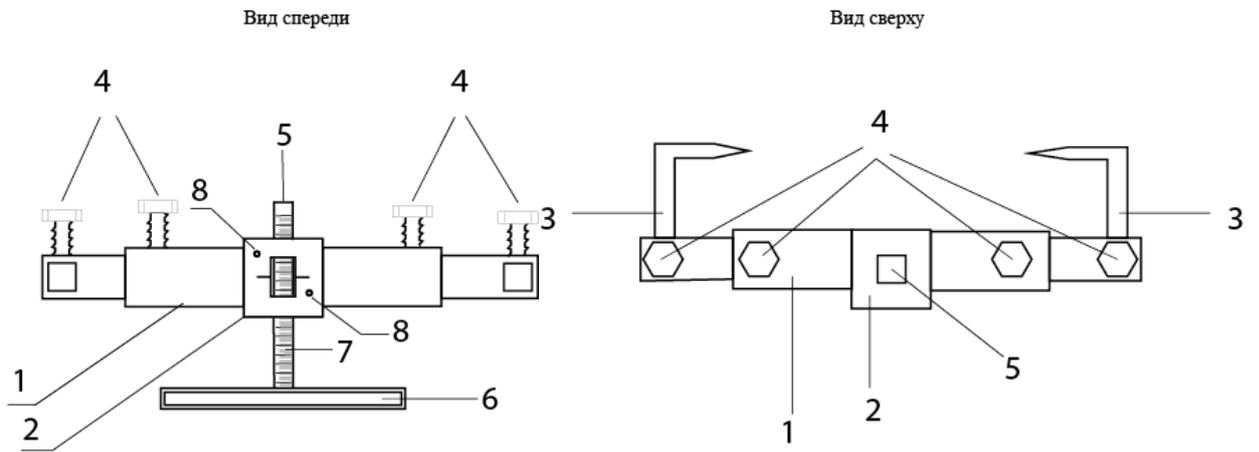


Рисунок 4.8 – Устройство для установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава и расположение его на бедренной кости: 1 – корпус устройства, 2 – направляющий элемент корпуса, 3 – выдвижные цапки, 4 – винтовые зажимы, 5 – Т-образная планка, 6 – сквозная прорезь, 7 – миллиметровая шкала, 8 – отверстия для пинов

Во время операции устройство располагали на бедренной кости, фиксируя цапки на наружном и внутреннем надмыщелках. С помощью миллиметровой шкалы устанавливали планку на рассчитанный уровень по здоровой стороне, принимая во внимание толщину задних отделов бедренного компонента (обычно 9 мм) (Рисунок 4.9).

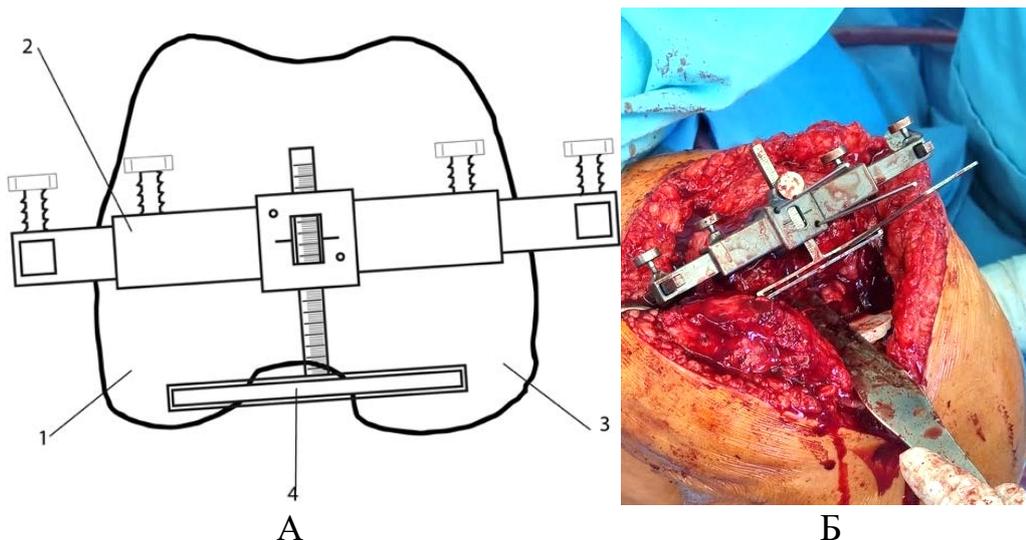


Рисунок 4.9 – Расположение устройства на кости. А – схема: 1 – наружный мыщелок бедренной кости, 2 - устройство, 3 – внутренний мыщелок бедренной кости, 4 – прорезь для пилы. Б – интраоперационное применение: устройство расположено на надмыщелках бедренной кости и дополнительно фиксировано спицами; прорезь выдвинута на рассчитанную длину

При ревизионных операциях применение данного устройства имеет свои особенности. Прорезь для пилы предназначена для задней резекции бедренной кости с заданием правильной ротации компонента и необходимого уровня сгибательного промежутка. Однако, как уже говорилось ранее, при рТЭКС чаще приходится не резецировать кость, а напротив, восполнять ее дефицит. В этом случае устройство служит для проверки правильности расположения ревизионного бедренного компонента эндопротеза, на основании чего можно провести соответствующую коррекцию (Рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Определение положения бедренного компонента с помощью устройства

4.1.3. Результаты лечения пациентов 1-й группы и их оценка

Результаты позиционирования компонентов эндопротеза были прослежены у 283 пациентов 1-й группы наблюдения, имевших неинфекционные показания к рТЭКС. Традиционную технику операции применили у 131 пациента контрольной подгруппы (1-К), а разработанные нами методики, подтвержденные патентами РФ, были применены у 152 пациентов основной подгруппы (1-О). Обе подгруппы были сопоставимы по возрасту и полу (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Распределение пациентов 1-й группы по полу и возрасту

Группы	Подгруппа 1-О (основная)	Подгруппа 1-К (контрольная)	Всего	p (сравнение основной и контрольной групп)
Пациенты	152	131	283	
Возраст (лет)	68±9,9	68,4±8,6	68,2±9,3	0,88
Мужчины	33 (21,7%)	37 (28,2%)	70 (24,7%)	0,353
Женщины	119 (78,3%)	94 (71,8%)	213 (75,3%)	0,353

В подгруппе 1-О количество пациентов с асептическим расшатыванием компонентов эндопротеза было на 24 человека больше (в 1,5 раза), чем в подгруппе 1-К. Прочие показания к рТЭКС в подгруппах распределились практически поровну (Рисунок 4.11).

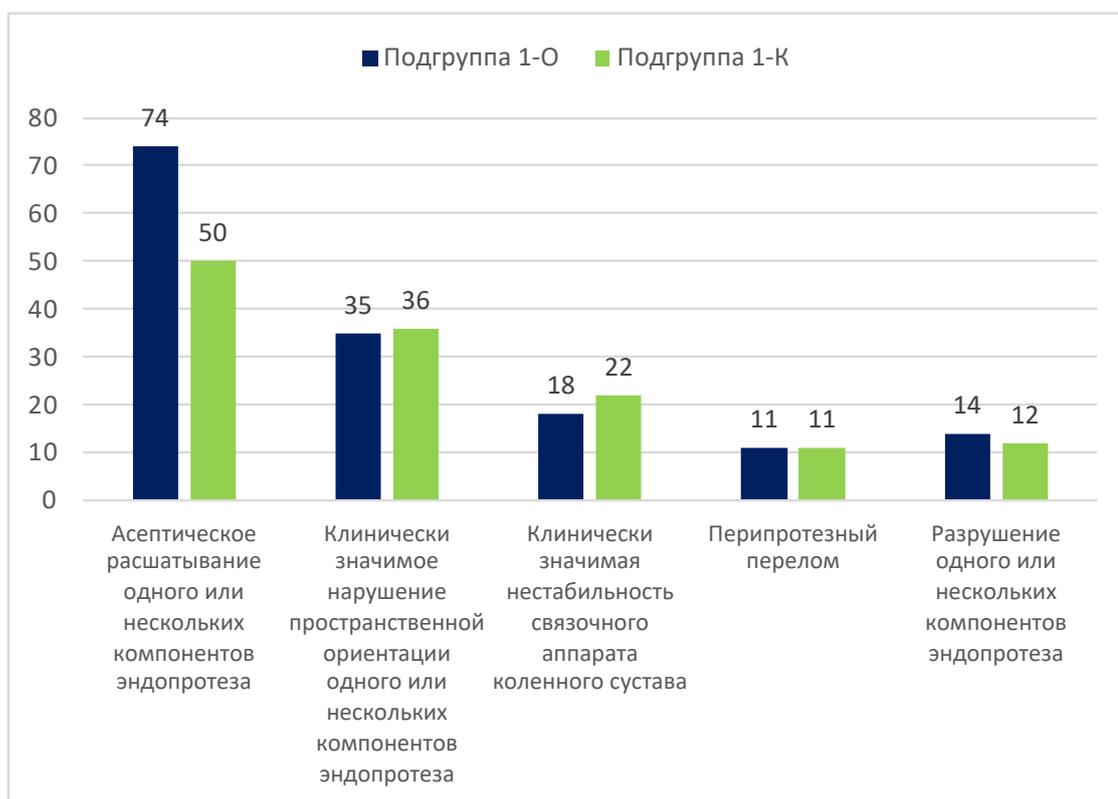


Рисунок 4.11 – Показания к выполнению рТЭКС у пациентов 1-й группы (количество пациентов)

Среди пациентов подгруппы 1-О у 19 пациентов (12,5%) выполняли только контролируемое восстановление уровня суставной щели, так как отсутствовали один или оба надмыщелка бедренной кости. 7 пациентам (4,6%) выполняли только контролируемое восстановление сгибательного промежутка и ротации бедренного

компонента, так как частично или полностью отсутствовала головка малоберцовой кости. Остальным 126 пациентам (82,9%) выполняли оба этапа.

Среди пациентов подгруппы 1-К откалиброванные рентгенограммы и МСКТ коленного сустава с контралатеральной стороны удалось исследовать, проведя соответствующие измерения, у 31 пациента (23,7%), а только рентгенограммы – еще у 15 пациентов (11,5%).

Средний срок оценки результатов пациентов 1-й группы составил $32,5 \pm 12,2$ месяца (минимум 14 месяцев).

Результаты измерения уровня суставной щели по отношению к головке малоберцовой кости и расстояния от сгибательного промежутка до надмыщелков бедренной кости отображены в Таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Уровень суставной щели по отношению к головке малоберцовой кости и расстояние от сгибательного промежутка до надмыщелков бедренной кости (в миллиметрах)

Показатель	Подгруппа 1-О			Подгруппа 1-К		
	Муж	Жен	Все	Муж	Жен	Все
FHJL*	16,1±3,1	14,1±3,2	14,8±3,3	16,7±3,3	15,1±3,4	15,6±3,4
LEFG**	23,1±3,1	19,6±3,3	20,8±3,6	22,7±2,6	20,7±2,6	21,3±2,8
MEFG***	25±3,2	20,8±3,7	22,3±4,1	25,4±2,7	21,6±2,8	22,8±3,3

Примечание: * FHJL – расстояние от верхушки головки малоберцовой кости до линии, проходящей через наиболее выступающие дистальные точки мыщелков бедренной кости при разогнутом коленном суставе; ** LEFG – расстояние от наружного надмыщелка до линии, проходящей через самые задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости, *** MEFG – расстояние от внутреннего надмыщелка до линии, проходящей через самые задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости

Как видно из Таблицы 4.2, расстояния от внутреннего надмыщелка бедренной кости до сгибательного промежутка были несколько больше, чем расстояния от наружного надмыщелка. Это объясняется анатомическими особенностями бедренной кости (внутренний мыщелок несколько больше наружного) и физиологическим наклоном суставной щели коленного сустава. Обратная ситуация (LEFG больше, чем MEFG) отмечена только у 5 пациентов.

При выполнении рТЭКС мы всегда использовали строгую ориентацию бедренного компонента эндопротеза параллельно межнадмыщелковой линии, то

есть $LEFG = MEFG$. Поэтому, в случаях неравенства этих показателей в неоперированном коленном суставе, мы всегда использовали больший из них.

На рентгенограммах, топограммах и МСКТ после операции расстояния измеряли аналогичным образом. Отличие заключалось лишь в том, что уровень суставной щели и сгибательного промежутка определяли уже не суставные поверхности мыщелков бедренной кости, а металлический бедренный компонент (Рисунок 4.12).

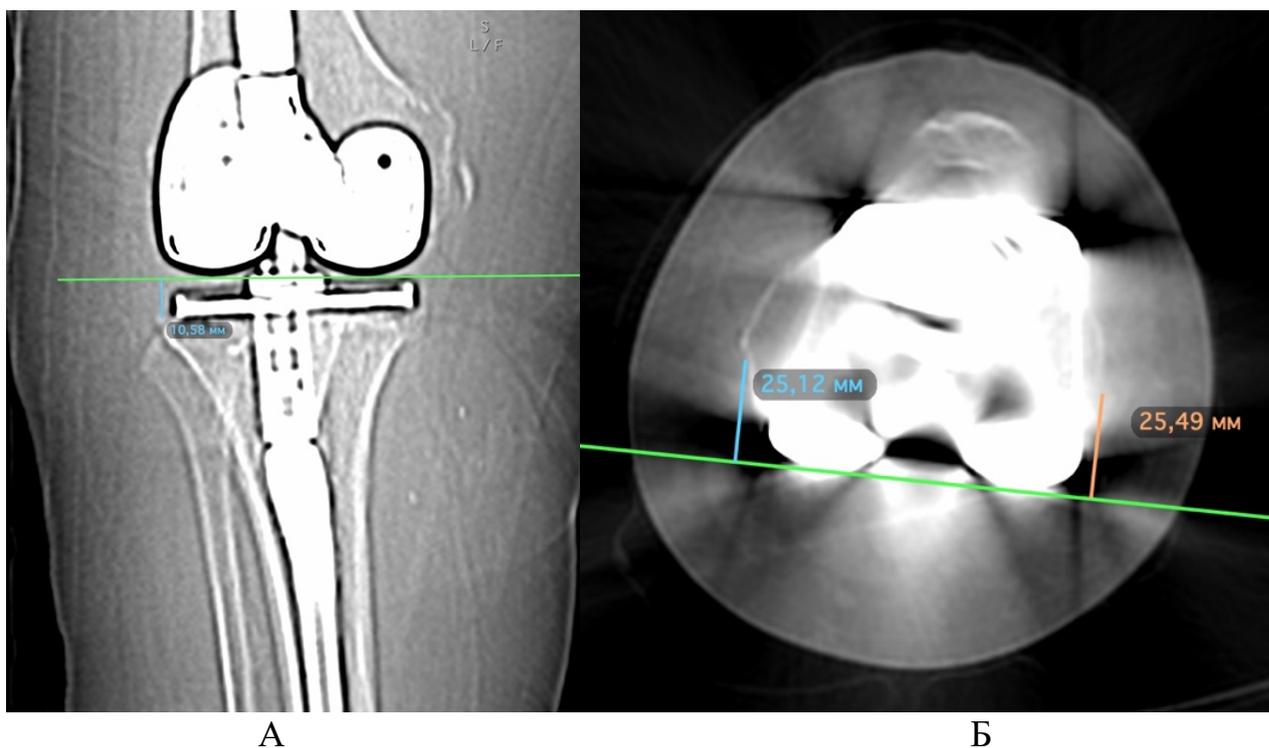


Рисунок 4.12 – Измерения после рТЭКС: А – уровень суставной щели $FHJL = 11$ мм; Б – уровень сгибательного промежутка $LEFG = MEFG = 25$ мм

Кроме того, после рТЭКС мы измеряли ротационное положение бедренного компонента эндопротеза, определяя угол между линией, проходящей через надмыщелки бедренной кости, и линией, проходящей через самые задние точки бедренного компонента (Рисунок 4.13).

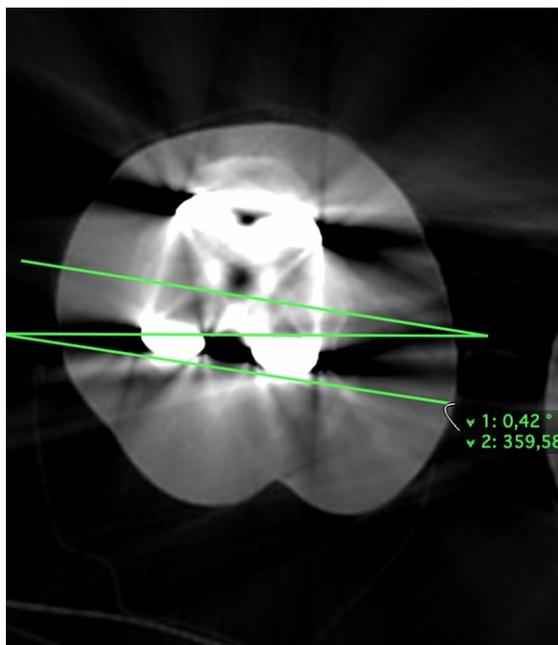


Рисунок 4.13 – Определение ротационного положения бедренного компонента после рТЭКС. Компонент расположен параллельно междышечковой линии

В подгруппе 1-О отклонение FHJL, MEFG и LEFG после рТЭКС по сравнению с результатами, полученными на контралатеральном суставе, были статистически значимо меньше (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Отклонения средних значений исследуемых параметров после рТЭКС у пациентов 1-й группы по сравнению с контралатеральным суставом

Разница расстояний в мм	Подгруппа 1-О	Подгруппа 1-К	p
FHJL	1,3±1,5	3,5±2,6	< 0,01
MEFG (5 случаев LEFG)	1,6±1,2	2,5±1,5	< 0,01

Также был проведен анализ отклонения ротации бедренного компонента от междышечковой линии после рТЭКС. В подгруппе 1-О среднее отклонение от междышечковой линии составило $0,6 \pm 1^\circ$, в подгруппе 1-К $2,1 \pm 1,7^\circ$ – разница составила $1,5^\circ$ ($p < 0,01$).

Таким образом, при анализе рентгенограмм и компьютерных томограмм контралатеральных коленных суставов, а также топограмм и компьютерных томограмм коленных суставов после рТЭКС, можно сделать вывод о том, что предлагаемые нами методики восстановления уровня суставной щели,

сгибательного промежутка и ротационного положения бедренного компонента эндопротеза оказались точнее по сравнению со стандартными методиками.

Мы провели анализ амплитуды движений в коленном суставе в основной и контрольной группах до и после рТЭКС. Полное разгибание отмечали, как 0°, сгибание обозначали в градусах от полного разгибания. Гиперекстензию отмечали, как отрицательный градус (-х°), сгибательную контрактуру – как положительный градус. Измерения проводили гониометром, результаты ранжировали с шагом в 5° (Таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Средние показатели амплитуды движений до и после рТЭКС у пациентов 1-й группы

Группа	Подгруппа 1-О		Подгруппа 1-К		p*
	До операции	После операции	До операции	После операции	
Разгибание	1,55±6	0,2±2,5	1,2±8,7	0,6±3,2	0,25
Сгибание	66,9±33	107,9±17,6	70±33,1	103,7±17,1	0,03

Примечание: * сравнение результатов основной и контрольной групп после операции

Таким образом, в подгруппе 1-О было достигнуто статистически значимое увеличение объема сгибания по сравнению с подгруппой 1-К. В отношении разгибания статистически значимых отличий отмечено не было.

Мы провели анализ результатов лечения по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 (Таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Средние показатели шкал-опросников до и после рТЭКС у пациентов 1-й группы (в баллах)

Группа	Подгруппа 1-О		Подгруппа 1-К	
	До операции	После операции	До операции	После операции
ВАШ	8,3±1,5	1,3±1,9	8,4±1,5	1,4±1,9
WOMAC	67,6±17,3	14,2±11,3	68,2±17,6	18,2±13,1
OKS	44±9,9	20,5±7,7	44,4±10	24,8±9,5
FJS-12	40,3±5,8	11,7±9,4	40,3±5,7	14,9±11,4

Уровень боли по ВАШ после операции снизился по сравнению с начальным уровнем в подгруппе 1-О в 6,4 раза, а в подгруппе 1-К в 6 раз, перейдя из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль»; статистически

значимых отличий этих показателей между подгруппами не было ($p = 0,9$) (Рисунок 4.14).

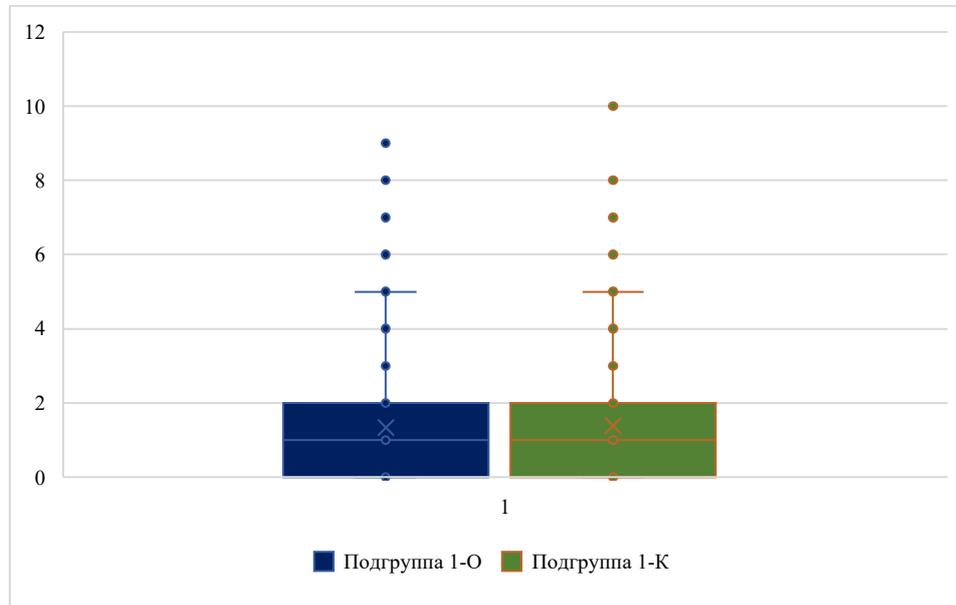


Рисунок 4.14 – Средние показатели болевого синдрома (в баллах по ВАШ) у пациентов 1-й группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале WOMAC в подгруппе 1-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 4,8 раза, а в подгруппе 1-К в 3,7 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 4,0 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$) (Рисунок 4.15).

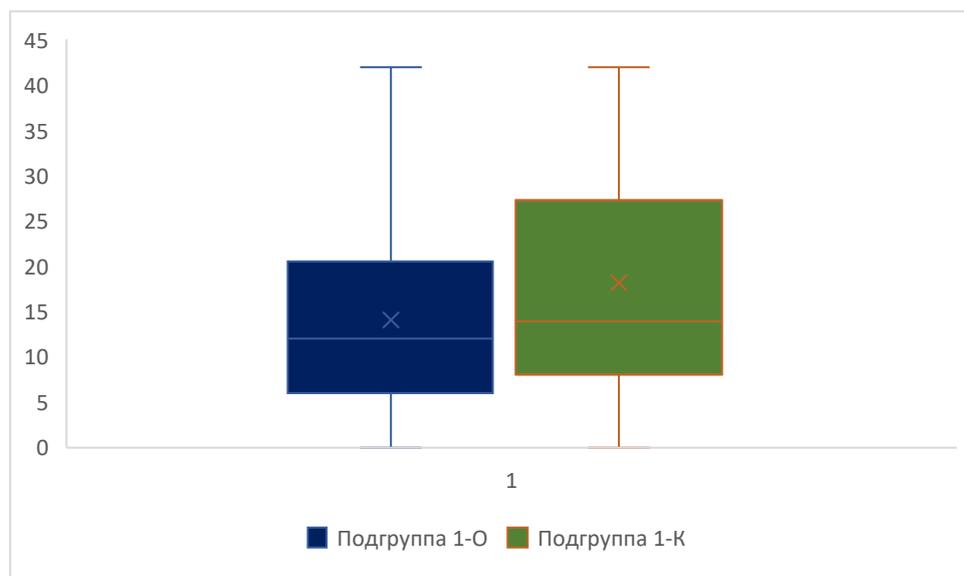


Рисунок 4.15 – Средние показатели шкалы WOMAC (в баллах) у пациентов 1-й группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале OKS в подгруппе 1-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 2,1 раза, а в подгруппе 1-К в 1,8 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 4,3 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$) (Рисунок 4.16).

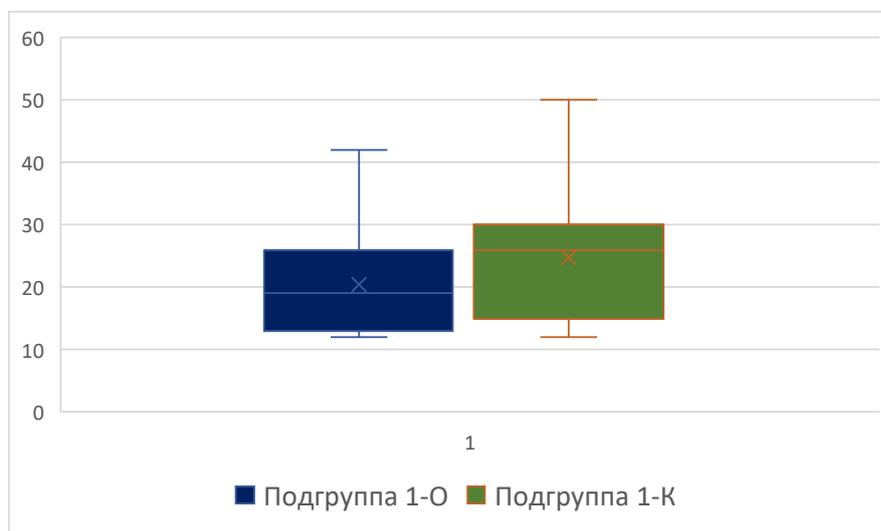


Рисунок 4.16 – Средние показатели шкалы OKS (в баллах) у пациентов 1-й группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале FJS-12 в подгруппе 1-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,4 раза, а в подгруппе 1-К в 2,7 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 3,2 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$) (Рисунок 4.17).

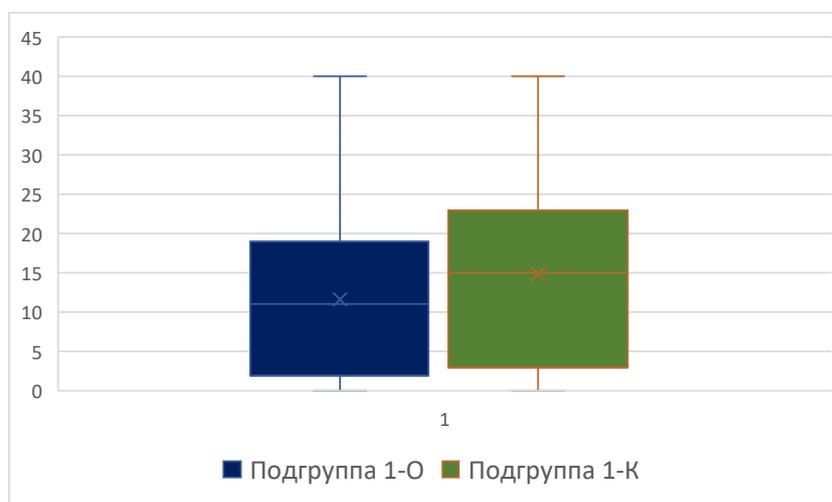


Рисунок 4.17 – Средние показатели шкалы FJS-12 (в баллах) у пациентов 1-й группы после рТЭКС

Таким образом в подгруппе 1-О, где пациентам в ходе операции применили разработанные нами методики, при одинаковом уровне снижения болевого синдрома были достигнуты статистически значимо лучшие результаты по всем шкалам оценки функционального состояния оперированных суставов (WOMAC, OKS и FJS-12).

4.1.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 1-О)

Пациентка П.Т.А., 68 лет, рост 164 см, вес 86 кг, ИМТ = 32 кг/м². Из анамнеза: в 2018 году по поводу правостороннего гонартроза III выполнено ТЭКС справа эндопротезом DePuy PFC Sigma. В нашу клинику пациентка обратилась в октябре 2020 года с жалобами на постоянные боли в переднем отделе правого коленного сустава, усиливающиеся при нагрузке, и ограничение движений в правом коленном суставе.

При осмотре: послеоперационный рубец по передней поверхности правого коленного сустава без воспалительных изменений. Ось правой нижней конечности правильная, признаков несостоятельности связочного аппарата не выявлено. Предоперационная оценка по шкалам: ВАШ = 8 баллов (сильная боль), WOMAC = 70 баллов (неудовлетворительный результат), OKS = 47 баллов, FJS-12 = 36 баллов.

При проверке объема движений: сгибательная контрактура 5° и сгибание до 70°. На рентгенограммах коленного сустава обращает на себя внимание patella baja, индекс Insall-Salvati = 0,6 (Рисунок 4.18).

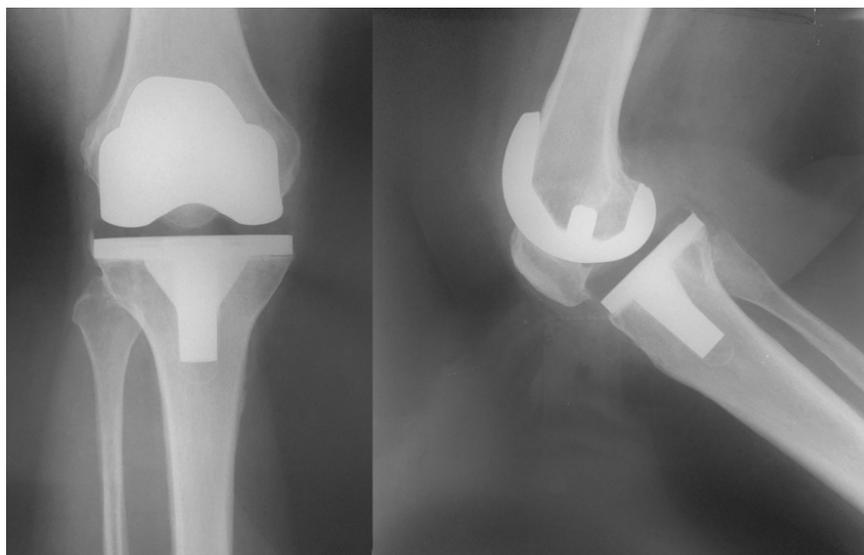


Рисунок 4.18 – Рентгенограммы пациентки П. Т. А. перед операцией

При анализе топограммы: варусное отклонение оси нижней конечности -2° , LDFA = 92° , МРТА = 90° (Рисунок 4.19).

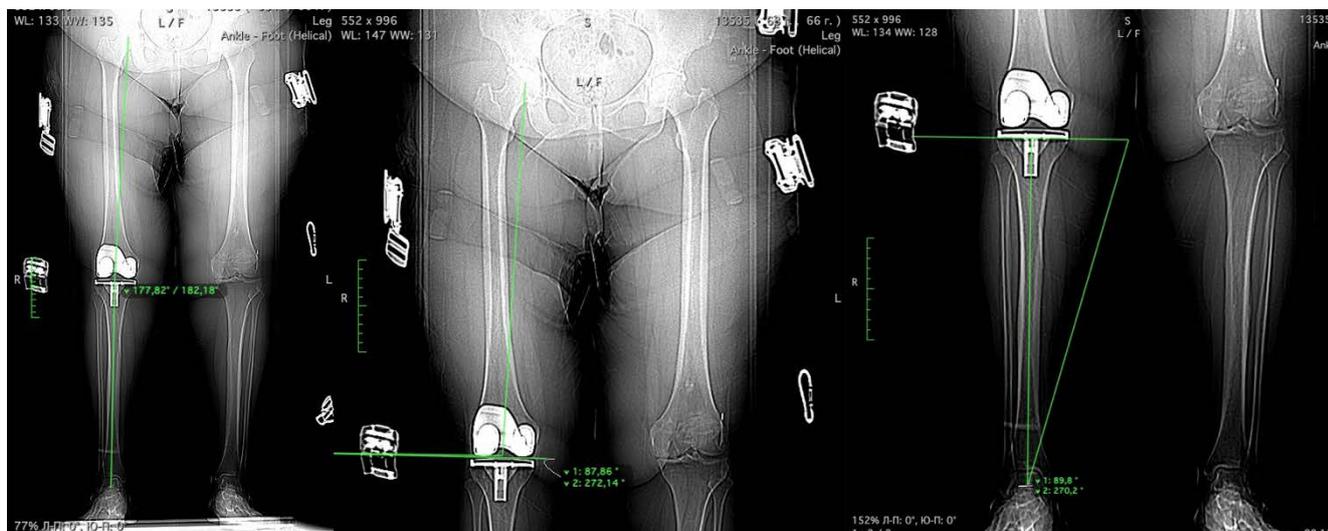


Рисунок 4.19 – Пациентка Т.П.А. Топограмма перед операцией

Также в рамках исследования был проведен анализ топограммы контралатеральной нижней конечности и КТ контралатерального коленного сустава. FHJL = 13 мм, MEFG = 24 мм (Рисунок 4.20).



Рисунок 4.20 – Оценка топограммы и КТ пациентки П.Т.А. с контралатеральной стороны

10 ноября 2020 года пациентке было выполнено рТЭКС справа. Компоненты первичного эндопротеза удалены. Во время операции использованы «Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава» и «Устройство для установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава». Установлен эндопротез Zimmer NG LССК с заменой суставной поверхности надколенника (Рисунок 4.21).

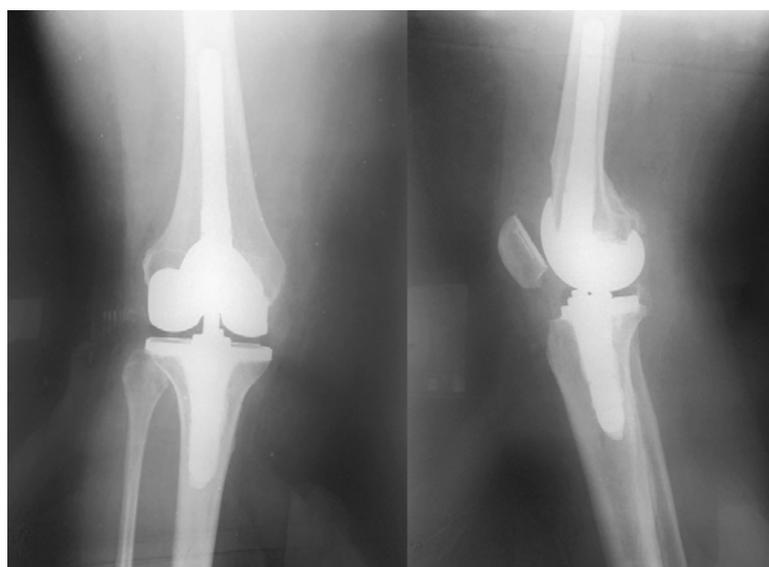


Рисунок 4.21 – Пациентка П.Т.А. Рентгенограммы после рТЭКС.
Индекс Insall-Salvati = 1

При анализе послеоперационных топограмм и КТ: FHJL = 13 мм, MEFG = 24 мм, ротация бедренного компонента соответствует межнадмыщелковой линии (Рисунок 4.22).

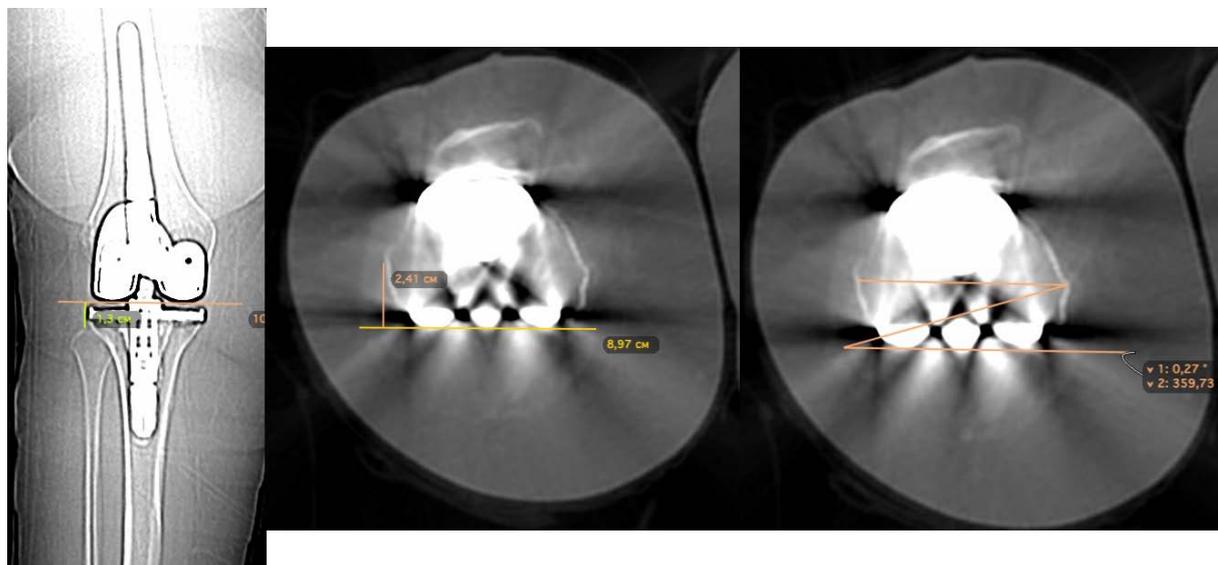


Рисунок 4.22 – Пациентка П.Т.А. Топограмма и МСКТ после рТЭКС

Спустя 14 месяцев после рТЭКС: разгибание полное, сгибание 125°. По шкалам: ВАШ = 2 балла, WOMAC = 9 баллов (отличный результат), OKS = 15 баллов, FJS-12 = 7 баллов (Рисунок 4.23).

Следует отметить, что при заполнении шкал пациентка акцентировала внимание только на правом коленном суставе. Планируется этапное лечение – первичное ТЭКС слева.



Рисунок 4.23 – Пациентка П.Т.А., 14 месяцев после операции

4.1.5. Осложнения у пациентов 1-й группы

Всего у пациентов 1-й группы отмечено 8 осложнений (2,8%), потребовавших повторного вмешательства: 5 в подгруппе 1-О и 3 – в подгруппе 1-К (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Осложнения у пациентов 1-й группы

Осложнение	Подгруппа 1-О	Подгруппа 1-К
Перипротезная инфекция	3 (1,9%)	2 (1,6%)
Асептическое расшатывание бедренного компонента	1 (0,7%)	0
Асептическое расшатывание тиббиального компонента	0	1 (0,8%)
Повреждение аутотрансплантата подколенной артерии	1 (0,7%)	0

Среди 5 пациентов с перипротезной инфекцией в двух случаях была отмечена ранняя инфекция (до 1 месяца после рТЭКС); им была проведена санация сустава с заменой полиэтиленового вкладыша. Трем пациентам по поводу более позднего развития перипротезной инфекции проведено двухэтапное рТЭКС. В дальнейшем рецидива инфекции у этих пациентов отмечено не было. По поводу асептического расшатывания компонентов эндопротеза двум пациентам проведено рТЭКС.

Приведен *клинический пример* опасного осложнения, которое потребовало проведения повторной экстренной операции через 30 минут после рТЭКС.

Пациентка Я.Л.М., 76 лет. Из анамнеза: в мае 2020 года по поводу правостороннего гонартроза III стадии пациентке было выполнено тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. В выписном эпикризе пациентки было отображено, что спустя 12 часов после операции ввиду острой артериальной недостаточности она была переведена в другой стационар, где сосудистыми хирургами был диагностирован разрыв подколенной артерии и было выполнено шунтирование трансплантатом из большой подкожной вены. К нам пациентка обратилась с неопороспособной правой нижней конечностью, со сгибательной

контрактурой 90°. На рентгенограммах отмечался вывих голени на фоне протезированного коленного сустава (Рисунок 4.24).



Рисунок 4.24 – Пациентка Я.Л.М. Рентгенограммы перед рТЭКС

07 июня 2021 года пациентке было выполнено рТЭКС. Произведено контролируемое восстановление уровня суставной щели, сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента, однако при примерочном вправлении эндопротеза Zimmer NG RHK сохранялась сгибательная контрактура. Были увеличены дистальная резекция бедренной кости и проксимальная резекция большеберцовой кости. Во время проведения релиза задней капсулы отмечено артериальное кровотечение, вызваны сосудистые хирурги, которые выполнили гемостаз, установлен эндопротез Zimmer NG RHK, однако сохранялась остаточная сгибательная контрактура около 20° (Рисунок 4.25).

После ушивания раны по данным УЗДГ выявлено отсутствие кровотока в артериях правой голени. Было принято решение о повторном шунтировании подколенной артерии аутовеной. Доступ к задней большеберцовой артерии был выполнен по внутренней поверхности голени и параллельно дистальной части основному доступу к коленному суставу. Это привело к формированию некроза мягких тканей между ними и проблемам с заживлением раны в зоне сосудистого доступа, что вызвало необходимость санации и иссечения некроза в зоне сосудистого доступа.



Рисунок 4.25 – Пациентка Я.Л.М. Рентгенограмма в боковой проекции после рТЭКС

Ввиду плохого кровоснабжения и бесперспективности пластических мероприятий некроз между двумя рубцами лечили консервативно. Эпителизация зоны некроза между рубцами отмечена только через 8 месяцев после рТЭКС и повторного шунтирования подколенной артерии справа. Признаков перипротезной инфекции нет, но сохраняется сгибательная контрактура правого коленного сустава 30° . Пациентка отмечает улучшение, однако может передвигаться только с дополнительной опорой на костыли (Рисунок 4.26).

Данное осложнение не связано с примененными методиками рТЭКС и вызвано сложной клинической ситуацией (застарелый вывих голени, выраженная контрактура, ранее выполненное шунтирование подколенной артерии). Очевидно, при планировании операции у пациентки следовало большее внимание уделить вероятным рискам в этом конкретном случае. Возможно, следовало рассмотреть вариант ампутации конечности с последующим экзопротезированием.



А

Б

Рисунок 4.26 – Пациентка Я.Л.М.: А – некрозы мягких тканей после повторного шунтирования подколенной артерии; Б – эпителизация в зоне некроза, сохраняется контрактура

4.2. Аутопластика связки надколенника

4.2.1. Описание методики

Одним из тяжелых, трудно поддающихся лечению осложнений тотального эндопротезирования коленного сустава является повреждение связки надколенника. Предложены различные варианты пластики хронических повреждений связки надколенника, имеющие свои недостатки и преимущества. Применение синтетических и аллопластических материалов ассоциировано с высоким риском развития перипротезной инфекции. Применение аутопластических материалов, таких как сухожилия тонкой и полусухожильных мышц, часто связано с несостоятельностью трансплантата ввиду значительных перегрузок в этой зоне. Это и привело нас к разработке нового метода пластики связки надколенника. На данный метод получен патент на изобретение № 2791888 «Способ аутопластики связки надколенника», приоритет изобретения от 29 марта 2022 года (Рисунок 4.27).



Рисунок 4.27 – Патент на изобретение «Способ аутопластики связки надколенника»

В качестве трансплантата использовали сухожилия двух длинных малоберцовых мышц справа и слева. После установки компонентов ревизионного эндопротеза коленного сустава разрезом длиной 1–1,5 см в проекции сухожилия длинной малоберцовой мышцы на уровне около 5 см выше верхушки наружной лодыжки осуществляли доступ к сухожилию, которое выделяли. Сухожилие пересекали максимально дистальнее и прошивали (Рисунок 4.28).

С помощью хирургического стриппера, продвигаемого проксимально, сухожилие отсекали от мышечной части. Проксимальный край сухожилия также прошивали. Таким образом получали сухожильный трансплантант длиной около 200 мм, диаметром около 4–5 мм (Рисунок 4.29).

Аналогичным образом забирали сухожилие длинной малоберцовой мышцы с контралатеральной стороны.



Рисунок 4.28 – Выделение и прошивание сухожилия длинной малоберцовой мышцы



Рисунок 4.29 – Трансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы

В средней и нижней частях надколенника делали два поперечных канала сверлом, диаметром равным диаметру одного из взятых сухожилий. Сухожилия проводили через эти отверстия так, чтобы с обеих сторон оставались равные части трансплантатов. На расстоянии 5–10 мм медиально и латерально от бугристости в зависимости от размеров большеберцовой кости, сверлом с диаметром, равным диаметру сложенных вместе двух сухожилий, дистально косо проводили два сквозных отверстия с прохождением противоположной кортикальной кости. Концы обоих сухожилий проводили через эти отверстия, натягивали с помощью нитей и фиксировали интерферентными винтами, диаметром равными диаметру отверстий (Рисунок 4.30, Рисунок 4.31).

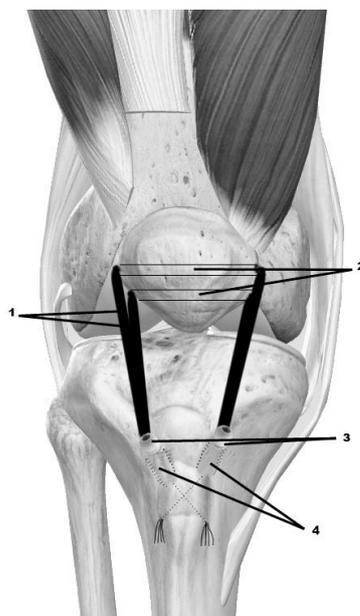
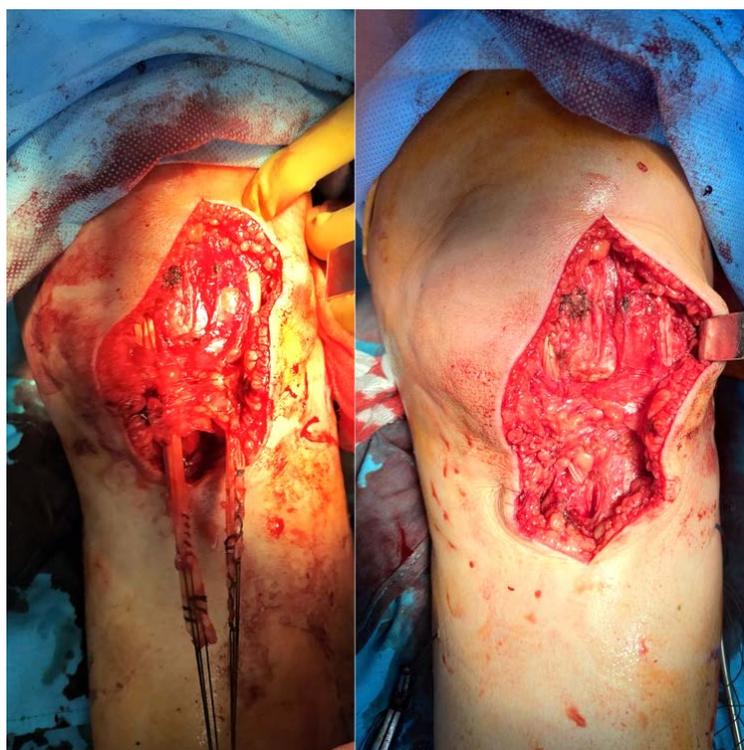


Рисунок 4.30 – Способ аутопластики связки надколенника (схема):
 1 – сухожилия длинных малоберцовых мышц, 2 – поперечные каналы в надколеннике, 3 – косые каналы в большеберцовой кости,
 4 – интерферентные винты



А

Б

Рисунок 4.31 – Аутопластика хронического повреждения связки надколенника двумя сухожилиями длинных малоберцовых мышц. А – оба сухожилия протянуты через поперечные каналы в надколеннике. Б – сухожилия протянуты в косые каналы в большеберцовой кости, натянуты и фиксированы винтами; медиальный разрез капсулы ушит, разгибательный аппарат полностью восстановлен

4.2.2. Характеристика пациентов

В 3-ю дополнительную группу вошли 13 пациентов. В 6 случаях, начиная с января 2017 года, применили разработанный метод аутопластики связки надколенника. Эти 6 пациентов составили основную подгруппу (3-О). Контрольную подгруппу (3-К) составили 7 пациентов, оперированные до 2017 года с применением других методов пластики связки надколенника. Пациенты с пластикой связки надколенника без выполнения рТЭКС в исследование включены не были.

Средний возраст пациентов 3-й дополнительной группы составил $65,5 \pm 11,9$ лет, среди них было 9 женщин (69,2%) и 4 мужчины (30,8%).

У 10 пациентов (76,9%) несостоятельность связки надколенника отмечена на фоне перипротезной инфекции, что могло быть связано с неоднократными хирургическими вмешательствами после первичного ТЭКС и лизисом связки на фоне гнойного процесса. Только у 3 пациентов (23,1%) между первичным ТЭКС и рТЭКС с пластикой связки надколенника не было ни одного вмешательства на коленном суставе. У 6 пациентов (46,2%) после первичного ТЭКС было более одного хирургического вмешательства на оперированном коленном суставе. У 2 пациентов (15,4%) хроническая несостоятельность связки надколенника развилась на фоне расшатывания большеберцового компонента. У 1 пациентки повреждение разгибательного аппарата сопровождалось выраженным ограничением сгибания коленного сустава до 30° на фоне внутренней мальротации компонентов эндопротеза и patella baja.

4.2.3. Результаты лечения пациентов 3-й группы

Средний срок наблюдения за пациентами 3-й дополнительной группы составил $36,6 \pm 13,1$ месяцев (минимум 23 месяца).

После выполненной операции рТЭКС в подгруппе 3-О отмечена меньшая частота перипротезной инфекции: 1 случай против 3 в подгруппе 3-К, причем в

подгруппе 3-О отмечен рецидив перипротезной инфекции, а в подгруппе 3-К – 2 случая рецидива, и один случай инфекции, развившейся впервые у пациентки, которая проходила лечение по поводу асептического расшатывания большеберцового компонента эндопротеза с пластикой связки надколенника аллотрансплантатом ($p = 0,58$).

Дальнейший сравнительный анализ проводили только у пациентов без рецидива или вновь выявленной перипротезной инфекции. Дефицит активного разгибания распределился следующим образом: в подгруппе 3-О средние значения составили $3 \pm 2,7^\circ$, в подгруппе 3-К – $11,3 \pm 7,5^\circ$ ($p = 0,16$).

По шкале ВАШ в подгруппе 3-О средний результат был $1,5 \pm 0,6$ балла; в подгруппе 3-К – $2,7 \pm 1,2$ ($p = 0,13$).

Средний балл по шкале WOMAC в подгруппе 3-О составил $17 \pm 8,1$; в подгруппе 3-К – $29 \pm 8,2$ ($p = 0,11$).

Средний балл по шкале OKS в подгруппе 3-О составил $20,8 \pm 6,9$; в подгруппе 3-К – $21,7 \pm 7,4$ ($p = 0,9$).

Средний балл по шкале FJS в подгруппе 3-О составил $13,8 \pm 5,2$, в подгруппе 3-К – $16,7 \pm 9,9$ ($p = 0,63$).

Таким образом, у пациентов с применением нового метода аутопластики связки надколенника сухожилиями длинных малоберцовых мышц во время рТЭКС отмечен меньший риск возникновения или рецидива глубокой перипротезной инфекции коленного сустава, меньший дефицит активного разгибания, лучшие результаты по шкалам ВАШ, WOMAC и FJS-12 и практически одинаковый результат по шкале OKS по сравнению с пациентами, у которых применялись другие методы пластики надколенника (аллопластика трансплантатом с костными блоками, аутопластика сухожилиями полусухожильной и тонкой мышц, и пластика синтетическими материалами). Статистическая значимость этого сравнительного анализа ограничена ввиду малого количества наблюдений.

4.2.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 3-О)

Пациентка С.Т.Н., 53 года. Из анамнеза: в апреле 2015 года по поводу левостороннего гонартроза III стадии выполнено тотальное эндопротезирование левого коленного сустава. Спустя 8 месяцев после операции появился свищ в проекции послеоперационного рубца на уровне связки надколенника. Проходила консервативное лечение по месту жительства. В декабре 2016 года выполнено удаление эндопротеза левого коленного сустава с установкой артикулирующего спейсера. При поступлении в травматолого-ортопедическое отделение в феврале 2018 года – состоятельный послеоперационный рубец, без признаков воспаления. В левом коленном суставе сгибание 60° , при пассивном разгибании – сгибательная контрактура 10° , ограничение активного разгибания 30° . По шкалам: ВАШ – 4 балла, WOMAC – 62 балла, OKS – 45 баллов, FJS-12 – 37 баллов. На рентгенограммах визуализируется артикулирующий спейсер левого коленного сустава, несостоятельность связки надколенника (Рисунок 4.32).



Рисунок 4.32 – Пациентка С.Т.Н. Рентгенограммы перед операцией

В анализах крови: СОЭ – 15 мм/час, СРБ – 1,5 мг/дл. Учитывая длинный интервал, прошедший после установки спейсера, выполнена диагностическая пункция левого коленного сустава. В пунктате: лейкоцитов 200/мкл, роста флоры нет.

20 февраля 2018 года выполнено рТЭКС. Артикулирующий спейсер удален. Установлен эндопротез Zimmer NG LССК. По разработанной нами методике выполнена пластика несостоятельной связки надколенника сухожилиями длинных малоберцовых мышц (Рисунок 4.33).



Рисунок 4.33 – Пациентка С.Т.Н. Рентгенограммы после операции

Проводили иммобилизацию левой нижней конечности ортезом в течение 6 недель, с последующей постепенной разработкой движений в коленном суставе на артромоте.

На контрольном осмотре в апреле 2022 года: данных за рецидив инфекции нет. По шкалам: ВАШ – 1 балл, WOMAC – 10 баллов, OKS – 15 баллов, FJS-12 – 9 баллов (Рисунок 4.34). Активное разгибание полное, сгибание 110°.



Рисунок 4.34 – Пациентка С.Т.Н. Рентгенограммы и функциональный результат через 50 месяцев после операции.

4.3. Замещение костных дефектов

4.3.1. Метод 3D-планирования и печати при ревизионном тотальном эндопротезировании коленного сустава

Одной из важнейших задач ревизионного эндопротезирования коленного сустава является замещение костных дефектов. При рТЭКС хирургу чаще приходится не резецировать костную ткань под ревизионный имплант, а напротив, восполнять имеющийся дефицит. В многочисленных литературных источниках упоминаются различные методики замещения костных дефектов, имеющие свои преимущества и недостатки. Мы проанализировали возможности и результаты применения 3D-печати для восполнения дефектов при рТЭКС.

Для реализации технологии 3D-печати пациенту вначале выполняли компьютерную томографию обеих нижних конечностей на многосрезовом спиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion One 640 с шагом 0,5 мм. Изображения обрабатывали в режиме подавления артефактов от металла SEMAR. В процессе нашей работы мы сотрудничаем с двумя компаниями, занимающимися обработкой изображений, планированием и 3D-печатью, находящимися в г. Москве: ООО «ТИОС» и «ИТК Эндопринт».

Записанные изображения в формате DICOM с помощью электронной почты передавали специалистам компаний. Инженеры выполняли окончательную обработку компьютерных томограмм и на их основании создавали 3D-модели костей нижних конечностей высокого разрешения (Рисунок 4.35).



Рисунок 4.35 – 3D-модель нижних конечностей

Инженер присылал ответ в файлах в форматах .png и .pdf. На .pdf изображениях в 3D-режиме возможно поворачивать изображения в любой плоскости и точно оценить все имеющиеся дефекты. Также по согласованию с хирургом инженер отмечал участки кости, подлежащие резекции под 3D-имплант (если резекции были необходимы для правильного его расположения) (Рисунок 4.36).

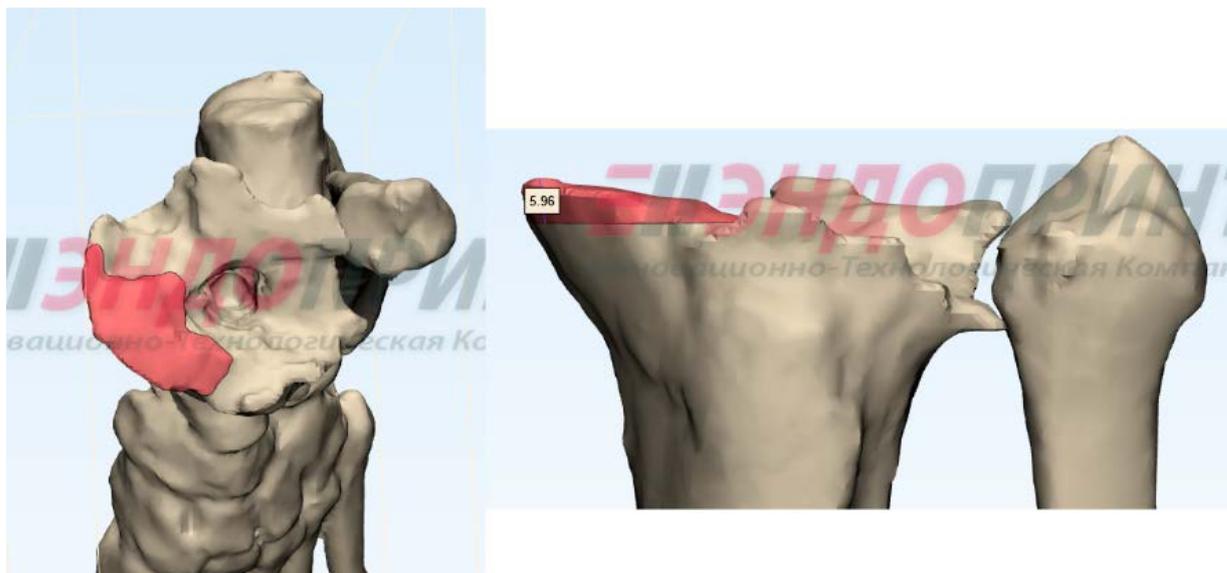


Рисунок 4.36 – Оценка имеющихся дефектов большеберцовой кости. Красным отмечен планируемый участок резекции кости

Для более полного понимания локализации и протяженности костных дефектов можно напечатать пластиковую модель кости (Рисунок 4.37).



Рисунок 4.37 – Пластиковая модель дистального отдела бедренной кости

Планировали необходимое расположение серийного импланта в 3-х плоскостях и определяли имеющийся дефицит кости, подлежащий заполнению 3D-имплантом (Рисунок 4.38).



Рисунок 4.38 – Планирование необходимого расположения большеберцового компонента

Далее планировали индивидуальный компонент для заполнения костного дефекта. Поверхность компонента, контактирующая с костью, имела пористую структуру в форме додекаэдра размером 0,3–0,5 мм для остеоинтеграции. Поверхность импланта, контактирующая с мягкими тканями, для предотвращения их повреждения имела гладкую структуру. Для контакта индивидуального и серийного импланта предусматривался зазор для цементной мантлии, поскольку для их соединения необходим костный цемент (Рисунок 4.39).

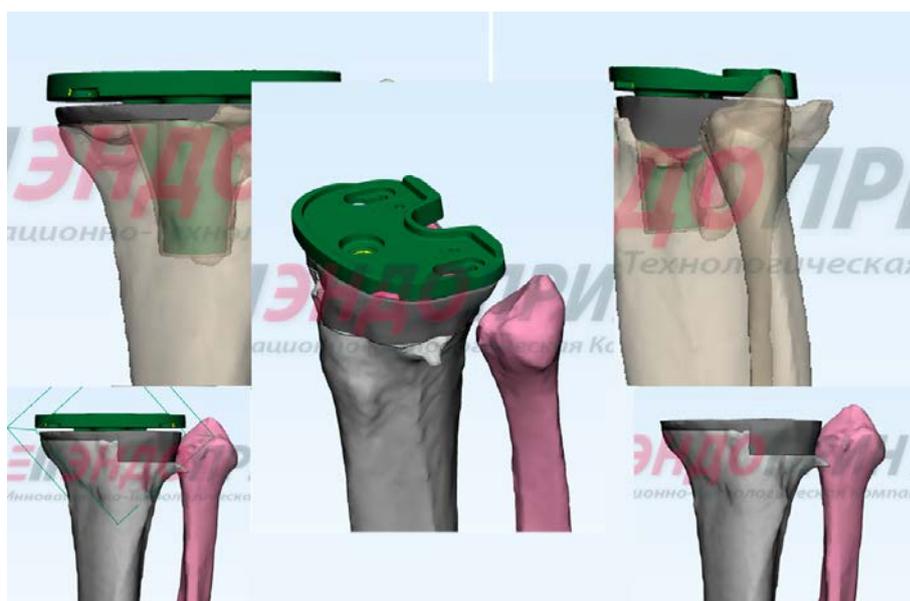


Рисунок 4.39 – Планирование импланта для заполнения дефекта большеберцовой кости. Задан зазор для цементной мантлии между серийным и индивидуальным имплантом шириной 2 мм

После согласования с инженером изделие отправляли на печать, которую осуществляли на сертифицированном 3D-принтере из порошкового металлического сплава Rematitan (Ti90Al6V4), разрешенного к применению в медицине. Вместе с имплантом на другом принтере выполняли печать пластикового примерочного компонента. Компоненты курьером доставляли в клинику (Рисунок 4.40). Импланты стерилизовали в клинике автоклавированием.



Рисунок 4.40 – Готовые изделия: А – титановый компонент для замещения проксимального отдела бедренной кости; Б – индивидуальный титановый аугмент для замещения дефекта большеберцовой кости

Срок, прошедший от выполнения КТ до поступления импланта в клинику, варьировал от 6 до 14 дней и в среднем составил $8,9 \pm 2,3$ дня.

Работа с 3D-имплантами для ревизионного эндопротезирования коленного сустава в клинике началась с ноября 2017 года.

4.3.2. Характеристика пациентов и варианты операций

Пациенты, которым выполняли 3D-печать для замещения костных дефектов (21 пациент), были выделены в основную подгруппу (4-О). В качестве контрольной подгруппы (4-К) случайным образом был отобран 21 пациент, которому до ноября 2017 года выполнили пластику костных дефектов аугментами ревизионной системы NexGen LCCK или с использованием конусов из трабекулярного металла

компании Zimmer-Biomet. Вместе они составили 4-ю дополнительную группу. Обе подгруппы были сопоставимы и не имели статистически значимых отличий по полу и возрасту (Таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Общая характеристика пациентов 4-й дополнительной группы

Пациенты	Подгруппа 4-О	Подгруппа 4-К	Всего	p
Количество	21	21	42	
Средний возраст (лет)	67,2±9,3	68±5,5	67,6±7,6	0,7
Мужчины	3 (14,3%)	6 (28,6%)	9 (21,4%)	0,3
Женщины	18 (85,7%)	15 (71,4%)	33 (78,6%)	0,3
ИМТ (кг/м ²)	32,8±3,4	34±4,3	33,4±3,9	0,5

Чаще всего показанием к рТЭКС было асептическое расшатывание компонентов эндопротеза (42,9%). Между подгруппами эти показания существенно не отличались (Рисунок 4.41).

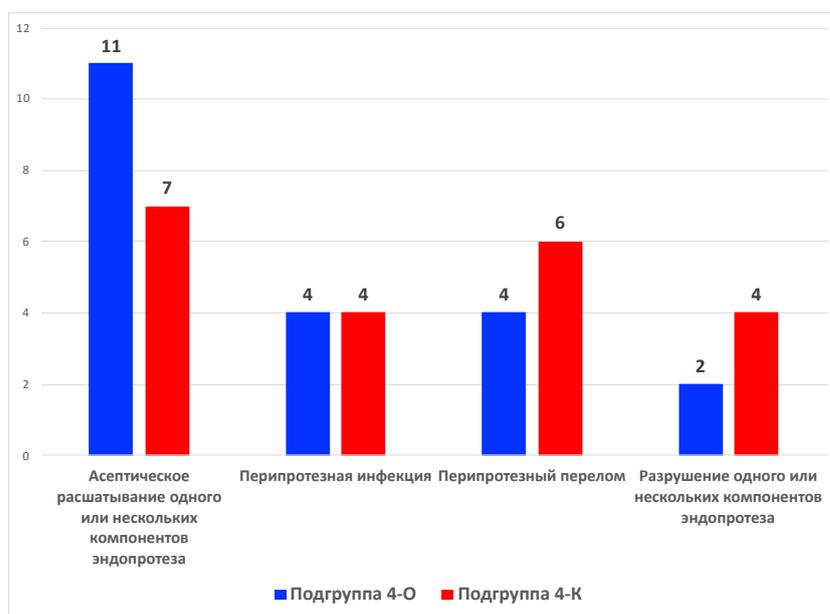


Рисунок 4.41 – Показания к рТЭКС в дополнительной 4-й группе

Распределение пациентов по дефектам согласно классификации AORI (на основании предоперационных рентгенограмм, компьютерных топограмм) представлено на Рисунке 4.42. Дефекты типа I мы не учитывали, так как они не требовали специальных методов реконструкции – таких как металлические аугменты, конусы или 3D-импланты.

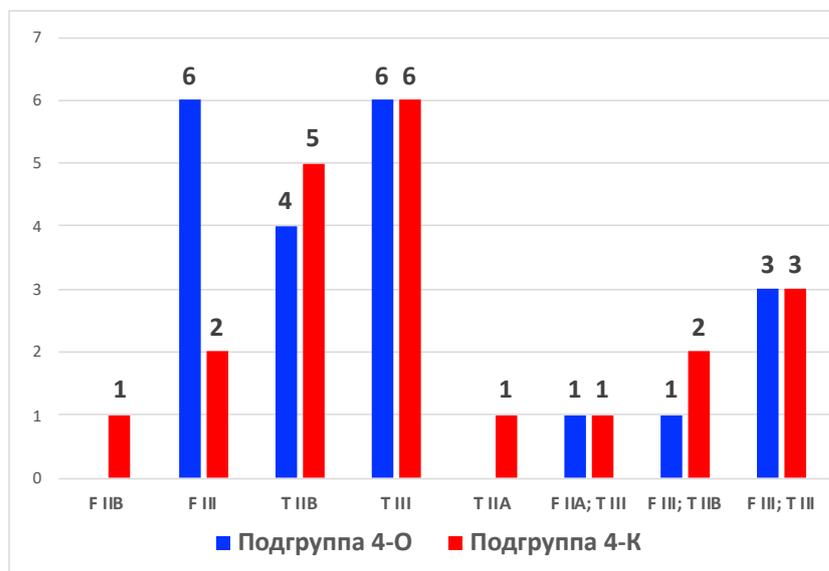


Рисунок 4.42 – Распределение пациентов дополнительной 4-й группы по классификации AORI: F – бедренная кость; Т – большеберцовая кость

При лечении пациентов с дефектами типа IIB у пациентов подгруппы 4-О применяли индивидуально напечатанные аугменты из порошкового металлического сплава Rematitan (Рисунок 4.43).

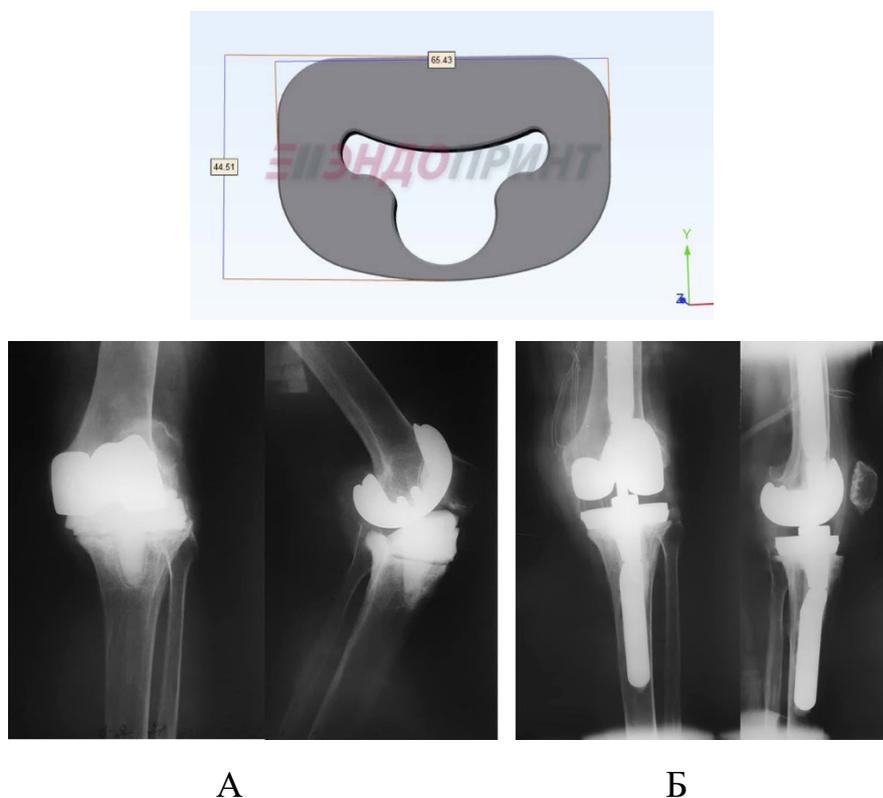


Рисунок 4.43 – Применение индивидуально напечатанного аугмента высотой 8 мм у пациента с дефектом большеберцовой кости AORI IIB (А – рентгенограмма перед операцией; Б – после операции)

У пациентов подгруппы 4-К с дефектами AORI IIB применяли стандартные аугменты системы Zimmer NexGen LCCK (Рисунок 4.44).

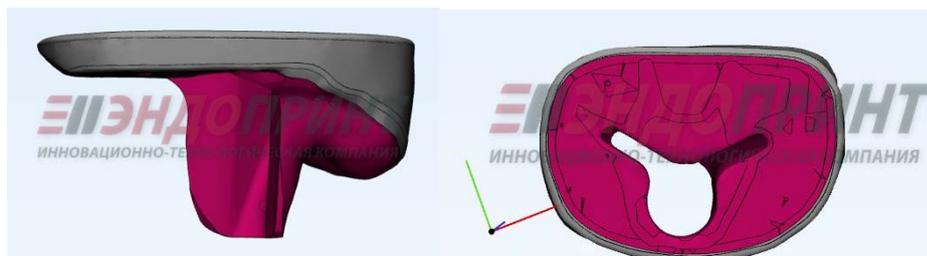


А

Б

Рисунок 4.44 – Применение стандартного большеберцового аугмента (полублок) системы Zimmer NexGen LCCK у пациента с дефектом большеберцовой кости AORI IIB (А – рентгенограмма перед операцией; Б – после операции)

При лечении дефектов AORI III у пациентов подгруппы 4-О применяли индивидуальные конусы из порошкового металлического сплава Rematitan (Рисунок 4.45).



А

Б

Рисунок 4.45 – Применение индивидуально напечатанного конуса при лечении дефекта большеберцовой кости AORI III (А – рентгенограмма перед операцией; Б – после операции)

У пациентов подгруппы 4-К при лечении дефектов AORI III применяли стандартные конусы Zimmer из трабекулярного тантала (Рисунок 4.46).



А

Б

Рисунок 4.46 – Применение стандартного метафизарного бедренного конуса Zimmer у пациентки с дефектом бедренной кости AORI III. Дефекты большеберцовой кости AORI IIB компенсированы аугментами (А – рентгенограмма перед операцией; Б – после операции)

4.3.3. Результаты лечения пациентов 4-й группы

Средний срок наблюдения за пациентами 4-й дополнительной группы составил $35 \pm 9,5$ месяцев (минимум 24 месяца).

Анализ амплитуды движений в коленных суставах в подгруппах до и после операции не выявил статистически значимых отличий (Таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Объем движений у пациентов 4 дополнительной группы (в градусах)

	До операции		После операции		p*
	Подгруппа 4-О	Подгруппа 4-К	Подгруппа 4-О	Подгруппа 4-К	
Разгибание	$2,1 \pm 8,9$	$0,7 \pm 8,1$	$-0,2 \pm 2,5$	$0 \pm 1,6$	0,7
Сгибание	$65 \pm 32,7$	$66,4 \pm 27,4$	$105,2 \pm 22,3$	$108,8 \pm 15,4$	0,8

Примечание: *сравнение результатов после операции

Мы провели анализ результатов лечения по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 (Таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Средние показатели шкал-опросников до и после рТЭКС у пациентов 4-й дополнительной группы (в баллах)

Шкалы	До операции		После операции	
	Подгруппа 4-О	Подгруппа 4-К	Подгруппа 4-О	Подгруппа 4-К
ВАШ	8,5±1,3	7,7±1,3	1,6±2	0,7±1,3
WOMAC	69,7±16,1	71,9±18	13,7±9,5	12,1±10,2
OKS	44,9±9,9	46,2±10,2	18,9±8,4	19,1±7,5
FJS-12	40±5,5	40,9±3,7	12,6±10	7±8,4

Уровень боли по ВАШ после операции снизился по сравнению с начальным уровнем в подгруппе 4-О в 5,3 раза, а в подгруппе 4-К в 11,0 раз, перейдя из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль». Разница средних показателей между подгруппами составила 0,9 балла ($p = 0,08$) (Рисунок 4.47).

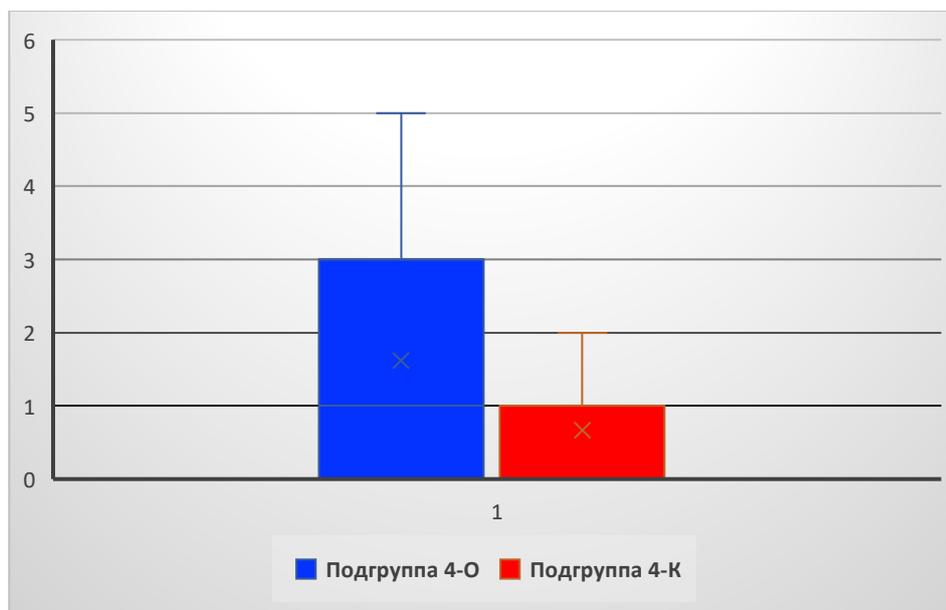


Рисунок 4.47 – Средние показатели болевого синдрома (в баллах по ВАШ) у пациентов 4-й дополнительной группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале WOMAC в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 5,1 раза, а в подгруппе 4-К в 5,9 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 1,6 балла, что является статистически не значимым отличием ($p=0,7$) (Рисунок 4.48).

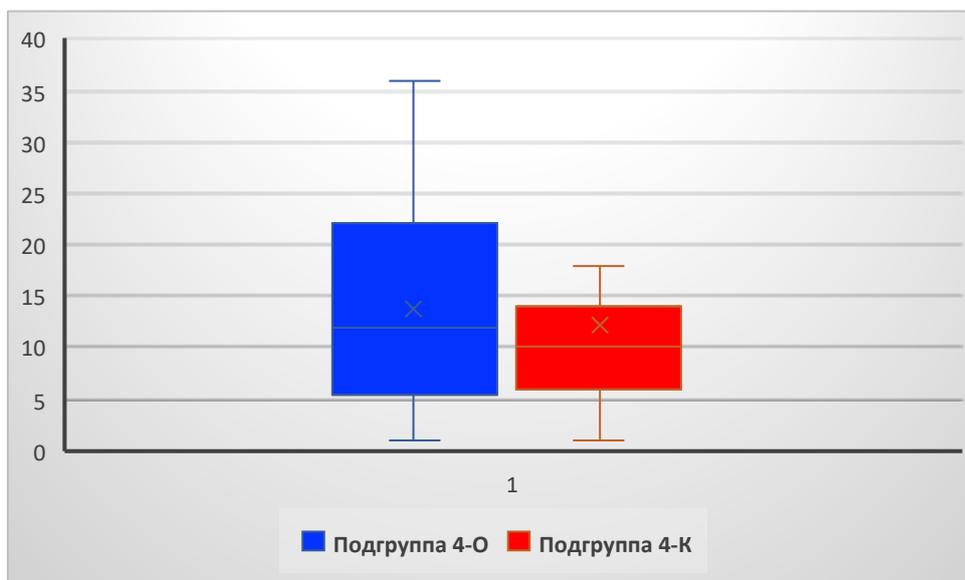


Рисунок 4.48 – Средние показатели по шкале WOMAC (в баллах) у пациентов 4-й дополнительной группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале OKS в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 2,4 раза, а в подгруппе 4-К – также в 2,4 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 0,2 балла, что является статистически не значимым отличием ($p = 0,8$) (Рисунок 4.49).

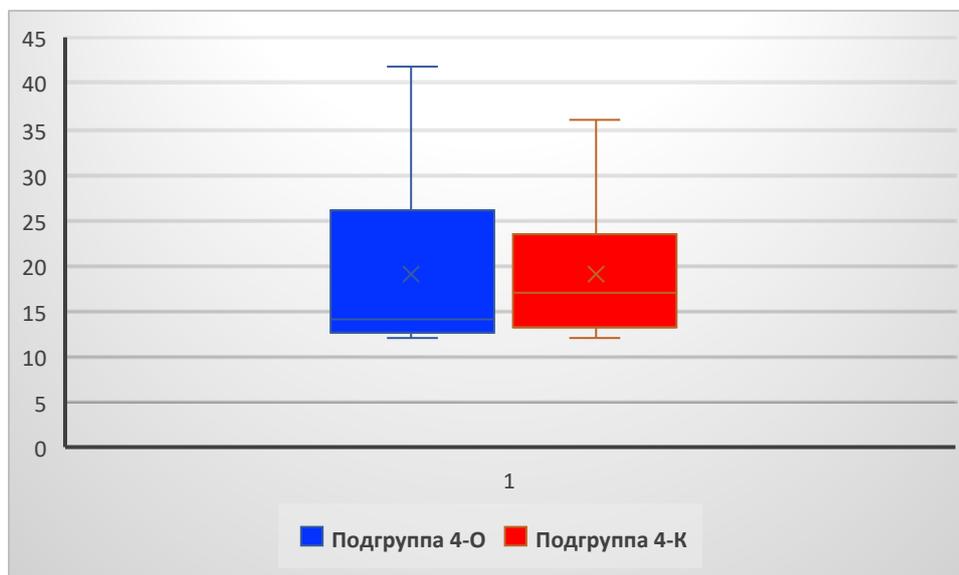


Рисунок 4.49 – Средние показатели по шкале OKS (в баллах) у пациентов 4-й дополнительной группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале FJS-12 в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,2 раза, а в подгруппе 4-К в 5,8 раза. Разница

средних показателей после операции между подгруппами составила 5,6 балла ($p = 0,09$) (Рисунок 4.50).

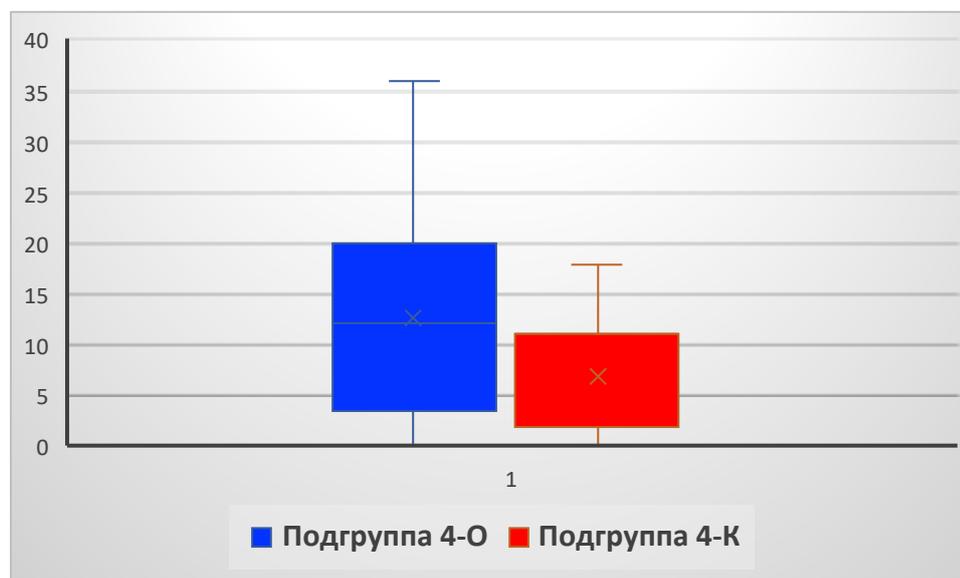


Рисунок 4.50 – Средние показатели по шкале FJS-12 (в баллах) у пациентов 4-й дополнительной группы после рТЭКС

Таким образом, результаты лечения пациентов в подгруппах 4-О и 4-К можно считать сопоставимыми.

Среди осложнений, потребовавших повторного вмешательства на оперированном коленном суставе у пациентов 4-й дополнительной группы, в указанные сроки наблюдения была отмечена только перипротезная инфекция – 1 случай в подгруппе 4-О и 2 случая в подгруппе 4-К. Ввиду малого количества этих случаев разница не является статистически значимой (критерий хи-квадрат Пирсона, $p = 0,8$).

Мы не отметили статистически значимой разницы по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12, в отношении послеоперационного объема движений и частоте осложнений между пациентами с индивидуально напечатанными 3D-имплантатами для компенсации костных дефектов бедренной и (или) большеберцовой кости и пациентами, у которых применялись стандартные ревизионные конструкции при рТЭКС в средний срок наблюдения $35 \pm 9,5$ месяцев (минимум 24 месяца). Применение индивидуально напечатанных титановых

изделий оказалось безопасным для пациентов, и эту технологию можно рассматривать как один из эффективных методов компенсации костных дефектов при рТЭКС. Разумеется, речь не идет о том, чтобы они заменили стандартные ревизионные конструкции. Однако есть некоторые преимущества в отношении сохранения костной ткани (под стандартные конструкции нужно резецировать больше кости, а индивидуальную конструкцию хирург планирует по имеющемуся костному дефекту). Также они могут быть незаменимы при компенсации обширных костных дефектов «больше, чем AORI III», когда стандартными ревизионными конструкциями уже не обойтись.

4.3.4. Клинический пример (пациент из подгруппы 4-0)

Пациентка М.И.Г., 52 года. Рост 154 см, вес 98 кг, ИМТ 41,3 кг/м². В декабре 2018 года по поводу правостороннего гонартроза III стадии выполнено ТЭКС. В июле 2019 года травма в результате ДТП – перипротезный перелом правой бедренной кости. По месту жительства выполнен остеосинтез дистальной бедренной пластиной. Перелом не консолидировался. Обращение в нашу клинику в марте 2020 года. При осмотре: ходит с костылями. Правая нижняя конечность неопороспособна. Послеоперационный рубец без воспалительных изменений, в анализах крови данных за инфекционный процесс нет. Движения резко болезненны, активное разгибание полное, сгибание 40°. По шкалам: ВАШ – 9 баллов, WOMAC – 82 балла, OKS – 54 балла, FJS-12 – 45 баллов. На топограмме и компьютерных томограммах – ложный сустав дистального метадиафиза правой бедренной кости на фоне значительного костного дефекта в этой зоне (Рисунок 4.51).



Рисунок 4.51 – Пациентка М.И.Г. Топограмма и компьютерные томограммы перед операцией

При планировании мы рассматривали вариант сохранения дистального отдела бедренной кости, однако тогда требовалось укоротить бедро почти на 4–5 см, что критично бы сказалось на уровне суставной щели после рТЭКС. Кроме того, у пациентки с высоким ИМТ и уже одной неудачной попыткой остеосинтеза в этой зоне не приходилось рассчитывать на хорошую консолидацию перелома после реостеосинтеза.

Было принято решение о замещении дистального отдела бедренной кости индивидуальным имплантом. При планировании учитывали уровень суставной щели на здоровой стороне, также был спланирован участок для фиксации в диафизе бедренной кости (Рисунок 4.52).

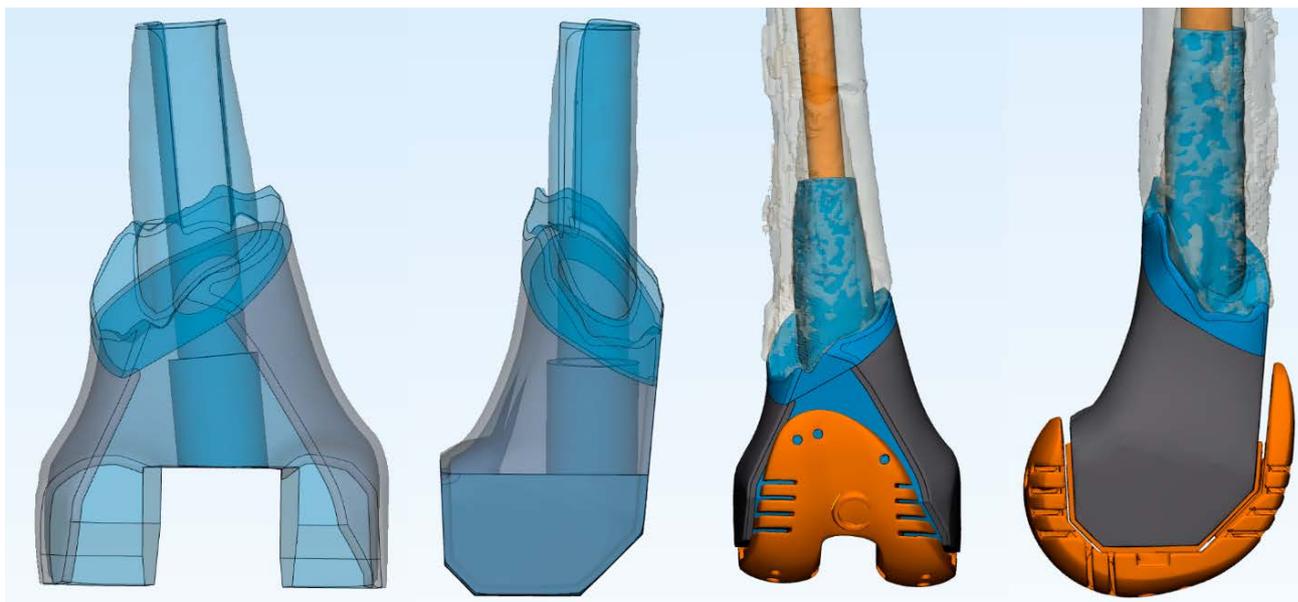


Рисунок 4.52 – Предоперационное планирование. Общий вид импланта и расположение его в бедренной кости вместе с бедренным компонентом эндопротеза Zimmer NexGen RHK

16 марта 2020 года под комбинированной спинально-эпидуральной анестезией выполнено ревизионное эндопротезирование правого коленного сустава. Винты и пластина удалены, после чего резецирован дистальный отдел бедренной кости вместе с бедренным компонентом, а также большеберцовый компонент эндопротеза (Рисунок 4.53). Выполнена обработка большеберцовой кости с установкой примерочного большеберцового компонента RHK.

После обработки канала бедренной кости выполнена провизорная фиксация дистального отдела бедренной кости тросом Cable-Ready для предотвращения раскалывания во время установки индивидуального импланта (Рисунок 4.54).

После проверки примерочным пластиковым компонентом установлен титановый индивидуальный имплант дистального отдела бедренной кости. Фиксацию осуществляли без применения костного цемента (Рисунок 4.55).

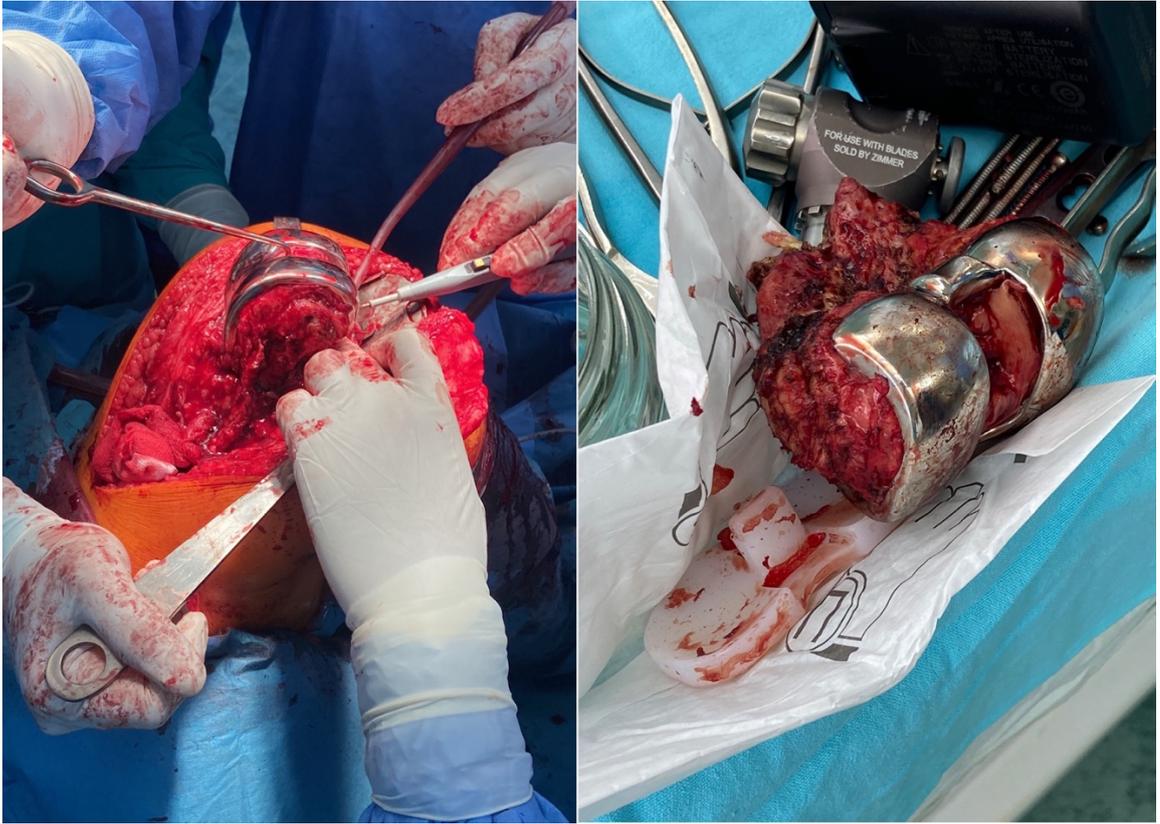


Рисунок 4.53 – Выделение дистального отдела бедренной кости и удаленный метаэпифиз бедренной кости вместе с бедренным компонентом эндопротеза



Рисунок 4.54 – Провизорная фиксация дистального отдела бедренной кости тросом

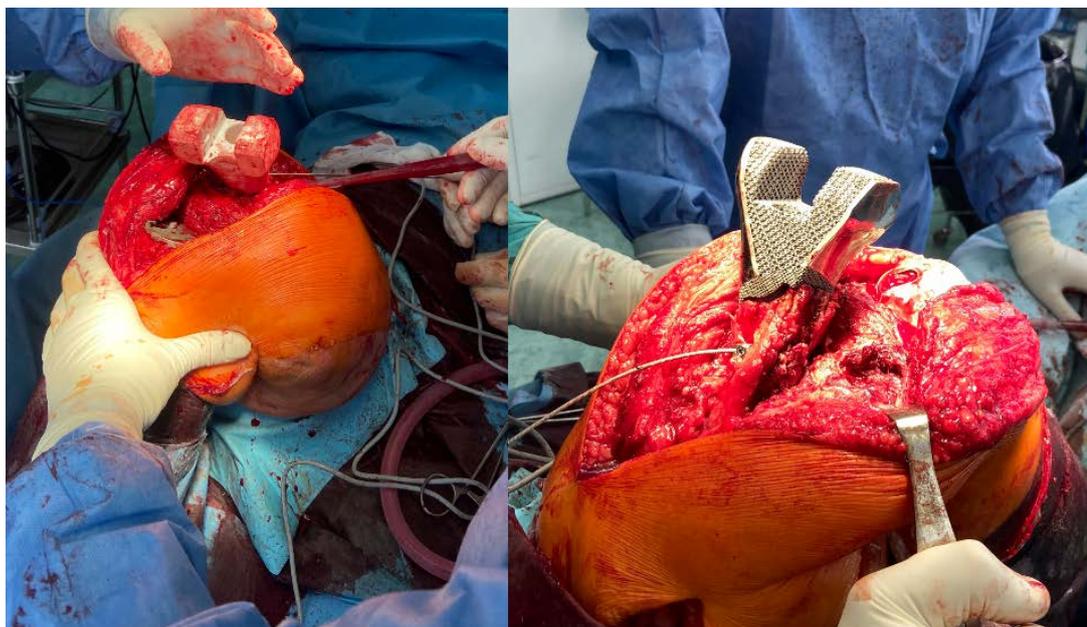


Рисунок 4.55 – Примерочный и окончательный компоненты дистального отдела бедренной кости

Эндопротез Zimmer NexGen RHK установлен по стандартной методике на костном цементе (Рисунок 4.56).



Рисунок 4.56 – Установлен эндопротез Zimmer NexGen RHK

Рана ушита наглухо с оставлением дренажа. На следующий день после операции дренаж удален, пациентка активизирована на костылях. Проводилась

ЛФК с разработкой движений на артротоме. Через 10 дней после операции швы сняты, пациентка выписана под амбулаторное наблюдение (Рисунок 4.57).



Рисунок 4.57 – Пациентка М.И.Г. Рентгенограммы и топограмма после операции

На контрольном осмотре в марте 2023 года: послеоперационный рубец состоятелен, без воспалительных изменений. Ходит без дополнительной опоры. В правом коленном суставе: разгибание полное, сгибание 100°. По шкале ВАШ – 0 баллов, WOMAC – 11 баллов, OKS – 16 баллов, FJS – 6 баллов (Рисунок 4.58).

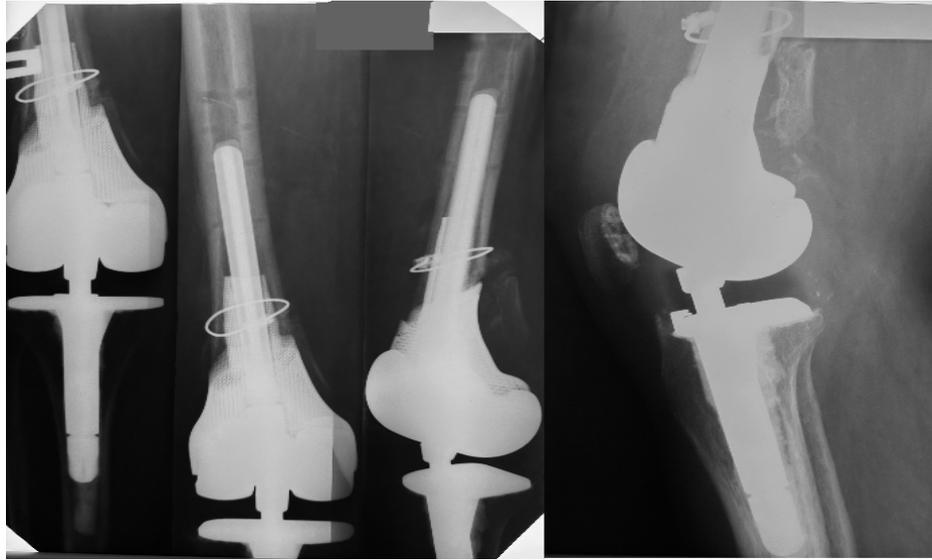


Рисунок 4.58 – Пациентка М.И.Г. Рентгенограммы и движения в коленном суставе через 36 месяцев после операции

ГЛАВА 5. ПЕРИПРОТЕЗНАЯ ИНФЕКЦИЯ

5.1. Интервал между этапами при двухэтапном хирургическом лечении хронической перипротезной инфекции коленного сустава

Перипротезная инфекция (ППИ) является самым тяжелым и трудно поддающимся лечению осложнением эндопротезирования коленного сустава. Это всегда мультидисциплинарная проблема, требующая не только хирургического вмешательства, но и выявления возбудителя гнойного процесса вместе с микробиологом, подбора антибиотикотерапии вместе с клиническим фармакологом. Декомпенсация соматических заболеваний, которая часто происходит на фоне инфекционного процесса, делает необходимым привлечение и других смежных специалистов.

Хирургическое лечение пациентов с глубокой ППИ коленного сустава проводят в 2 этапа. На первом этапе удаляют импланты и проводят санацию очага с установкой спейсера. На втором этапе устанавливают ревизионный эндопротез. До сих пор нет единого мнения о том, какой интервал следует соблюсти между этими этапами. Сокращение протяженности этого интервала повышает риск рецидива инфекции, а удлинение – инвалидизирует пациента и способствует прогрессированию нежелательных изменений в тканях, что впоследствии может существенно осложнить выполнение второго этапа операции.

В связи с этим мы поставили задачу определить оптимальный интервал между этапами таких операций.

5.1.1. Выявление перипротезной инфекции и характеристика пациентов

При диагностике ППИ мы опирались на критерии европейской школы Pro-Implant Foundation [298], описание которых представлено в обзоре литературы. Следует отметить, что в критериях 2018 года уже не упоминаются уровни СОЭ и С-реактивного белка в крови, однако мы ориентировались в том числе и на эти

показатели (СОЭ > 30 мм/час, С-реактивный белок > 2 мг/дл). Если ни один из данных показателей не был повышен, отсутствовали другие воспалительные изменения в области оперированного сустава при осмотре или в анамнезе, то диагностическую пункцию коленного сустава не выполняли. В то же время, при любом, даже малейшем подозрении на ППИ и сомнениях в отношении причин болевого синдрома, выполняли пункцию коленного сустава с посевом и цитологическим исследованием.

Во 2-ю группу наблюдения вошли 144 пациента, причиной ревизионного вмешательства у которых были именно инфекционные осложнения ТЭКС. В эту группу мы включили только тех пациентов, которым обе операции были выполнены в нашей клинике. Пациенты, которым удаление эндопротеза (первый этап операции) было выполнено в других центрах, и они пришли к нам только на второй этап ревизионного эндопротезирования, в исследование не включены. Также мы не включили в эту группу пациентов, которым выполняли одноэтапную санацию сустава после ТЭКС с заменой полиэтиленового вкладыша по поводу ранней ППИ (менее 1 месяца).

С сентября 2019 года мы начали применять короткие интервалы в лечении ППИ коленного сустава (2–3 недели) в соответствии с рекомендациями Pro-Implant Foundation [298], выполняя оба вмешательства в течение одного срока пребывания пациента в стационаре. Эти 67 клинических случаев составили основную подгруппу (2-О). В контрольную подгруппу (2-К) вошли 77 пациентов, у которых интервалы в лечении ППИ коленного сустава составляли больший срок и не были регламентированы.

Среди пациентов 2-й группы преобладали женщины с избыточной массой тела. Средний срок между двумя этапами рТЭКС в подгруппах 2-О и 2-К отличался в 9,9 раз ($p < 0,01$). Статистически значимых различий в распределении пациентов по возрасту, полу, индексу массы тела, уровнях СОЭ крови, С-реактивного белка плазмы крови и количеству лейкоцитов в пунктате между подгруппами выявлено не было. Общее количество пациентов со свищом в области коленного сустава во

2-й группе составило 17 (11,8%): в подгруппе 2-О 7 наблюдений (10,4%) и в подгруппе 2-К – 10 (13,0%) ($p < 0,01$, критерий хи-квадрат Пирсона) (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Характеристика пациентов 2-й группы

	Всего	Подгруппа 2-О	Подгруппа 2-К	p
Всего пациентов	144	67	77	
Возраст (лет)	70,2±8,6	69,6±8,6	70,6±8,3	0,4
Индекс массы тела (кг/м ²)	28,7±5	28,1±5,1	29,3±4,9	0,2
Мужчин	27 (18,8%)	15 (22,4%)	12 (15,6%)	0,7
Женщин	117 (81,3%)	52 (77,6%)	65 (84,4%)	0,7
Со свищом	17 (11,8%)	7 (10,4%)	10 (13%)	< 0,01
Без свища	127 (88,2%)	60 (89,6%)	67 (87%)	< 0,01
СОЭ перед первым этапом рТЭКС	61,3±22,4	62,9±22,6	59,9±22,3	0,8
СРБ плазмы крови перед первым этапом рТЭКС (мг/дл)	60,7±28,6	61,4±25,8	60,1±31,1	0,8
Количество лейкоцитов в пунктате (в 1 мкл)	37026,9 ± 32163,9	33620,8 ± 32624,1	39581,5 ± 32418,6	0,6
Срок между двумя этапами рТЭКС (дней)		16,3±2,5	161±70,4	< 0,01

В 57 случаях (39,6%) возбудителями ППИ были стафилококки, из них у 26 пациентов – метициллин-резистентные. На втором месте по частоте встречались кишечные бактерии у 27 пациентов (18,8%). В 5 случаях (3,5%) выявлено сразу несколько возбудителей ППИ. Преимущественно возбудителем ППИ была грамположительная флора – 78 пациентов (54,2%). У 31 пациента (21,5%) возбудитель ППИ в предоперационном периоде выявлен не был (Рисунок 5.1, Таблица 5.2).

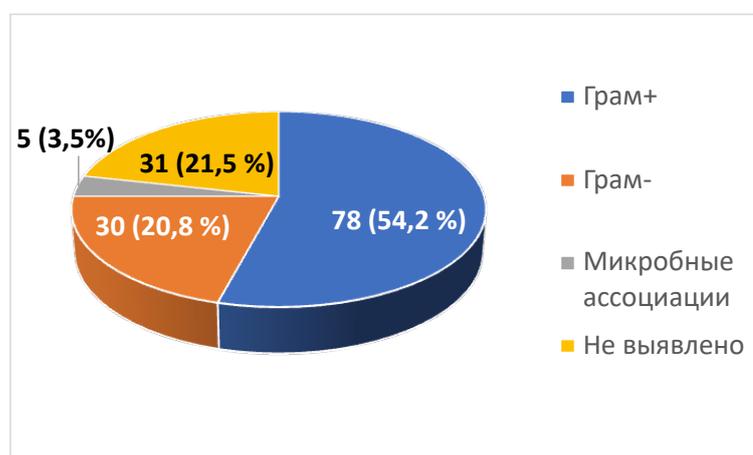


Рисунок 5.1 – Распределение микробной флоры в отношении окраски по Граму

Таблица 5.2 – Распределение микробной флоры, полученной при предоперационном обследовании пациентов 2-й группы

Подгруппа	2-О	2-К	Всего
E. coli	4	10	14
E. coli + Staphylococcus hominis	1		1
Enterobacter cloacae	5	4	9
Enterococcus faecalis	1	2	3
Klebsiella pneumoniae		3	3
Morganella morganii		1	1
MRSA	2	8	10
MRSE	6	7	13
MRSE + S. Hominis	1		1
MRSE + Staph. Faecalis		1	1
MRSE + Staph. Haemoliticus		1	1
MSSA	3	8	11
MSSE	9	8	17
Pseudomonas aeruginosa	3		3
Pseudomonas aeruginosa + Enterococcus faecalis + E. coli		1	1
Staphylococcus faecalis	7	4	11
Staphylococcus lugdunensis		2	2
Staphylococcus hominis	3	3	6
Streptococcus oralis	1		1
Streptococcus agalacticae	1		1
Streptococcus mitis	2	1	3
Не выявлено	18	13	31

Примечание: MRSA – Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus (метициллин-резистентный золотистый стафилококк), MRSE – Methicillin-Resistant Staphylococcus epidermidis (метициллин-резистентный эпидермальный стафилококк), MSSA – Methicillin-Sensitive Staphylococcus aureus (метициллин-чувствительный золотистый стафилококк), MSSE – Methicillin-Sensitive Staphylococcus epidermidis (метициллин-чувствительный эпидермальный стафилококк)

5.1.2. Особенности двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава

В большинстве случаев все обследование по поводу диагностики ППИ и выявления возбудителя проводили на догоспитальном этапе. Пациентов с инфекционными осложнениями госпитализировали в отдельные палаты. Антибиотики перед первым этапом рТЭКС не назначали. Первое внутривенное введение антибиотика начинали на операционном столе перед началом операции.

Оба этапа рТЭКС выполняли в разных операционных на разных этажах: первый этап в операционной экстренной хирургии, второй этап в плановых операционных травматолого-ортопедического отделения.

Задачи первого этапа рТЭКС при ППИ заключались в удалении всех компонентов эндопротеза, в том числе стабильно фиксированных, иссечении всех патологически измененных тканей, тщательном промывании раны и костномозговых каналов и установке спейсера.

Несмотря на наличие ППИ, у значительной части пациентов фиксация компонентов эндопротеза оставалась стабильной: в подгруппе 2-О такие случаи составили 42,3%, а в подгруппе 2-К – 39,0% (Рисунок 5.2).

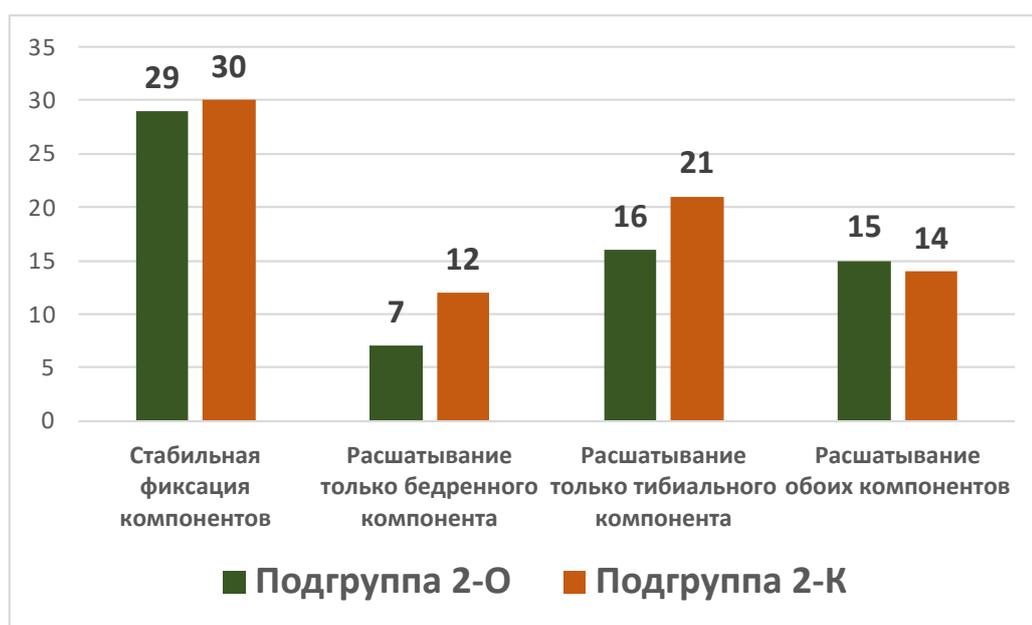


Рисунок 5.2 – Расшатывание компонентов эндопротезов у пациентов 2-й группы

Таким образом, пациенты со стабильной фиксацией обоих компонентов эндопротеза и расшатыванием одного или обоих компонентов распределились приблизительно поровну у пациентов обеих групп. Следует отметить, что при наличии осцилляторной пилы с тонкими лезвиями, пилы Джигли, набора заточенных долот удаление даже стабильных бедренных и большеберцовых компонентов, как правило, не сопровождается значительной потерей костной ткани. Дефицит кости при развитии ППИ образуется прежде всего вследствие остеолита и имеет место уже к началу первого этапа рТЭКС. В то же время, при удалении не расшатанных компонентов и костного цемента с метафизарной и (или) диафизарной фиксацией возникают определенные сложности, что может потребовать остеотомии бедренной и (или) большеберцовой костей.

В ходе первого этапа операции мы брали несколько образцов для микробиологического исследования: синовиальную жидкость коленного сустава, несколько (от одного до трёх) фрагментов синовиальной оболочки сустава, образцы костной ткани (или мембраны) после удаления бедренного и большеберцового компонентов эндопротеза. Это позволило нам подтвердить или уточнить возбудителя ППИ, в том числе – в 12 случаях, когда не удалось это сделать в предоперационном периоде.

После удаления компонентов эндопротеза иссекали все измененные и воспаленные ткани, стараясь максимально резецировать синовиальную оболочку сустава. Рану обильно промывали с помощью системы Pulsovac Plus. Эта система состоит из рукоятки со сменными насадками и двумя кнопками подачи физиологического раствора, трубки, которая подключается к хирургическому отсосу, трубки, которая подключается к флакону со стерильным физиологическим раствором, и блока с батареями (Рисунок 5.3).

При использовании данной системы физиологический раствор под давлением подается на рану, и полученная промывная жидкость сразу собирается в хирургический отсос. Есть несколько видов насадок, в том числе для промывания костномозговых каналов, что позволяет тщательно отмыть инфицированный коленный сустав.

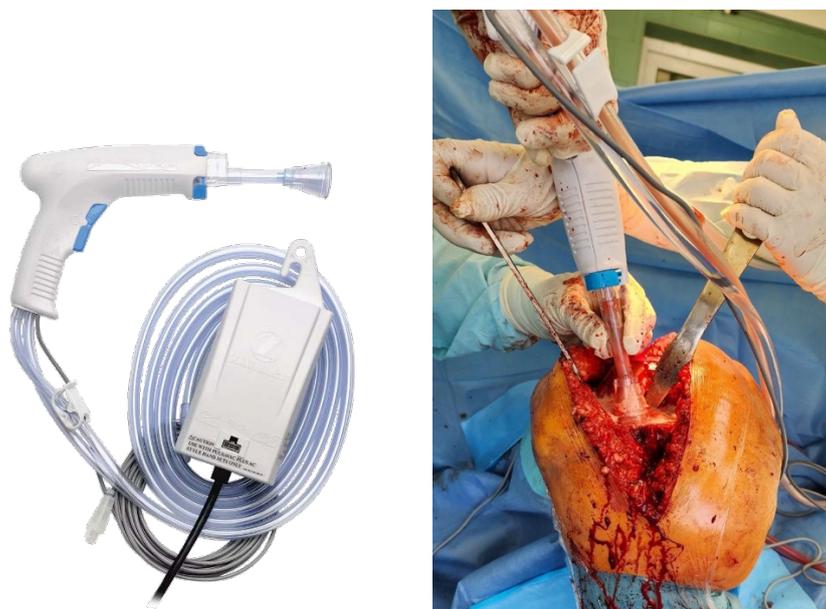


Рисунок 5.3 – Система Pulsovac Plus и ее применение для промывания раны после удаления компонентов эндопротеза коленного сустава

После промывания раны устанавливали спейсер, состоящий из цемента с антибиотиком и бедренного компонента эндопротеза. Цементную большеберцовую часть спейсера отливали в предварительно изготовленных силиконовых формах разного размера и пластиковых поршней (Рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 – Силиконовые формы с поршнем для формирования большеберцового компонента спейсера

Форма пластикового поршня, с помощью которого осуществляют давление на костный цемент, повторяет форму артикулирующей поверхности полиэтиленового вкладыша эндопротеза, что позволяет сформировать эту поверхность. Следует отметить, что можно задавать разную толщину

большеберцового компонента спейсера. Это очень удобно для балансировки сустава после удаления компонентов эндопротеза и позволяет обеспечить оптимальную функцию коленного сустава уже после первого этапа рТЭКС, что особенно важно при длительных интервалах двухэтапного лечения ППИ.

В качестве бедренного компонента спейсера использовали бедренные компоненты эндопротеза. Костные дефекты под спейсером заполняли костным цементом с антибиотиком, но так, чтобы он не очень прочно фиксировался к кости – либо уже в нерабочей фазе цемента во время полимеризации, либо прокладывая между цементом и костью стерильную полиэтиленовую пленку от упаковки цемента и удаляя ее после полимеризации (Рисунок 5.5).

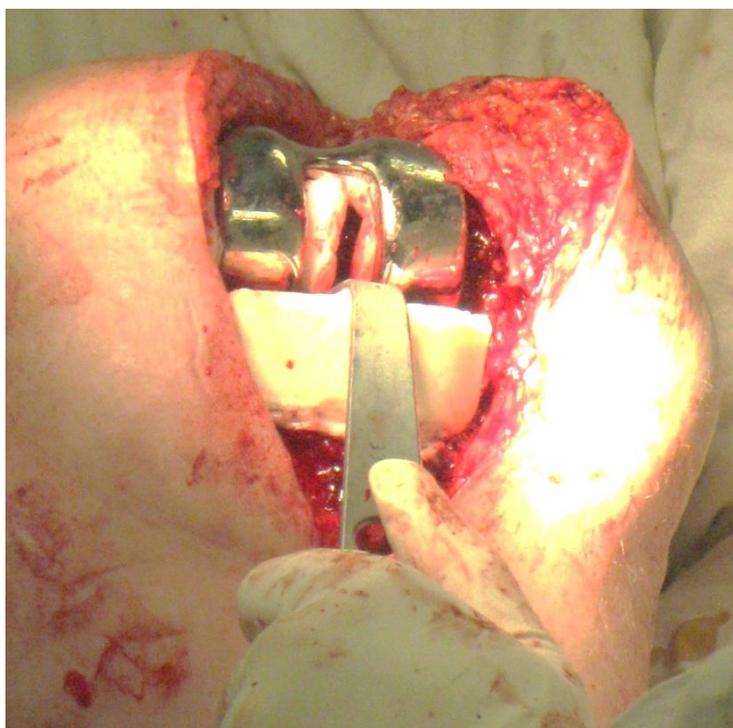


Рисунок 5.5 – Артикулирующий спейсер коленного сустава в ране. Обращает на себя внимание толщина большеберцового компонента, позволяющая сбалансировать коленный сустав в условиях дефицита кости и связочного аппарата

В 5 случаях у пациентов подгруппы 2-К были применены неартикулирующие спейсеры, однако в настоящее время мы практически не применяем такие спейсеры, ввиду сложностей при их удалении во время второго этапа и заведомо худшего функционального результата.

После установки спейсера рану послойно ушивали наглухо с оставлением дренажа. Дренаж удаляли в течение 24 часов после операции, после чего разрешали движения в коленном суставе и ходьбу на костылях

Подходы ко второму этапу рТЭКС зависели от того, какой интервал мы использовали. При коротком интервале второй этап выполняли через 14–21 дней на фоне продолжающейся внутривенной антибиотикотерапии при условии первичного заживления раны и отсутствия локальных и общих воспалительных изменений. В таких случаях пациент в течение всего интервала между этапами находился в стационаре под наблюдением, и повторная госпитализация не требовалась. При длинном интервале перед вторым этапом пациента обследовали на предмет рецидива ППИ (анализы крови, обязательное цитологическое и микробиологическое исследование пунктата).

После второго этапа рТЭКС пациенты обеих групп в течение 2 недель получали внутривенную антибиотикотерапию в стационаре с переводом на таблетированные препараты в течение 8 недель после выписки.

5.1.3. Результаты лечения пациентов 2-й группы

Средний срок оценки результатов пациентов после второго этапа рТЭКС составил $31,7 \pm 9,1$ месяцев (минимум 14 месяцев).

При анализе предоперационной амплитуды движений у пациентов с ППИ обращает на себя внимание тенденция к формированию сгибательной контрактуры. Получена статистически значимая разница в отношении объема сгибания: у пациентов подгруппы 2-О достигнут бóльший угол сгибания после двухэтапного рТЭКС (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Амплитуда движений у пациентов 2-й группы (в град.)

	До начала лечения		После завершения второго этапа рТЭКС		
	Подгруппа 2-О	Подгруппа 2-К	Подгруппа 2-О	Подгруппа 2-К	p
Разгибание	$4,92 \pm 6$	6 ± 6	$0,7 \pm 1,7$	1 ± 3	0,5
Сгибание	$62,7 \pm 24,6$	$64,8 \pm 24,8$	$98,4 \pm 16$	$89,7 \pm 18,7$	< 0,01

Мы провели анализ результатов результатов лечения по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 (Таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Средние показатели шкал-опросников до и после двухэтапной рТЭКС у пациентов 2-й группы (в баллах)

	Подгруппа 2-О		Подгруппа 2-К	
	До операции	После операции	До операции	После операции
ВАШ	8,8±1	1,1±1,5	8,7±1,1	1,6±2,1
WOMAC	70,5±17,6	18,6±12,4	70,3±17,7	23,7±17,2
OKS	46,8±9,2	21±7,1	47±9,4	25,3±8,7
FJS-12	41,4±5	13,4±8,7	41,1±5,1	16,8±11,6

Уровень боли по ВАШ после второго этапа операции снизился по сравнению с начальным уровнем в подгруппе 2-О в 8,0 раза, а в подгруппе 2-К в 5,4 раза, перейдя из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль» ($p = 0,04$) (Рисунок 5.6).

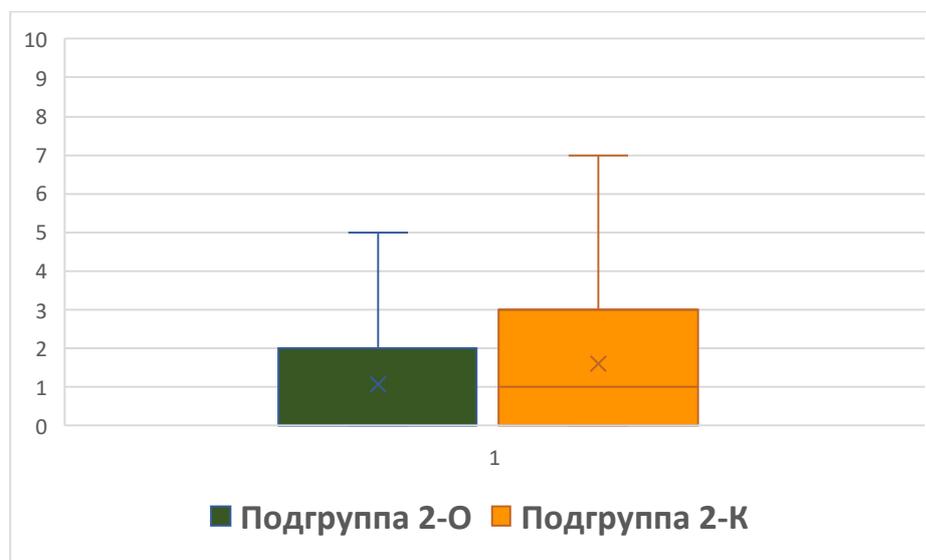


Рисунок 5.6 – Средние показатели болевого синдрома (в баллах по ВАШ) у пациентов 2-й группы после второго этапа рТЭКС

Средние показатели по шкале WOMAC в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,8 раза, а в подгруппе 2-К в 3,0 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 5,1 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,03$) (Рисунок 5.7).

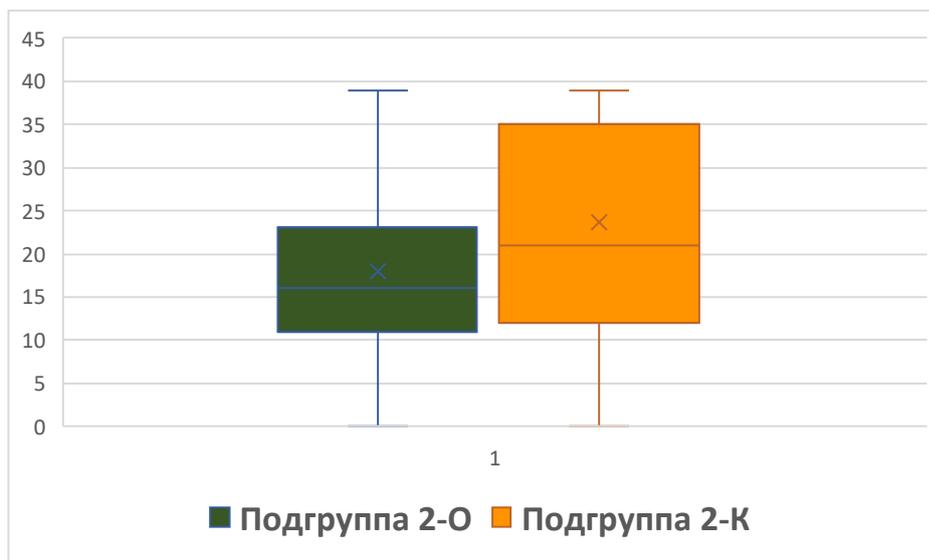


Рисунок 5.7 – Средние показатели шкалы WOMAC (в баллах) у пациентов 2-й группы после второго этапа рТЭКС

Средние показатели по шкале OKS в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 2,2 раза, а в подгруппе 2-К в 1,9 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 4,3 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$) (Рисунок 5.8).

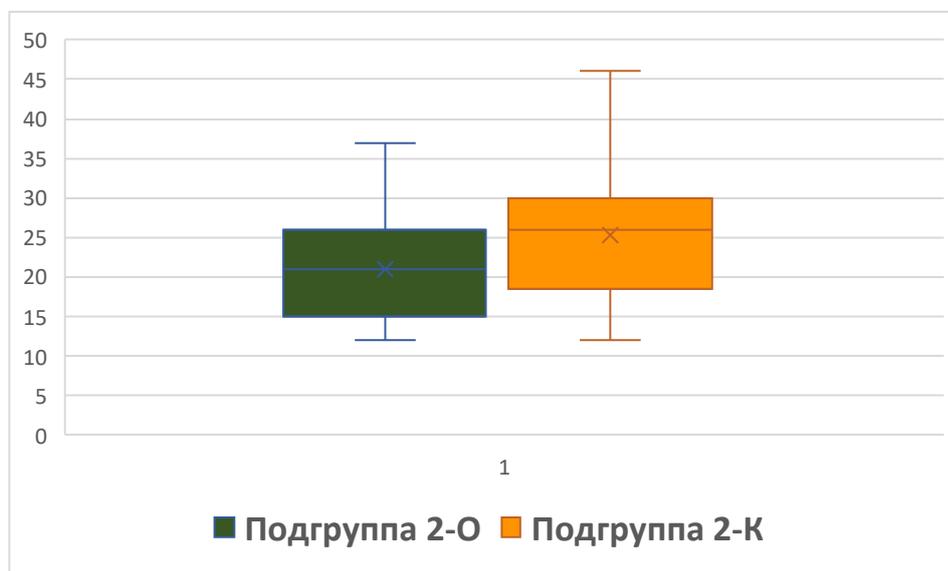


Рисунок 5.8 – Средние показатели шкалы OKS (в баллах) у пациентов 2-й группы после рТЭКС

Средние показатели по шкале FJS-12 в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,1 раза, а в подгруппе 2-К в 2,4 раза. Разница

средних показателей после операции между подгруппами составила 0,3 балла ($p = 0,03$) (Рисунок 5.9).

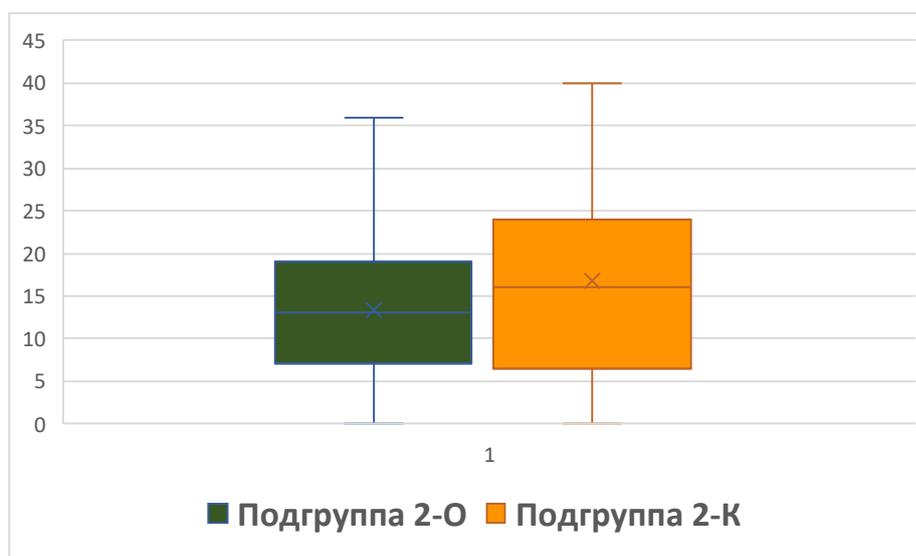


Рисунок 5.9 – Средние показатели шкалы FJS-12 (в баллах) у пациентов 2-й группы после рТЭКС

Таким образом, при лечении пациентов с перипротезной инфекцией применение коротких интервалов (в среднем $16,3 \pm 2,5$ дней) между этапами двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава по сравнению с длинными интервалами (в среднем $161 \pm 70,4$ дней) показало статистически значимые лучшие результаты по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 через минимум 14 месяцев после второго этапа рТЭКС.

5.1.4. Осложнения у пациентов 2-й группы

Среди осложнений у пациентов 2-й группы, потребовавших ревизионного вмешательства на коленном суставе, отмечены только 16 рецидивов глубокой перипротезной инфекции (11,1%): у пациентов подгруппы 2-О в 10,4% случаев, а у пациентов подгруппы 2-К – в 11,6% (Рисунок 5.10).

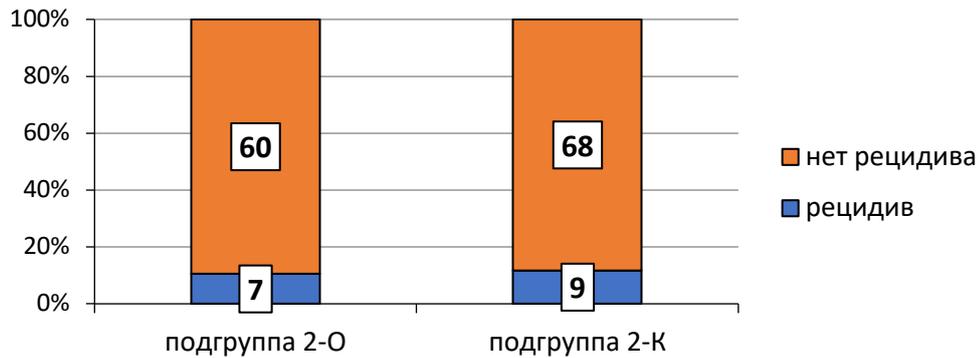


Рисунок 5.10 – Случаи рецидивов ППИ у пациентов 2-й группы

Таким образом, констатирована практически одинаковая частота рецидивов ППИ при применении как коротких интервалов между этапами рТЭКС (подгруппа 2-О), так и более продолжительных (подгруппа 2-К).

У 3 пациентов из 16 (18,8%) рецидив ППИ развился в течение 4 недель после второго этапа рТЭКС. В этих случаях провели санацию коленного сустава с заменой полиэтиленового вкладыша. У одного из этих пациентов в последующем развился повторный рецидив ППИ, что потребовало удаления всех компонентов эндопротеза с установкой артикулирующего спейсера.

У остальных 13 пациентов (81,3%) рецидивы ППИ были отмечены в более поздние периоды. Из них в 7 случаях повторно проведено два этапа рТЭКС. У трех этих пациентов вновь отмечены рецидивы ППИ, в связи с чем им был выполнен артродез коленного сустава индивидуальными имплантатами, созданными с помощью 3D-печати; эти пациенты составили дополнительную группу наблюдения № 5. У 6 пациентов с поздним рецидивом ППИ второй этап рТЭКС к настоящему моменту еще не выполнен.

В результате мы можем отметить неблагоприятные результаты лечения рецидивов перипротезной инфекции коленного сустава после двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Только у 6 пациентов (37,5%) удалось достичь установки ревизионного эндопротеза коленного сустава без повторных рецидивов ППИ. У 10 пациентов (62,5%) развились повторные рецидивы ППИ. 3 пациентам (30%) среди них выполнен артродез коленного сустава, 7 пациентам (70%) второй этап рТЭКС не выполнен.

5.1.5. Клинический пример (пациент из подгруппы 2-О)

Пациент М.И.А., 69 лет. Обратился в нашу клинику в сентябре 2020 года. В 2018 году по поводу правостороннего гонартроза III стадии выполнено тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. Через 2 месяца после операции перешел с костылей на трость, однако еще через 1 месяц вернулся на костыли в связи с нарастающим болевым синдромом, вскоре стали беспокоить боли в покое. Отмечал многократные подъемы температуры тела до 38,3° С. Среди сопутствующих заболеваний – сахарный диабет.

При осмотре: рост 172 см, вес 100 кг, ИМТ = 33,8 кг/м². Область правого коленного сустава отечна, гиперемирована, свищей нет. Отмечается варусная деформация правой нижней конечности – 5°, сгибательная контрактура – 5°, сгибание – 40°. Признаков нестабильности связочного аппарата нет, разгибательный аппарат функционирует. При поступлении СОЭ – 90 мм/час, С-реактивный белок – 54 мг/дл. Выполнена пункция правого коленного сустава, получено 30 мл мутной жидкости с геморрагической примесью. При подсчете лейкоцитов в камере Горяева получено 18000 клеток на 1 мкл, в посевах – метициллин-резистентный эпидермальный стафилококк (MRSE). На рентгенограммах – признаки миграции большеберцового компонента с остеолитом правой большеберцовой кости (Рисунок 5.11).

24 сентября 2020 года выполнен первый этап рТЭКС. Перед началом операции пациенту введен ванкомицин 1,0 в/в. При ревизии: множественные патологические грануляции, большеберцовый компонент расшатан, бедренный стабилен. Бедренный компонент удален с помощью осцилляторной пилы и пилы Джигли. Большеберцовый компонент удален. Синовиальная жидкость, патологические грануляции, мембрана из-под большеберцового компонента, фрагмент кости из-под бедренного компонента направлены на гистологическое исследование. В последующем в 3 из 4 образцов получен метициллин-резистентный эпидермальный стафилококк (MRSE).



Рисунок 5.11 – Пациент М.И.А. Рентгенограммы перед операцией. Варусное смещение большеберцового компонента эндопротеза, остеолит внутреннего мыщелка большеберцовой кости

Патологические ткани иссечены, большеберцовая кость очищена от мембраны. Сустав и каналы бедренной и большеберцовой костей обильно промыты 10 литрами физиологического раствора с помощью системы Pulsovac Plus. Установлен артикулирующий спейсер, состоящий из 80 г цемента Cemex, к которым добавлено 4 г ванкомицина (до смешивания порошкообразной и жидкой частей). Костные дефекты заполнены цементом с антибиотиком (Рисунок 5.12).



Рисунок 5.12 – Пациент М.И.А. Рентгенограммы и топограмма после первого этапа двухэтапного рТЭКС

После первого этапа рТЭКС продолжали введение ванкомицина 1,0x2 раза в день внутривенно. Пациент активизирован на костылях на следующий день после операции. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением, швы сняты на 10 сутки.

08 октября 2020 года (на 14-е сутки после первого этапа операции) пациенту выполнен второй этап рТЭКС. Компоненты артикулирующего спейсера удалены, на посев отправлены образец синовиальной жидкости, капсулы сустава, фрагмента цемента с удаленного спейсера и образцы бедренной и большеберцовой костей. В последующем ни в одном из образцов роста флоры обнаружено не было. Установлен эндопротез Zimmer NG LССК (Рисунок 5.13).



Рисунок 5.13 – Пациент М.И.А. Рентгенограммы и топограмма после второго этапа рТЭКС

В течение последующих 14 дней после операции пациент находился в клинике, продолжалось введение ванкомицина 1,0x2 раза в день внутривенно, после чего был выписан под амбулаторное наблюдение с рекомендациями приема левофлоксацина 500 мг 2 раза в день и рифампицина 450 мг 2 раза в день внутрь в

течение 8 недель. Проводили лечебную физкультуру. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением, швы сняты на 10 сутки.

При контрольном осмотре через 26 месяцев данных за рецидив ППИ нет, позиционирование компонентов эндопротеза не нарушено (Рисунок 5.14)

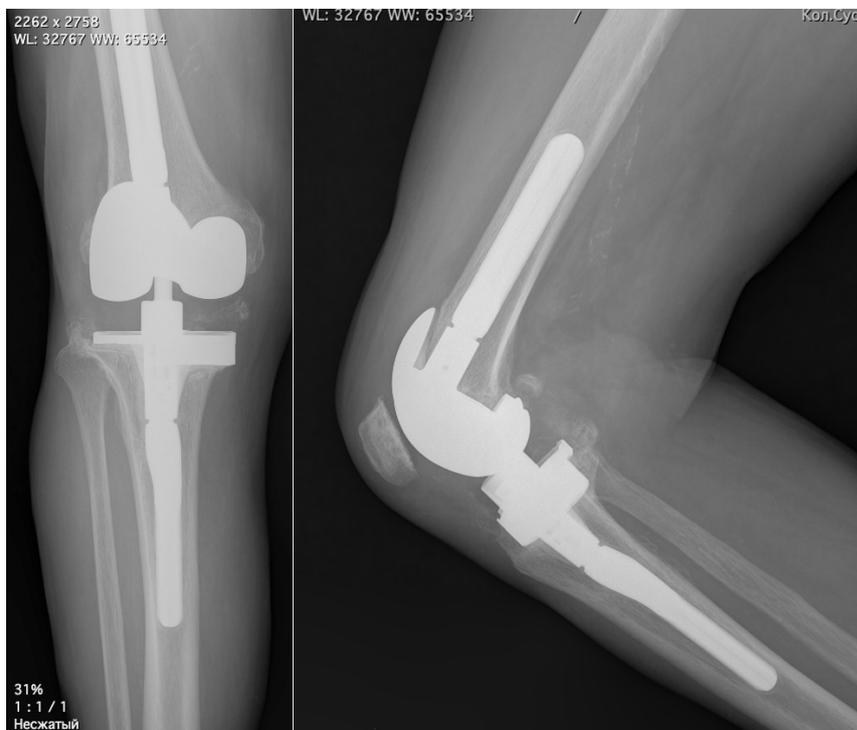


Рисунок 5.14 – Пациент М.И.А. Рентгенограммы через 26 месяцев после второго этапа рТЭКС

Показатели анкетирования: ВАШ – 1 балл, WOMAC – 9 баллов, OKS – 14 баллов, FJS-12 – 5 баллов. Разгибание в правом коленном суставе полное, сгибание 110°. Результат признан хорошим, пациент доволен результатом (Рисунок 5.15).



Рисунок 5.15 – Пациент М.И.А. через 26 месяцев после операции

5.2. Артродез коленного сустава при рецидивирующей перипротезной инфекции

5.2.1. Показания и планирование операции

Заведомо неблагоприятный прогноз установки нового ревизионного протеза у 3 пациентов с рецидивирующей ППИ и ранее предпринятыми многократными ревизионными вмешательствами на коленном суставе обусловил необходимость артродезирования коленного сустава, что преследовало цель как борьбы с ППИ, так и восстановления опороспособности конечности.

Значительный дефицит кости в таких случаях не позволял соединить бедренную и большеберцовую кость между собой, что потребовало применения

специальных конструкций. Мы фиксировали нижнюю конечность в функционально выгодном положении, устраняя возможность движений в коленном суставе, но сохраняя опороспособность. Для этого планировали и распечатывали на 3D-принтере из порошкового металлического сплава Rematitan бедренный и большеберцовый компоненты и устанавливали их в каналы бедренной и большеберцовой кости на костном цементе и соединяли между собой с помощью трех винтов (Рисунок 5.16).

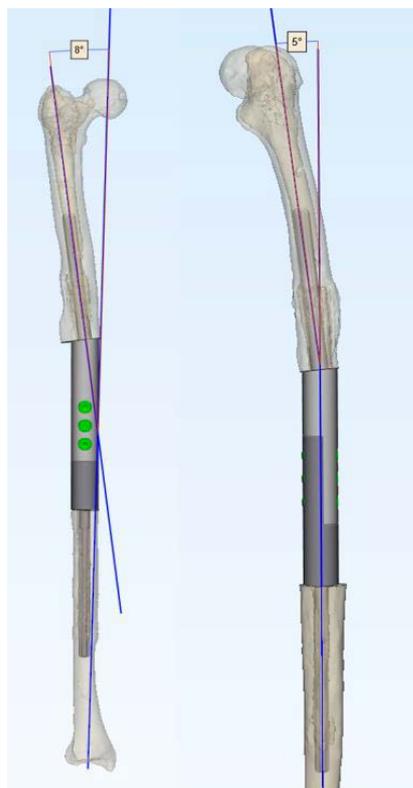


Рисунок 5.16 – Артродез коленного сустава при рецидивирующей ППИ с помощью индивидуальных конструкций (схема)

Следует отметить, что одна из фирм-производителей эндопротезов предлагает подобного вида конструкции, однако они отличаются крайне высокой ценой и не могут перекрыть очень протяженные дефекты бедренной и большеберцовой костей; кроме того, они не учитывают отклонение механической оси бедренной кости.

5.2.2. Характеристика пациентов и достигнутые результаты

Пациенты, которым было выполнено артродезирование коленного сустава на фоне рецидивирующей ППИ и безуспешных попыток выполнения ревизионного эндопротезирования, составили дополнительную 5-ю группу наблюдения (n = 3) (Таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Общая характеристика пациентов дополнительной 5-й группы и полученные результаты

Пол	Возраст на момент выполнения операции артродеза (лет)	Количество операций после первичного ТЭКС	Возбудитель ППИ	Сроки наблюдения после артродезирования (мес)	Результат
ж	76	4	<i>Pseudomonas Aueruginosa</i>	33	Конструкция стабильна, рецидива ППИ нет
ж	84	15	<i>E. Coli</i>	18	Расшатывание конструкции, убедительных данных за рецидив ППИ нет
м	79	6	MRSA	38	Конструкция стабильна, рецидива ППИ нет

Из приведенной таблицы видно, что все пациенты были пожилого возраста. Им неоднократно (от 4 до 15 раз) предпринимались попытки выполнения ревизионного эндопротезирования, которые постоянно заканчивались неудачей на фоне рецидивов ППИ. После выполнения артродезирования коленного сустава по нашей методике ни у одного пациента не отмечено рецидивов ППИ, однако в одном случае через 18 месяцев констатировано расшатывание компонентов эндопротеза. В двух остальных случаях операции артродезирования привели к желаемому результату, восстановив опорность конечности.

5.2.3. Клинические примеры пациентов 5-й группы

Пример №1

Пациент Р.Ю.М., на момент артродеза коленного сустава – 79 лет. Из анамнеза: в 2014 году по поводу правостороннего гонартроза III стадии выполнено тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. Спустя несколько месяцев стал отмечать повышение температуры тела, припухлость, боли в оперированном коленном суставе, невозможность полноценной опоры на оперированную нижнюю конечность. В течение почти двух лет получал консервативное лечение у оперировавшего хирурга.

В нашу клинику обратился в 2016 году с клиникой ППИ правого коленного сустава и расшатыванием большеберцового компонента эндопротеза (Рисунок 5.17). По шкале ВАШ – 9 баллов, WOMAC – 84 балла, OKS – 52 балла, FJS-12 – 46 баллов. В пунктате из коленного сустава: лейкоцитов 120000 в 1 мкл, микрофлора – MRSA.

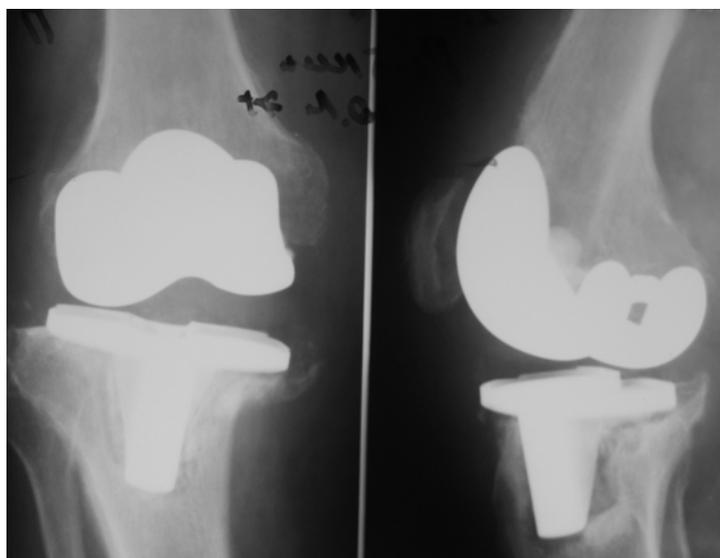


Рисунок 5.17 – Пациент Р.Ю.М. Рентгенограммы при обращении в нашу клинику (2016 г.). Расшатывание тибиального компонента эндопротеза

В 2016 году выполнено удаление эндопротеза правого коленного сустава, санация правого коленного сустава с установкой артикулирующего спейсера (Рисунок 5.18).

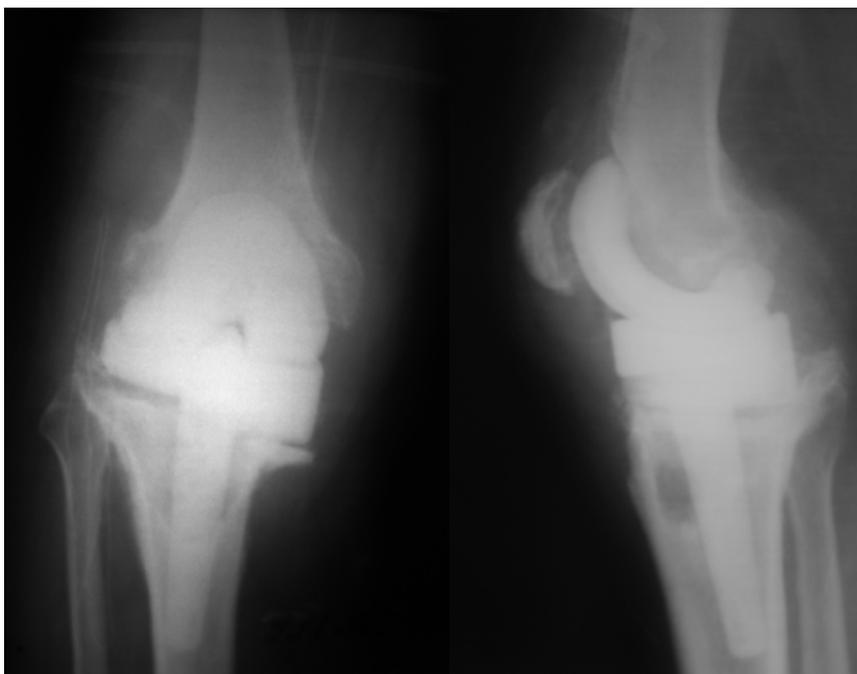


Рисунок 5.18 – Пациент Р.Ю.М. Рентгенограммы после установки артикулирующего спейсера (2016 г.)

Спустя 8 месяцев в 2017 году: в анализах крови: СОЭ – 15 мм/час, С-реактивный белок 1 мг/дл. В пунктате лейкоцитов 300 в 1 мкл, роста флоры нет. В 2017 году выполнен второй этап ревизионного эндопротезирования с установкой эндопротеза Zimmer NexGen RHK (Рисунок 5.19).

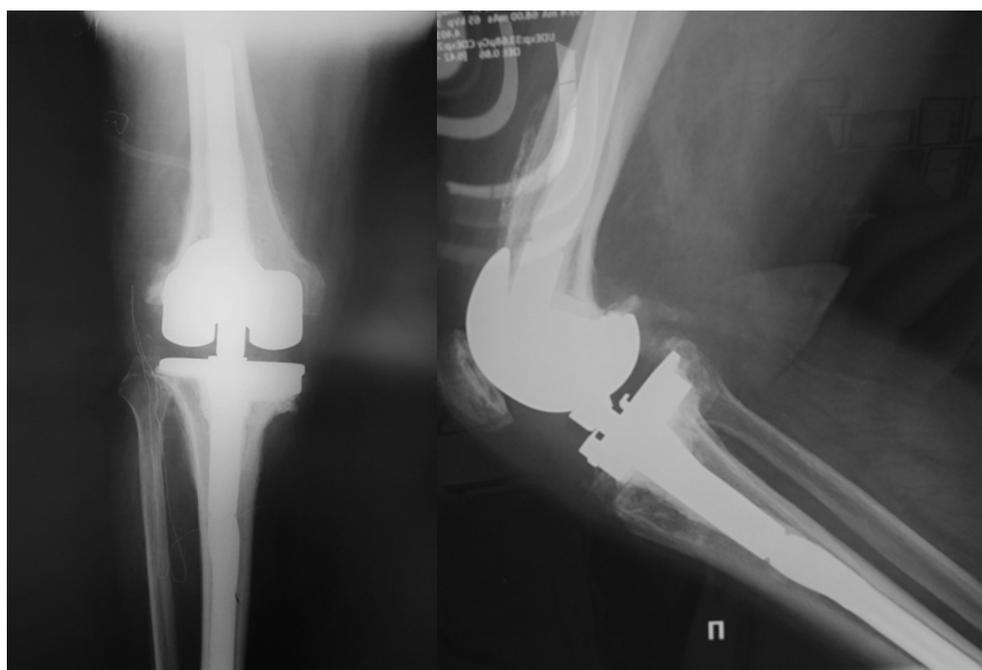


Рисунок 5.19 – Пациент Р.Ю.М. Рентгенограммы после установки эндопротеза Zimmer NexGen RHK (2017 г.)

В 2019 году отмечен рецидив перипротезной инфекции, что вновь привело к необходимости удаления эндопротеза и установки артикулирующего спейсера. В 2020 году – миграция спейсера (Рисунок 5.20, Рисунок 5.21).



Рисунок 5.20 – Пациент Р.Ю.М. Миграция спейсера правого коленного сустава

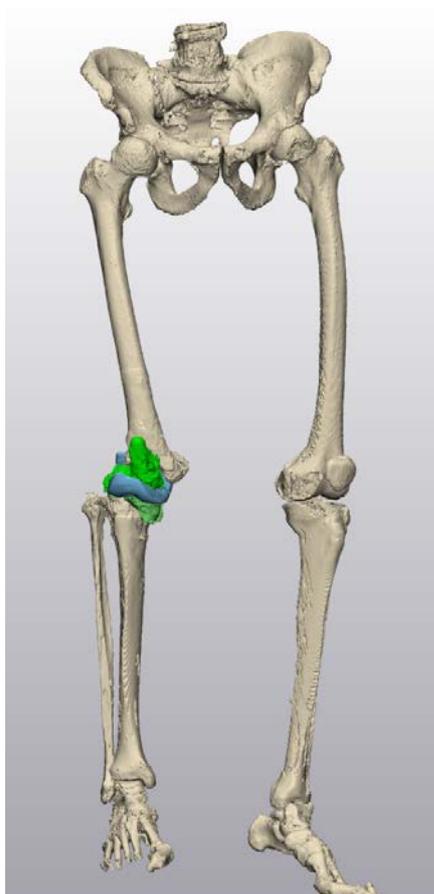


Рисунок 5.21 – Пациент Р.Ю.М. Виртуальная модель нижних конечностей, созданная на основании данных КТ

В общем анализе крови на фоне: СОЭ – 89 мм/час, С-реактивный белок 44,7 мг/дл. В пунктате 32000 лейкоцитов на 1 мкл, роста флоры получено не было.

Пациент предупрежден о крайне высоком риске обострения перипротезной инфекции и согласился на выполнение артродеза правого коленного сустава с применением индивидуальной конструкции. Изгиб стержня бедренной части штифта учитывал отклонение механической оси бедренной кости 8° и имел наклон назад 5° , чтобы обеспечить наиболее функционально выгодное положение нижней конечности. Вид компонентов конструкции представлен на Рисунке 5.22.



Рисунок 5.22 – Компоненты конструкции для артродеза коленного сустава. А – бедренный компонент, Б – большеберцовый компонент, В – соединительный винт (для сбора конструкции необходимо 3 винта)

С помощью виртуальных моделей было проведено планирование уровней резекции бедренной и большеберцовой костей (Рисунок 5.23), а также расположение индивидуально изготовленной конструкции для артродеза (Рисунок 5.24).

Следует отметить, что при выполнении данного вмешательства не всегда удастся восстановить длину нижней конечности до длины контралатеральной стороны, так как мы ограничены выраженными рубцовыми изменениями мягких тканей.

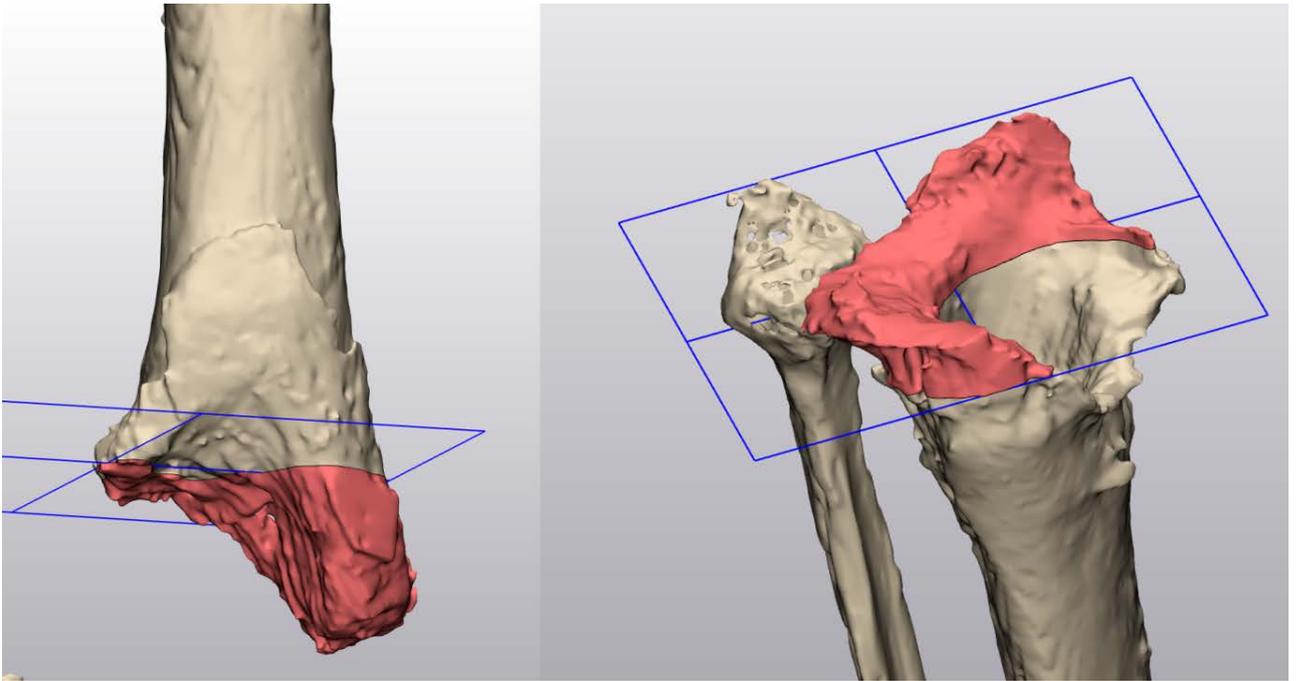


Рисунок 5.23 – Планирование уровней резекции бедренной и большеберцовой костей для пациента Р.Ю.М.

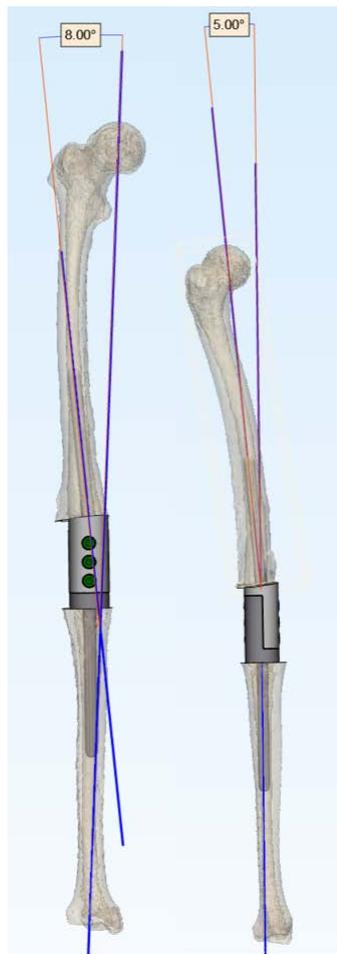


Рисунок 5.24 – Планирование расположения конструкции для артродеза для пациента Р.Ю.М

04 февраля 2020 года выполнена операция артродеза коленного сустава. Проведено удаление компонентов артикулирующего спейсера, резекция проксимального отдела большеберцовой кости и дистального отдела бедренной кости, рассверливание костномозговых каналов. После тщательной санации и промывания раны и каналов костей системой Pulsovac Plus на костном цементе выполнена установка бедренного и большеберцового компонентов конструкции и замыкание ее посредством трех соединительных винтов. Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа (Рисунок 5.25).



Рисунок 5.25 – Пациент Р.Ю.М. Рентгенограммы и топограммы после операции

На следующие сутки дренаж удален, пациент активизирован на костылях. В течение 2 недель проводили внутривенную антибиотикотерапию с последующим переводом на пероральные антибиотики еще в течение 8 недель.

При контрольном осмотре через 38 месяцев после операции (апрель 2023 года): на компьютерных томограммах – конструкция стабильна (Рисунок 5.26).

Показатели анкетирования: по шкале ВАШ – 1 балл, WOMAC – 32 балла, OKS – 27 баллов, FJS-12 – 22 балла. Функциональный результат признан хорошим, пациент ходит без дополнительной опоры, доволен результатом операции (Рисунок 5.27).



Рисунок 5.26 – Пациент Р.Ю.М. МСКТ через 38 месяцев после выполнения артродеза правого коленного сустава



Рисунок 5.27 – Пациент Р.Ю.М. Функциональный результат через 38 месяцев после выполнения артродеза правого коленного сустава

Пример №2

Пациентка Т.Г.Е., 82 года. В 2012 году по поводу правостороннего гонартроза III стадии было выполнено тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. ИМТ = 45 кг/м². В 2013 году отмечены признаки ППИ. Трижды в других клиниках выполнены попытки санации коленного сустава.

В 2016 году эндопротез правого коленного сустава удален с санацией и установкой артикулирующего спейсера. В 2017 году на фоне отсутствия клинических и лабораторных признаков инфекции выполнено рТЭКС справа с установкой эндопротеза Zimmer NexGen LССК. Однако в 2018 году – рецидив инфекции, по поводу чего выполнено удаление эндопротеза с установкой артикулирующего спейсера (Рисунок 5.28).



Рисунок 5.28 – Пациентка Т.Г.Е. Рентгенограммы после установки артикулирующего спейсера (2018 год)

После операции сохранялись боли, высокие уровни СОЭ и С-реактивного белка, в посевах – *E. coli*. В том же году выполнена повторная санация правого коленного сустава с установкой неартикулирующего спейсера (Рисунок 5.29).

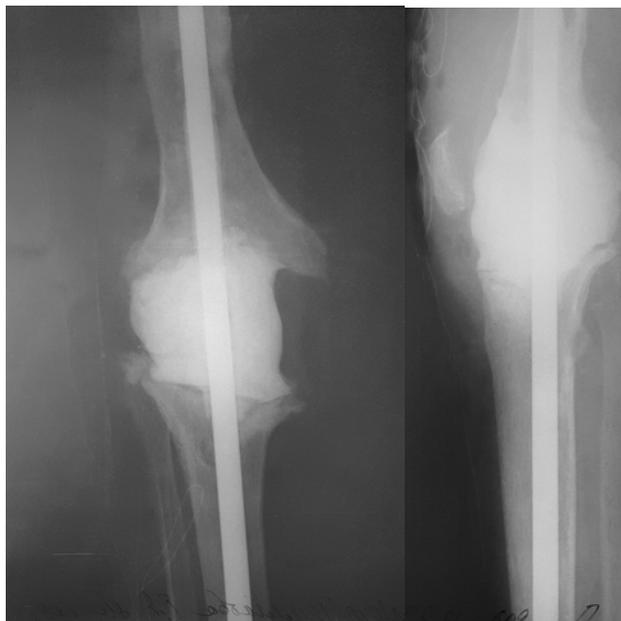


Рисунок 5.29 – Пациентка Т.Г.Е. Рентгенограммы после установки неартикулирующего спейсера (2018 год)

Спустя 6 месяцев после операции лабораторные показатели в норме, в пунктате роста флоры не обнаружено. Пациентка настаивает на ревизионном эндопротезировании коленного сустава. В 2019 году выполнено ревизионное эндопротезирование с установкой эндопротеза Zimmer NexGen RHK с индивидуальными конусами в бедренную и большеберцовую кости (Рисунок 5.30).



Рисунок 5.30 – Пациентка Т.Г.Е. Рентгенограмма после очередного ревизионного вмешательства (2019 год)

В том же году произошел рецидив инфекции. Выполнено удаление эндопротеза с установкой неартикулирующего спейсера, однако произошла его миграция (Рисунок 5.31).



Рисунок 5.31 – Пациентка Т.Г.Е. Миграция неартикулирующего спейсера (2019 год)

Артикулирующий спейсер заменен на новый, однако при нагрузке произошла перфорация стенки бедренной кости (Рисунок 5.32).

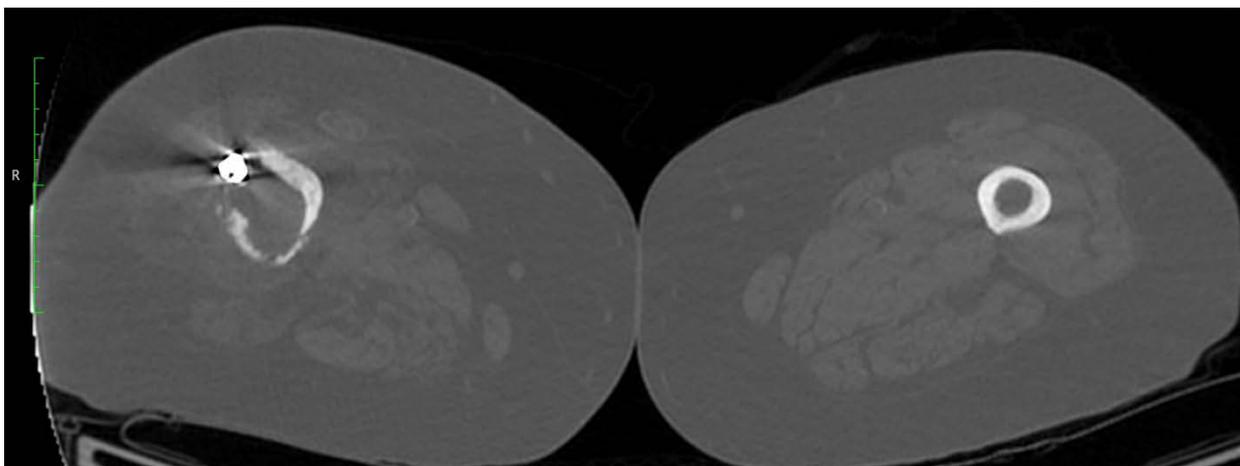


Рисунок 5.32 – Пациентка Т.Г.Е. Перфорация стенки бедренной кости стержнем неартикулирующего спейсера

Ввиду бесперспективности дальнейших попыток установки ревизионного эндопротеза пациентке предложен артродез коленного сустава. На основании данных МСКТ для планирования операции создана модель ее нижних конечностей (Рисунок 5.33).

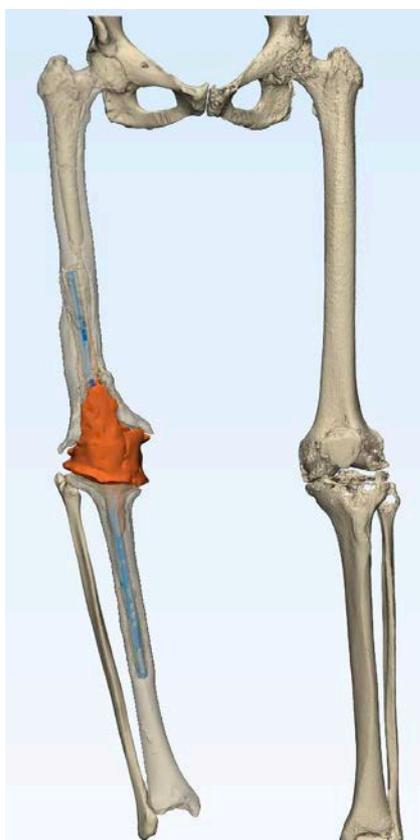


Рисунок 5.33 – Пациентка Т.Г.Е. Модель нижних конечностей

На основе созданной модели выполнено планирование резекции пораженных участков бедренной и большеберцовой костей и расположения конструкции для артродеза (Рисунок 5.34).



Рисунок 5.34 – Пациентка Т.Г.Е. Планирование расположения конструкции для артродеза

16 февраля 2021 года выполнено хирургическое вмешательство: удаление неартикулирующего спейсера коленного сустава, резекция пораженных участков бедренной и большеберцовой костей, санация сустава. На костном цементе в бедренную и большеберцовую кости установлены компоненты конструкции для артродеза, соединены между собой 3 винтами. Рана ушита наглухо с оставлением дренажа (Рисунок 5.35).

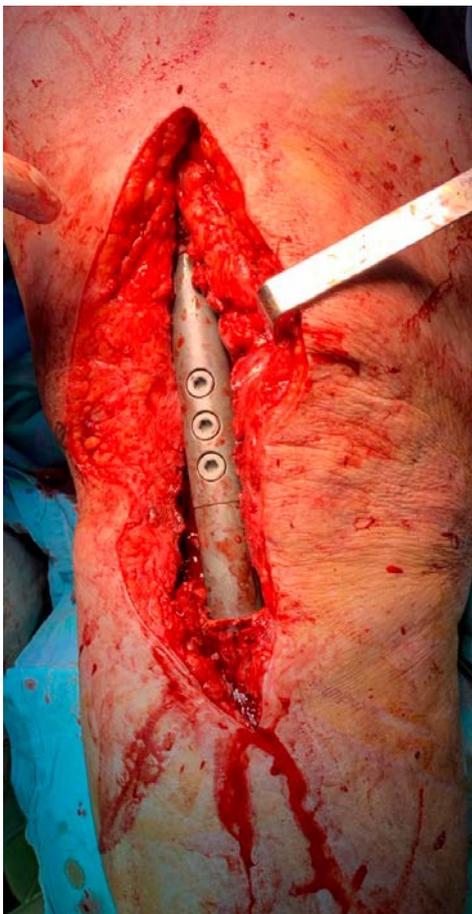


Рисунок 5.35 – Интраоперационный вид индивидуальной конструкции для артродеза

Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Пациентка активизирована на ходунках, на 14 сутки после операции выписана под амбулаторное наблюдение.

При динамическом осмотре через 18 месяцев после операции: убедительных данных за рецидив инфекционного процесса нет: в анализе крови СОЭ – 12 мм/час, СРБ – 5 мг/дл, послеоперационный рубец без воспалительных изменений. Пациентка может передвигаться только с ходунками. На рентгенограммах признаки остеолиза в зонах фиксации бедренного и большеберцового компонентов конструкции. Кроме того, на контралатеральной стороне отмечается левосторонний гонартроз III стадии (Рисунок 5.36).



Рисунок 5.36 – Пациентка Т.Г.Е. А, Б, В – рентгенограммы через 18 месяцев после артродеза правого коленного сустава индивидуальной конструкцией. Отмечается остеолиз в зонах фиксации конструкции. Г – рентгенограмма левого коленного сустава. Остеоартроз III стадии

Несомненно, в этой ситуации мы никогда не сможем исключить рецидив периимплантной инфекции. К сожалению, несмотря на настоятельные рекомендации, пациентка не может снизить вес, что является дополнительным отягощающим фактором.

Этот клинический пример показывает, что количество ревизионных вмешательств на коленном суставе после эндопротезирования ограничено, и каждый последующий рецидив периимплантной инфекции кратно снижает вероятность положительного исхода.

Таким образом, можно отметить, что применение индивидуальных конструкций для артродеза коленного сустава может быть рассмотрено как один из вариантов выхода при бесперспективности ревизионного эндопротезирования.

Несмотря на отсутствие движений в коленном суставе сохраняется опороспособность нижней конечности. У двух наших пациентов в сроки 33 и 38 месяцев после артродеза нет признаков расшатывания конструкции и сохраняется удовлетворительная опороспособность оперированной нижней конечности. Мужчина, представленный в клиническом примере № 1, может ходить без дополнительной опоры, сделал в своем автомобиле ручное управление и способен полностью самостоятельно передвигаться и обслуживать себя.

5.3. Резюме

Нами была оптимизирована система лечения пациентов с неудовлетворительными результатами эндопротезирования коленного сустава, для чего разработаны и обоснованы пути повышения эффективности выполняемых операций ревизионного эндопротезирования в отношении пациентов как с перипротезной инфекцией (2-я группа наблюдения), так и без ее развития (1-я группа наблюдения).

Общее число пациентов, вошедших в данное исследование, составило 427 человек, из которых у 219 применили по соответствующим показаниям разработанные нами методики лечения. Эти пациенты вошли в подгруппы, названные основными (1-О – 152 человека и 2-О – 67 человек). Пациенты, которым проводили лечение традиционными способами (208 наблюдений), вошли в контрольные подгруппы (1-К – 131 человек и 2-К – 77 человек).

Контроль и оценку результатов проводили по шкалам-опросникам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12.

Обращает внимание, что средние значения начальных показателей в основных и контрольных подгруппах были или полностью, или почти идентичными. Незначительные различия (0,5 балла по WOMAC и 0,5 балла по OKS) не имели статистической значимости ($p > 0,05$). Таким образом, по степени тяжести патологии пациенты были полностью сопоставимы (Таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Средние показатели шкал-опросников до и после рТЭКС у пациентов 1 и 2 групп (в баллах)

	Подгруппы 1-О и 2-О (основные) n = 219		Подгруппы 1-К и 2-К (контрольные) n = 208	
	До операции	После операции	До операции	После операции
ВАШ	8,5	1,2	8,5	1,5
WOMAC	68,5	15,5	69,0	20,2
OKS	44,9	20,7	45,4	25,0
FJS - 12	40,6	12,2	40,6	15,6

В то же время, достигнутые результаты лечения имели отличия.

В основных подгруппах удалось снизить болевой синдром в 7,1 раза, а в контрольных – в 5,7 раза. В обеих проанализированных когортах среднее значение боли перешло из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль», разница составила 0,3 балла по ВАШ в пользу основных подгрупп. Это отличие является статистически значимым, однако, в соответствии с международными рекомендациями, не имеет клинического значения. Поэтому можно считать, что уровень боли у всех пациентов в результате проведенного лечения был одинаков.

По шкале WOMAC в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 4,4 раза, а в контрольных – в 3,4 раза. Итоговая разница средних показателей составила 4,7 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

По шкале OKS в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 2,2 раза, а в контрольных – в 1,8 раза. Итоговая разница средних показателей составила 4,3 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

По шкале FJS-12 в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 3,3 раза, а в контрольных – в 2,6 раза. Итоговая разница средних показателей составила 3,4 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

Таким образом, оптимизация системы лечения пациентов, нуждающихся в ревизионном эндопротезировании коленного сустава, позволила получить статистически значимое улучшение результатов по шкалам оценки функции

коленного сустава, что позволяет рекомендовать разработанные подходы к внедрению в клиническую практику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследование включены результаты обследования и лечения 427 пациентов, которым в период 2014–2021 гг. в травматолого-ортопедическом отделении УКБ № 1 Клинического центра ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) было выполнено тотальное ревизионное эндопротезирование коленного сустава. Среди пациентов, вошедших в исследование, преобладали женщины (326 человек), что составило 85,2%. Средний возраст составил $68,9 \pm 9,2$ лет, в диапазоне от 39 до 91 года. Большинство пациентов принадлежало к пожилому и старческому возрасту, причем доля нетрудоспособных лиц составила 85,5%. 25,8% пациентов, подлежащих ревизионному эндопротезированию коленного сустава в нашей клинике, страдали избыточной массой тела, 68,4% – ожирением, среди которых 9,6% пациентов имели ожирение 3 степени с ИМТ 40 и более.

Критерии включения:

- Наличие показаний к ревизионному тотальному эндопротезированию коленного сустава.
- Возраст старше 18 лет.
- Наличие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения:

- Противопоказания к ревизионному эндопротезированию коленного сустава, вызванные общесоматической или психической патологией.
- Пациенты с перипротезной инфекцией коленного сустава, которым первый этап двухэтапного ревизионного эндопротезирования (установка спейсера) выполнен в другом лечебном учреждении.
- Пациенты с показаниями к ревизии одномышцелкового эндопротеза коленного сустава.

- Невозможность проведения послеоперационной реабилитации по стандартному протоколу вследствие общесоматических, психических нарушений или ортопедической патологии контралатеральной конечности.

Критерии исключения:

- Отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании.
- Нарушение пациентом предписанного режима, повлекшее развитие осложнений или потребовавшее существенного изменения реабилитационного протокола.

рТЭКС выполняли по следующим *показаниям*:

- Хроническая перипротезная инфекция (144 пациента (33,7%)).
- Асептическое расшатывание одного или нескольких компонентов эндопротеза (120 пациентов (28,1%)).
- Клинически значимое нарушение пространственной ориентации одного или нескольких компонентов эндопротеза (70 (16,4%)).
- Клинически значимая нестабильность связочного аппарата коленного сустава (39 пациентов (9,1%)).
- Перипротезный перелом (23 пациента (5,4%)).
- Разрушение одного или нескольких компонентов эндопротеза (31 пациент (7,3%)).

Если при обследовании мы не выявляли очевидные показания к рТЭКС, то для уточнения диагноза выполняли динамическую мультиспиральную компьютерную томографию (дМСКТ) по разработанной нами методике.

Если и при этом исследовании признаков расшатывания эндопротеза не было выявлено, ревизионное эндопротезирование коленного сустава не считали показанным и искали экстраартикулярные причины болей (ипсилатеральный тазобедренный сустав, пояснично-крестцовый отделы позвоночника), или направляли пациента к смежным специалистам, которые назначали соответствующее консервативное лечение. Такие пациенты в наше исследование не вошли. В то же время дМСКТ позволила в 24,1% случаев выявить ранее не

распознанные признаки расшатывания компонентов эндопротеза (35 пациентов), которые в наше исследование были включены.

На основании проведенного первичного обследования пациенты были разделены на имеющих неинфекционные показания к рТЭКС (283 человека) и инфекционные показания (144 человека) – всего 427 пациентов.

Группа 1 (n = 283) – неинфекционные показания к рТЭКС. Группа разделена на две подгруппы: 1-О (основную) и 1-К (контрольную). В подгруппу 1-О вошли 152 пациента, оперированных с января 2018 года, когда в клинике стали применять новые методики и инструментарий, разработанные для восстановления суставной щели коленного сустава, сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента. В подгруппу 1-К вошел 131 пациент, операции у которых были выполнены до этого срока с применением стандартных методик.

Группа 2 (n=144) – инфекционные показания к рТЭКС (верифицированная перипротезная инфекция). Всем пациентам выполнили двухэтапное ревизионное эндопротезирование коленного сустава: на первом этапе – удаление имплантов, санация очага и установка спейсера; на втором этапе – установка ревизионного эндопротеза. Группа разделена на две подгруппы: 2-О (основную) и 2-К (контрольную). В подгруппу 2-О вошли 67 пациентов, оперированных с января 2019 года, когда в соответствии с опубликованными рекомендациями европейской школы по диагностике и лечению перипротезной инфекции под руководством А. Trampuz в госпитале Charite в Берлине (Pro-Implant Foundation) [298] интервал между двумя этими этапами хирургического вмешательства составил от 14 до 21 суток. В подгруппу 2-К вошли 77 пациентов, оперированных до января 2019 года, у которых интервал между операциями, в соответствии с ранее применяемыми методиками [70, 349] был более продолжительным и ни в одном случае не был короче 28 суток.

Кроме того, был проведен анализ результатов операций, выполненных по особым показаниям, для чего сформировано еще 3 дополнительных группы наблюдения из числа пациентов, ранее уже вошедших в состав как 1-й, так и 2-й групп.

Дополнительная группа 3 (n = 13) – пациенты с клинически значимой несостоятельностью связки надколенника. Группа 3 разделена на две подгруппы: 3-О (основную) и 3-К (контрольную). В подгруппу 3-О вошли 6 пациентов (1 из группы 1, и 5 из группы 2), которым с января 2017 года выполнена аутопластика связки по разработанной нами методике. В подгруппу 3-К вошли 7 пациентов (2 из группы 1 и 5 из группы 2), которым выполнили пластику иными, ранее известными способами.

Дополнительная группа 4 (n = 42) – пациенты со значительными костными дефектами, требующими замещения перед имплантацией компонентов эндопротеза. Группа 4 разделена на две подгруппы: 4-О (основную) и 4-К (контрольную). В подгруппу 4-О вошел 21 пациент (17 из группы 1, и 4 из группы 2), которым с ноября 2017 года пластику костных дефектов при рТЭКС выполняли с использованием индивидуальных конструкций (конусов или аугментов), напечатанных на 3D-принтере. В подгруппу 4-К вошел 21 пациент (17 из группы 1 и 4 из группы 2), которым выполнили пластику костных дефектов с применением аугментов ревизионной системы NexGen LССК или конусов из трабекулярного металла Zimmer-Biomet.

Дополнительная группа 5 (n = 3) – пациенты с многократными (от 2 до 5 раз) рецидивами глубокой перипротезной инфекции коленного сустава. В этих случаях дальнейшие попытки сохранить движения в коленном суставе за счет рТЭКС признаны нецелесообразными и рискованными ввиду опасности обострения и генерализации инфекционного процесса. Им выполнено артрорезирование коленного сустава с применением разработанной нами методики, используя индивидуально напечатанные на 3D-принтере титановые конструкции.

При поступлении в клинику проводили клиническое обследование, включающее сбор жалоб, анамнеза, локальное обследование коленного сустава и смежных сегментов, лучевое обследование, включающее рентгенографию коленного сустава в двух проекциях, топограмму нижних конечностей, МСКТ коленных суставов. При наличии подозрений в отношении инфекционного характера осложнений выполняли диагностическую пункцию коленного сустава с

цитологическим и микробиологическим анализом синовиальной жидкости. Проводили анкетирование пациентов с применением шкал ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12.

Наиболее частым методом интраоперационного обезболивания (87,8%) явилась спинномозговая анестезия, которую применили у 375 пациентов. В остальных 52 случаях применили комбинированный эндотрахеальный наркоз, что было связано с индивидуальными особенностями пациентов. 273 пациентам (63,9%) перед операцией устанавливали эпидуральный катетер для дополнительной анестезии во время операции и пролонгированного обезболивания в раннем послеоперационном периоде.

Операцию выполняли в положении лежа на спине с упором под стопу и боковым упором для средней трети бедра. Хирургический доступ осуществляли с иссечением старого послеоперационного рубца. Перед артротомией выполняли пункцию коленного сустава, полученную синовиальную жидкость отправляли на цитологическое и микробиологическое исследование. Во всех случаях использовали медиальную артротомию, в 13 случаях использовали расширенные доступы. Выполняли удаление рубцов в верхнем завороте, вокруг надколенника, в области связки надколенника, тем самым осуществляя релиз разгибательного аппарата. После медиальной артротомии сначала с помощью долота удаляли полиэтиленовый вкладыш эндопротеза, что позволяло значительно уменьшить натяжение мягких тканей. Стабильно фиксированный бедренный компонент отделяли от кости с помощью пилы Джигли и тонкого лезвия осцилляторной пилы, после чего снимали экстрактором. Стабильно фиксированный большеберцовый компонент отделяли от кости с помощью тонкого лезвия осцилляторной пилы, далее выбивали из кости. При рТЭКС максимально резецировали измененные, патологические ткани и очищали суставные концы костей от рубцов и мембран. Всегда начинали с последовательного (с шагом в 1 мм) рассверливания канала большеберцовой кости до плотной фиксации риммера и примерочного стержня. Далее с помощью интрамедуллярного направителя выполняли очень экономную резекцию большеберцовой кости, фактически очищая ее от костного цемента или

рубцов. Имеющиеся дефекты заполняли с помощью аугментов или метафизарных конусов или предварительно подготовленных, напечатанных на 3D-принтере титановых имплантов. Выполняли обработку кости под киль большеберцового компонента с соблюдением необходимой ротации. Устанавливали примерочный большеберцовый компонент. Канал бедренной кости также последовательно обрабатывали риммерами до плотной фиксации. Учитывая наличие дефицита кости, дистальную резекцию бедра не выполняли. С помощью интрамедуллярного направителя немного исправляли переднюю, заднюю и косые резекции для восстановления оптимальной ротации бедренного компонента (если была кость) и реципрокной пилой выполняли резекцию под бокс бедренного компонента эндопротеза. Имеющиеся дефекты заполняли блоками (дистальными, задними, передним) или метафизарным конусом или предварительно подготовленным, напечатанным на 3D-принтере титановым имплантом. Вопрос о замене надколенника при рТЭКС решали индивидуально, в зависимости как от данных предоперационного обследования, так и от операционных находок. Такую замену выполнили в 378 случаях, что составило 88,5% от общего числа операций рТЭКС.

Если заведомо не планировали импланты большой степени связанности (VVC или Hinge) ввиду значительного дефицита связочного аппарата коленного сустава, то примерку импланта начинали с вкладышей PS. В случаях, если на связанности PS не получалось достичь необходимой стабилизации связочного аппарата, то переходили на более связанные конструкции. Проверяли пассивное разгибание и сгибание с возвращенным на место разгибательным аппаратом с помощью цапки. После обильного промывания раны и костных поверхностей с помощью системы Pulsavac на костном цементе устанавливали компоненты эндопротеза в следующей последовательности: большеберцовый, бедренный, примерочный вкладыш, надколенник. После полимеризации цемента устанавливали окончательный вкладыш эндопротеза. Рану послойно ушивали наглухо, с оставлением одного дренажа.

В большинстве случаев после операции пациенты возвращались в отделение, минуя реанимационное отделение. Мы выделяли следующие основные

направления раннего послеоперационного ведения пациентов после рТЭКС: стабилизация общего состояния, анальгетическая терапия, профилактика инфекционных осложнений, профилактика тромбоэмболических осложнений, лечебная физкультура.

Пациентам, у которых причина болевого синдрома после рТЭКС оставалась неясной, выполняли динамическую мультиспиральную компьютерную томографию. Для этого пациента укладывали в аппарате с валиком под коленным суставом так, чтобы сгибание составляло 90° . Во время проведения компьютерного сканирования больной осуществлял плавное разгибание в суставе до максимально возможного в течение 10–12 секунд. Томографию выполняли в объемном режиме. После оценки по изображениям maximum intensity projection (MIP) (толщина среза 0,5 мм) и 3D-реконструкции проводили реконструкцию и анализ в режиме 4D. На MIP изображениях в трех плоскостях сустава в статичном положении рисовали 4–5 линий, каждая из которых соединяла точку в структуре компонента с точкой в структуре кортикальной кости, в которой находился этот компонент. Компьютер анализировал реконструкцию функционального исследования и отображал длину каждой из линий в процессе разгибания коленного сустава, формируя сводный график, где кривые или изолинии разных цветов соответствовали изменениям длины каждой из линий. Учитывая наличие остаточных артефактов от металлоконструкций, нами была принята погрешность измерения, равная 1 мм. Если мы наблюдали, что длина хотя бы одной линии, которая должна оставаться неизменной при стабильном положении компонента эндопротеза, менялась на 1,5 мм или более, то делали вывод о нестабильном положении компонентов эндопротеза.

Всего было обследовано 210 человек, обратившихся с болями в области оперированного коленного сустава после ТЭКС, у которых природа боли после базового обследования осталась не выясненной. С помощью дМСКТ, расшатывание компонентов эндопротеза было выявлено всего у 35 пациентов, что составило 16,7% от общего количества обследованных. При этом у 12 пациентов (5,7%) было выявлено расшатывание только бедренного компонента эндопротеза,

у 19 пациентов (9,0%) – расшатывание только большеберцового компонента, и у 4 пациентов (1,9%) расшатывание обоих компонентов эндопротеза.

Пациентам, у которых с помощью дМСКТ была выявлена нестабильность бедренного или большеберцового компонентов, выполнена операция рТЭКС, в ходе которой диагноз нестабильности подтвержден во всех случаях. В то же время, отмечено 4 случая, когда по результатам дМСКТ компоненты эндопротеза были признаны стабильными, и на этом основании пациентам было отказано в операции рТЭКС. Они, согласно нашему алгоритму, были направлены на дополнительное обследование и консервативное лечение, однако вследствие сохраняющихся болей и дисфункции им впоследствии все же было выполнено рТЭКС. В ходе операции выявлено расшатывание бедренного (2 случая) и большеберцового (2 случая) компонентов. Эти ошибки составили 1,9% от всех выполненных исследований.

Таким образом, предложенная техника дМСКТ для верификации расшатывания компонентов эндопротеза показала высокую результативность (98,1%) в отношении верификации причин болевого синдрома у пациентов после первичного ТЭКС и позволила уточнить показания к рТЭКС, которые были подтверждены интраоперационно. Тем не менее, в 4 случаях (1,9%) дМСКТ не позволила выявить расшатывание компонентов эндопротеза. Это может свидетельствовать о том, что не всегда при движениях в коленном суставе без нагрузки происходит смещение расшатанных компонентов эндопротеза по отношению к кости. Наши наблюдения позволяют рекомендовать методику дМСКТ для уточненной диагностики в тех случаях, когда традиционные методы обследования не позволяют уверенно определить показания к выполнению рТЭКС.

В соответствии с дизайном исследования, в 1-ю группу наблюдения вошли 283 пациента, имеющие неинфекционные показания к рТЭКС.

Изменение уровня суставной щели является одной из частых проблем после эндопротезирования коленного сустава. Нами была предложена методика регулируемого восстановления уровня суставной щели при рТЭКС и разработан инструмент для этого, на что получены патенты на изобретение «Способ ревизионного эндопротезирования коленного сустава» № 2800022, приоритет

изобретения от 15 июля 2022 года [64]; и патент на полезную модель «Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 217000, приоритет полезной модели от 15 июля 2022 года [61]. Суть метода заключается в том, что в качестве ориентира для восстановления уровня суставной щели при рТЭКС использовали уровень суставной щели по отношению к верхушке головки малоберцовой кости с контралатеральной стороны – либо не оперированной (чаще всего), либо после выполненной операции ТЭКС при условии точно установленного и хорошо функционирующего эндопротеза. При планировании операции на топограмме или откалиброванной рентгенограмме в прямой проекции контралатерального коленного сустава измеряли уровень суставной щели по отношению к головке малоберцовой кости (FNJL). Для этого проводили линию, проходящую через наиболее выступающие точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости, и от нее опускали перпендикуляр к верхушке головки малоберцовой кости. Длина этого перпендикуляра и составляла уровень суставной щели (FNJL). Для восстановления необходимого уровня суставной щели при рТЭКС было разработано «Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава». Устройство состоит из цилиндрического стержня, который с помощью резьбы соединяли с примерочным стержнем эндопротеза. На стержень нанесена миллиметровая шкала. На второй стержень с помощью винтового зажима фиксируется щуп, состоящий из основания, представленного полым цилиндром, с внутренним диаметром равным диаметру второго стержня и расположенным перпендикулярно ему телескопическим щупом, первая часть которого представлена полым цилиндром наружным диаметром 7 мм, внутренним 2 мм, длиной 20 мм, вторая часть фиксируется в первой с помощью винтового зажима, имеет диаметр равный внутреннему диаметру первой части, длину 25 мм и изгиб под углом 120–140 градусов на расстоянии $\frac{3}{4}$ от начала второй части так, чтобы нижняя часть щупа располагалась на уровне нижнего края полого цилиндра, который указывает расстояние на миллиметровой шкале. Во время операции после рассверливания

канала большеберцовой кости и экономной резекции тиббиального плато, это устройство на примерочном стержне устанавливали в канал большеберцовой кости. Щуп располагали на верхушке головки малоберцовой кости. По миллиметровой шкале определяли расстояние от уровня верхушки головки малоберцовой кости до уровня резекции большеберцовой кости (TLFH). Уровень суставной щели (JL) от уровня резекции большеберцовой кости рассчитывали, как $JL = FNJL + TLFH$. Толщина большеберцового компонента системы NexGen составляет 3 мм. Зная это и устанавливая полиэтиленовый вкладыш необходимой толщины, можно с точностью восстановить уровень суставной щели коленного сустава по здоровой стороне. Если максимальной толщины вкладыша недостаточно, то можно применить дополнительные металлические большеберцовые блоки для поднятия суставной щели.

Положение бедренного компонента в аксиальной плоскости влияет на ширину и равномерность сгибательного промежутка и также критично для правильной работы пателлофemorального сустава.

Нами была предложена методика регулируемой установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка и разработан инструмент, на что были получены патент на изобретение «Способ установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 2800021, приоритет изобретения от 08 июля 2022 года [63] и патент на полезную модель «Устройство для установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава» № 216034, приоритет полезной модели от 08 июля 2022 года [60].

В качестве ориентира, как и при установке разгибательного промежутка, использовали контралатеральную сторону. На компьютерной томограмме проводили линию через наиболее задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости и опускали к этой линии перпендикуляры от наружного и внутреннего надмыщелков. Для установки уровня сгибательной щели и ротации бедренного компонента строго параллельно межнадмыщелковой линии

было предложено следующее устройство. Инструмент представляет собой корпус прямоугольной формы, в центральной части верхней поверхности которого выполнен направляющий элемент, а на задней поверхности корпуса по краям длинной стороны прикреплены винтовым соединением к корпусу цапки, установленные с возможностью выдвижения, при этом в направляющем элементе установлена с возможностью перемещения Т-образная планка, в передней части которой расположена сквозная прорезь для резекции, а на другой части планки нанесена миллиметровая шкала. Кроме того, в направляющем элементе выполнены отверстия для фиксации его пинами к бедренной кости. Во время операции устройство располагали на бедренной кости, фиксируя цапки на наружном и внутреннем надмышелках. С помощью миллиметровой шкалы устанавливали планку на рассчитанный уровень по здоровой стороне, принимая во внимание толщину задних отделов бедренного компонента (обычно 9 мм).

Результаты позиционирования компонентов эндопротеза были прослежены у 283 пациентов 1-й группы наблюдения, имевших неинфекционные показания к рТЭКС. Традиционную технику операции применили у 131 пациента контрольной подгруппы (1-К), а разработанные нами методики, подтвержденные патентами РФ, были применены у 152 пациентов основной подгруппы (1-О). Обе подгруппы были сопоставимы по возрасту и полу. Средний срок оценки результатов пациентов подгруппы 1-О составил $27,6 \pm 9,5$ месяцев (минимум 14 месяцев), а пациентов подгруппы 1-К – $38,1 \pm 12,5$ месяцев (минимум 24 месяца). В подгруппе 1-О отклонение FHL, MEFG и LEFG после рТЭКС по сравнению с результатами, полученными на контралатеральном суставе, были статистически значимо меньше.

Также был проведен анализ отклонения ротации бедренного компонента от межнадмышелковой линии после рТЭКС. В подгруппе 1-О среднее отклонение от межнадмышелковой линии составило $0,6 \pm 1^\circ$, в подгруппе 1-К $2,1 \pm 1,7^\circ$ – разница составила $1,5^\circ$ ($p < 0,01$).

Таким образом, при анализе рентгенограмм и компьютерных томограмм контралатеральных коленных суставов, а также топограмм и компьютерных томограмм коленных суставов после рТЭКС, можно сделать вывод о том, что

предлагаемые нами методики восстановления уровня суставной щели, сгибательного промежутка и ротационного положения бедренного компонента эндопротеза оказались точнее по сравнению со стандартными методиками.

Мы провели анализ амплитуды движений в коленном суставе в основной и контрольной группах до и после рТЭКС. В подгруппе 1-О было достигнуто статистически значимое увеличение объема сгибания по сравнению с подгруппой 1-К. В отношении разгибания статистически значимых отличий отмечено не было.

Мы провели анализ результатов лечения по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12. В подгруппе 1-О, где пациентам в ходе операции применили разработанные нами методики, при одинаковом уровне снижения болевого синдрома были достигнуты статистически значимо лучшие результаты по всем шкалам оценки функционального состояния оперированных суставов (WOMAC, OKS и FJS-12).

Всего у пациентов 1-й группы отмечено 8 осложнений (2,8%), потребовавших повторного вмешательства – 5 в подгруппе 1-О и 3 – в подгруппе 1-К.

Одним из тяжелых, трудно поддающихся лечению осложнений после или во время тотального эндопротезирования коленного сустава является повреждение связки надколенника. Мы предложили новый метод пластики связки надколенника, на который получен патент на изобретение № 2791888 «Способ аутопластики связки надколенника», приоритет изобретения от 29 марта 2022 года [62]. Метод заключается в следующем. В качестве трансплантата использовали сухожилия двух малоберцовых мышц справа и слева. После установки компонентов ревизионного эндопротеза коленного сустава разрезом длиной 1–1,5 см в проекции сухожилия длинной малоберцовой мышцы на уровне около 5 см выше вершины наружной лодыжки осуществляли доступ к сухожилию, которое выделяли. Сухожилие пересекали максимально дистальнее и прошивали. С помощью хирургического стриппера, продвигаемого проксимально, сухожилие отсекали от мышечной части. Проксимальный край сухожилия также прошивали. Таким образом получали сухожильный трансплантат длиной около 200 мм, диаметром около 4–5 мм. Аналогичным образом забирали сухожилие длинной

малоберцовой мышцы с контралатеральной стороны. В средней и нижней частях надколенника делали два поперечных канала сверлом, диаметром равным диаметру одного из забранных сухожилий. Сухожилия проводили через эти отверстия так, чтобы с обеих сторон оставались равные части трансплантатов. На расстоянии 5–10 мм медиально и латерально от бугристости в зависимости от размеров большеберцовой кости сверлом диаметром, равным диаметру сложенных вместе двух сухожилий, дистально косо проводили два сквозных отверстия с прохождением противоположной кортикальной кости. Концы обоих сухожилий проводили через эти отверстия, натягивали с помощью нитей и фиксировали интерферентными винтами, диаметром равными диаметру отверстий.

В 3-ю дополнительную группу вошли 13 пациентов. В 6 случаях, начиная с января 2017 года, применили разработанный метод аутопластики связки надколенника. Эти 6 пациентов составили основную подгруппу (3-О). Контрольную подгруппу (3-К) составили 7 пациентов, оперированные до 2017 года с применением других методов пластики связки надколенника. У 10 пациентов (76,9%) несостоятельность связки надколенника отмечена на фоне перипротезной инфекции, что могло быть связано с неоднократными хирургическими вмешательствами после первичного ТЭКС и лизисом связки на фоне гнойного процесса. Средний срок наблюдения за пациентами 3-й дополнительной группы составил $36,6 \pm 13,1$ месяцев (минимум 23 месяца).

После выполненной операции рТЭКС в подгруппе 3-О отмечена меньшая частота перипротезной инфекции: 1 случай против 3 в подгруппе 3-К, причем в подгруппе 3-О отмечен рецидив перипротезной инфекции, а в подгруппе 3-К – 2 случая рецидива и один инфекции, развившейся впервые у пациентки, которая проходила лечение по поводу асептического расшатывания большеберцового компонента эндопротеза с пластикой связки надколенника аллотрансплантатом ($p = 0,58$).

Дальнейший сравнительный анализ проводили только у пациентов без рецидива или вновь выявленной перипротезной инфекции. Дефицит активного

разгибания распределился следующим образом: в подгруппе 3-О средние значения составили $3\pm 2,7^\circ$, в подгруппе 3-К – $11,3\pm 7,5^\circ$ ($p = 0,16$).

По шкале ВАШ в подгруппе 3-О средний результат был $1,5\pm 0,6$ баллов; в подгруппе 3-К – $2,7\pm 1,2$ балла ($p = 0,13$).

Средний балл по шкале WOMAC в подгруппе 3-О составил $17\pm 8,1$; в подгруппе 3-К – $29\pm 8,2$ ($p = 0,11$).

Средний балл по шкале OKS в подгруппе 3-О составил $20,8\pm 6,9$; в подгруппе 3-К – $21,7\pm 7,4$ ($p = 0,9$).

Средний балл по шкале FJS в подгруппе 3-О составил $13,8\pm 5,2$, в подгруппе 3-К – $16,7\pm 9,9$ ($p = 0,63$).

Таким образом, у пациентов с применением нового метода аутопластики связки надколенника сухожилиями длинных малоберцовых мышц во время рТЭКС отмечен меньший риск возникновения или рецидива глубокой перипротезной инфекции коленного сустава, меньший дефицит активного разгибания, лучшие результаты по шкалам ВАШ, WOMAC и FJS-12 и практически одинаковый результат по шкале OKS по сравнению с пациентами, у которых применялись другие методы пластики надколенника (аллопластика трансплантатом с костными блоками, аутопластика сухожилиями полусухожильной и тонкой мышц, и пластика синтетическими материалами). Статистическая значимость этого сравнительного анализа ограничена ввиду малого количества наблюдений.

Одной из важнейших задач ревизионного эндопротезирования коленного сустава является замещение костных дефектов. Мы проанализировали возможности и результаты применения 3D-печати для восполнения дефектов при рТЭКС.

Для реализации технологии 3D-печати пациенту вначале выполняли качественную компьютерную томографию обеих нижних конечностей на многосрезовом спиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion One 640 с шагом 0,5 мм. Изображения обрабатывали в режиме подавления артефактов от металла SEMAR. В процессе нашей работы мы сотрудничаем с двумя компаниями,

занимающимися обработкой изображений, планированием и 3D-печатью, находящимися в г. Москве: ООО «ТИОС» и «ИТК Эндопринт». Записанные изображения в формате DICOM с помощью электронной почты передавали специалистам компаний. Инженеры выполняли окончательную обработку компьютерных томограмм, и на их основании создавали 3D-модели костей нижних конечностей высокого разрешения. Инженер присылал ответ в файлах в форматах .png и .pdf. На .pdf изображениях в 3D-режиме возможно поворачивать изображения в любой плоскости и точно оценить все имеющиеся дефекты. Также по согласованию с хирургом инженер отмечал участки кости, подлежащие резекции под 3D-имплант (если резекции были необходимы для правильного его расположения). Планировали необходимое расположение серийного импланта в 3-х плоскостях и определяли имеющийся дефицит кости, подлежащий заполнению 3D-имплантом. Далее планировали индивидуальный компонент для заполнения костного дефекта. Поверхность компонента, контактирующая с костью, имела пористую структуру для остеоинтеграции. Поверхность импланта, контактирующая с мягкими тканями, для предотвращения их повреждения имела гладкую структуру. Для контакта индивидуального и серийного импланта предусматривался зазор для цементной мантии, поскольку для их соединения необходим костный цемент. После согласования с инженером изделие отправляли на печать, которую осуществляли на сертифицированном 3D-принтере из порошкового металлического сплава Rematitan (Ti90Al6V4), разрешенного к применению в медицине. Вместе с имплантом на другом принтере выполняли печать пластикового примерочного компонента. Компоненты курьером доставляли в клинику.

Пациенты, которым выполняли 3D-печать для замещения костных дефектов (21 пациент), были выделены в основную подгруппу (4-О). В качестве контрольной подгруппы (4-К) случайным образом были отобраны 21 пациент, которым до ноября 2017 года выполнили пластику костных дефектов аугментами ревизионной системы NexGen LССК или с использованием конусов из трабекулярного металла компании Zimmer-Biomet. Вместе они составили 4-ю дополнительную группу. Обе

подгруппы были сопоставимы и не имели статистически значимых отличий по полу и возрасту.

Средний срок наблюдения за пациентами 4-й дополнительной группы составил $35 \pm 9,5$ месяцев (минимум 24 месяца): в подгруппе 4-О – $31,2 \pm 7,7$ месяцев (минимум 24 месяца), в подгруппе 4-К – $38,7 \pm 9,8$ месяцев (минимум 32 месяца). Анализ амплитуды движений в коленных суставах в подгруппах до и после операции не выявил статистически значимых отличий.

Уровень боли по ВАШ после операции снизился по сравнению с начальным уровнем в подгруппе 4-О в 5,3 раза, а в подгруппе 4-К в 11,0 раз, перейдя из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль». Разница средних показателей между подгруппами составила 0,9 балла ($p = 0,08$).

Средние показатели по шкале WOMAC в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 5,1 раза, а в подгруппе 4-К – в 5,9 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 1,6 балла, что является статистически не значимым отличием ($p=0,7$).

Средние показатели по шкале OKS в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 2,4 раза, а в подгруппе 4-К – также в 2,4 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 0,2 балла, что является статистически не значимым отличием ($p = 0,8$).

Средние показатели по шкале FJS-12 в подгруппе 4-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,2 раза, а в подгруппе 4-К в 5,8 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 5,6 балла ($p = 0,09$).

Таким образом, результаты лечения пациентов в подгруппах 4-О и 4-К можно считать сопоставимыми.

Среди осложнений, потребовавших повторного вмешательства на оперированном коленном суставе у пациентов 4-й дополнительной группы, в указанные сроки наблюдения была отмечена только перипротезная инфекция – 1 случай в подгруппе 4-О и 2 случая в подгруппе 4-К. Ввиду малого количества

этих случаев разница не является статистически значимой (критерий хи-квадрат Пирсона, $p = 0,8$).

Мы не отметили статистически значимой разницы по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 в отношении послеоперационного объема движений и частоте осложнений между пациентами с индивидуально напечатанными 3D-имплантами для компенсации костных дефектов бедренной и (или) большеберцовой кости и пациентами, у которых применялись стандартные ревизионные конструкции при рТЭКС в средний срок наблюдения $35 \pm 9,5$ месяцев (минимум 24 месяца). Применение индивидуально напечатанных титановых изделий оказалось безопасным для пациентов, и эту технологию можно рассматривать как один из эффективных методов компенсации костных дефектов при рТЭКС.

Перипротезная инфекция (ППИ) является самым неприятным и трудно поддающимся лечению осложнением эндопротезирования коленного сустава. Хирургическое лечение пациентов с хронической ППИ коленного сустава проводят в 2 этапа. На первом этапе удаляют импланты и проводят санацию очага с установкой спейсера. На втором этапе устанавливают ревизионный эндопротез. До сих пор нет единого мнения о том, какой интервал следует соблюсти между этими этапами. Сокращение протяженности этого интервала повышает риск рецидива инфекции, а удлинение – инвалидизирует пациента и способствует прогрессированию нежелательных изменений в тканях, что впоследствии может существенно осложнить выполнение второго этапа операции.

В связи с этим мы поставили задачу определить оптимальный интервал между этапами таких операций.

Во 2-ю группу наблюдения вошли 144 пациента, причиной ревизионного вмешательства у которых было именно инфекционное осложнение ТЭКС. В эту группу мы включили только тех пациентов, которым обе операции были выполнены в нашей клинике.

С сентября 2019 года мы начали применять короткие интервалы в лечении ППИ коленного сустава (2–3 недели) в соответствии с рекомендациями Pro-Implant

Foundation [299], выполняя оба вмешательства в течение одного срока пребывания пациента в стационаре. Эти 67 клинических случаев составили основную подгруппу (2-О). В контрольную подгруппу (2-К) вошли 77 пациентов, у которых интервалы в лечении ППИ коленного сустава составляли больший срок и не были регламентированы.

В 57 случаях (39,6%) возбудителями ППИ были стафилококки, из них у 26 пациентов – метициллин-резистентные. На втором месте по частоте встречались кишечные бактерии у 27 пациентов (18,8%). В 5 случаях (3,5%) выявлено сразу несколько возбудителей ППИ. У 31 пациента (21,5%) возбудитель ППИ в предоперационном периоде выявлен не был.

Оба этапа рТЭКС выполняли в разных операционных на разных этажах: первый этап в операционной экстренной хирургии, второй этап в плановых операционных травматолого-ортопедического отделения.

Задачи первого этапа рТЭКС при ППИ заключались в удалении всех компонентов эндопротеза, в том числе стабильно фиксированных, иссечении всех патологически измененных тканей, тщательном промывании раны и костномозговых каналов и установке спейсера.

В ходе первого этапа операции мы брали несколько образцов для микробиологического исследования: синовиальную жидкость коленного сустава, несколько (от одного до трех) фрагментов синовиальной оболочки сустава, образцы костной ткани (или мембраны) после удаления бедренного и большеберцового компонентов эндопротеза. Это позволило нам подтвердить или уточнить возбудителя ППИ, в том числе в 12 случаях, когда не удалось это сделать в предоперационном периоде.

После промывания раны устанавливали спейсер, состоящий из цемента с антибиотиком и бедренного компонента эндопротеза. Цементную большеберцовую часть спейсера отливали в предварительно изготовленных силиконовых формах разного размера и пластиковых поршней.

В качестве бедренного компонента спейсера использовали бедренные компоненты эндопротеза. Костные дефекты под спейсером заполняли костным

цементом с антибиотиком, но так, чтобы он не очень прочно фиксировался к кости – либо уже в нерабочей фазе цемента во время полимеризации, либо прокладывая между цементом и костью стерильную полиэтиленовую пленку от упаковки цемента и удаляя ее после полимеризации.

После установки спейсера рану послойно ушивали наглухо с оставлением дренажа. Дренаж удаляли в течение 24 часов после операции, после чего разрешали движения в коленном суставе и ходьбу на костылях

Подходы ко второму этапу рТЭКС зависели от того, какой интервал мы использовали. При коротком интервале второй этап выполняли через 14–21 день на фоне продолжающейся внутривенной антибиотикотерапии при условии первичного заживления раны и отсутствия локальных и общих воспалительных изменений. В таких случаях пациент в течение всего интервала между этапами находился в стационаре под наблюдением, и повторная госпитализация не требовалась. При длинном интервале перед вторым этапом пациента обследовали на предмет рецидива ППИ (анализы крови, обязательное цитологическое и микробиологическое исследование пунктата).

После второго этапа рТЭКС пациенты обеих групп в течение 2 недель получали внутривенную антибиотикотерапию в стационаре с переводом на таблетированные препараты в течение 8 недель после выписки.

Средний срок оценки результатов пациентов после второго этапа рТЭКС в подгруппе 2-О составил $25,7 \pm 7,2$ месяца (минимум 14 месяцев), а в подгруппе 2-К – $37,7 \pm 11,1$ месяцев (минимум 24 месяца), то есть в 1,5 раза дольше ($p < 0,01$).

При анализе предоперационной амплитуды движений у пациентов с ППИ обращает на себя внимание тенденция к формированию сгибательной контрактуры. Получена статистически значимая разница в отношении объема сгибания после операции: у пациентов подгруппы 2-О достигнут бóльший угол сгибания после двухэтапного рТЭКС.

Мы провели анализ результатов лечения по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12.

Уровень боли по ВАШ после второго этапа операции снизился по сравнению с начальным уровнем в подгруппе 2-О в 8,0 раза, а в подгруппе 2-К – в 5,4 раза, перейдя из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль» ($p = 0,04$).

Средние показатели по шкале WOMAC в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,8 раза, а в подгруппе 2-К – в 3,0 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 5,1 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,03$).

Средние показатели по шкале OKS в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 2,2 раза, а в подгруппе 2-К – в 1,9 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 4,3 балла, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$).

Средние показатели по шкале FJS-12 в подгруппе 2-О улучшились по сравнению с начальным уровнем в 3,1 раза, а в подгруппе 2-К – в 2,4 раза. Разница средних показателей после операции между подгруппами составила 0,3 балла ($p = 0,03$).

Таким образом, при лечении пациентов с перипротезной инфекцией применение коротких интервалов (в среднем $16,3 \pm 2,5$ дней) между этапами двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава по сравнению с длинными интервалами (в среднем $161 \pm 70,4$ дней) показало статистически значимые лучшие результаты по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12 через минимум 14 месяцев после второго этапа рТЭКС.

Среди осложнений у пациентов 2-го основного лечебного этапа, потребовавших ревизионного вмешательства на коленном суставе, отмечены только 16 рецидивов глубокой перипротезной инфекции (11,1%), которые отмечены у пациентов подгруппы 2-О в 10,4% случаев, а у пациентов подгруппы 2-К – в 11,6%.

Таким образом, констатирована практически одинаковая частота рецидивов ППИ при применении как коротких интервалов между этапами рТЭКС (подгруппа 2-О), так и более продолжительных (подгруппа 2-К).

У 3 пациентов из 16 (18,8%) рецидив ППИ развился в течение 4 недель после второго этапа рТЭКС. В этих случаях провели санацию коленного сустава с заменой полиэтиленового вкладыша. У одного из этих пациентов в последующем развился повторный рецидив ППИ, что потребовало удаления всех компонентов эндопротеза с установкой артикулирующего спейсера.

У остальных 13 пациентов (81,3%) рецидивы ППИ были отмечены в более поздние периоды. Из них в 7 случаях повторно проведено два этапа рТЭКС. У трех этих пациентов вновь отмечены рецидивы ППИ, в связи с чем им был выполнен артродез коленного сустава индивидуальными имплантатами, созданными с помощью 3D-печати; эти пациенты составили дополнительную группу наблюдения № 5. У 6 пациентов с поздним рецидивом ППИ второй этап рТЭКС к настоящему моменту еще не выполнен.

В результате мы можем отметить неблагоприятные результаты лечения рецидивов перипротезной инфекции коленного сустава после двухэтапного ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Только у 6 пациентов (37,5%) удалось достичь установки ревизионного эндопротеза коленного сустава без повторных рецидивов ППИ. У 10 пациентов (62,5%) развились повторные рецидивы ППИ. 3 пациентам (30%) среди них выполнен артродез коленного сустава, 7 пациентам (70%) второй этап рТЭКС не выполнен.

Заведомо неблагоприятный прогноз установки нового ревизионного протеза у 3 пациентов с рецидивирующей ППИ и ранее предпринятыми многократными ревизионными вмешательствами на коленном суставе обусловил необходимость артродезирования коленного сустава, что преследовало цель как борьбы с ППИ, так и восстановления опороспособности конечности.

Значительный дефицит костной массы в таких случаях не позволял соединить бедренную и большеберцовую кость между собой, что потребовало применения специальных конструкций. Мы фиксировали нижнюю конечность в функционально выгодном положении, убирая возможность движений в коленном суставе, но сохраняя опороспособность. Для этого планировали и распечатывали на 3D-принтере из порошкового металлического сплава Rematitan бедренный и

большеберцовый компоненты, устанавливали их в каналы бедренной и большеберцовой кости на костном цементе и соединяли между собой с помощью трех винтов.

Все пациенты были пожилого возраста. Им неоднократно (от 4 до 15 раз) предпринимались попытки выполнения ревизионного эндопротезирования, которые постоянно заканчивались неудачей на фоне рецидивов ППИ. После выполнения артродезирования коленного сустава по нашей методике ни у одного пациента не отмечено рецидивов ППИ, однако в одном случае через 18 месяцев констатировано расшатывание компонентов эндопротеза. В двух остальных случаях операции артродезирования привели к желаемому результату, восстановив опорность конечности.

Нами была оптимизирована система лечения пациентов с неудовлетворительными результатами эндопротезирования коленного сустава, для чего разработаны и обоснованы пути повышения эффективности выполняемых операций ревизионного эндопротезирования в отношении пациентов как с перипротезной инфекцией (2-я группа наблюдения), так и без ее развития (1-я группа наблюдения).

Общее число пациентов, вошедших в данное исследование, составило 427 человек, из которых у 219 применили по соответствующим показаниям разработанные нами методики лечения. Эти пациенты вошли в подгруппы, названные основными (1-О – 152 человека и 2-О – 67 человек). Пациенты, которым проводили лечение традиционными способами (208 наблюдений), вошли в контрольные подгруппы (1-К – 131 человек и 2-К – 77 человек).

Контроль и оценку результатов проводили по шкалам-опросникам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12.

В основных подгруппах удалось снизить болевой синдром в 7,1 раза, а в контрольных – в 5,7 раза. В обеих проанализированных когортах среднее значение боли перешло из оценочного диапазона «сильная боль» в диапазон «слабая боль», разница составила 0,3 балла по ВАШ в пользу основных подгрупп.

По шкале WOMAC в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 4,4 раза, а в контрольных – в 3,4 раза. Итоговая разница средних показателей составила 4,7 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

По шкале OKS в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 2,2 раза, а в контрольных – в 1,8 раза. Итоговая разница средних показателей составила 4,3 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

По шкале FJS-12 в основных подгруппах достигнуто улучшение средних показателей в 3,3 раза, а в контрольных – в 2,6 раза. Итоговая разница средних показателей составила 3,4 балла в пользу основных подгрупп, что является статистически значимым отличием ($p < 0,05$).

Таким образом, оптимизация системы лечения пациентов, нуждающихся в ревизионном эндопротезировании коленного сустава, позволила получить статистически значимое улучшение результатов по шкалам оценки функции коленного сустава, что позволяет рекомендовать разработанные подходы в клиническую практику.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика динамической мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава позволила в сомнительных случаях верифицировать расшатывание компонентов эндопротеза, определив показания к ревизионному эндопротезированию у 16,7% пациентов.
2. Применение разработанных методик и инструментов для регулируемого восстановления уровня суставной щели, сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента при рТЭКС позволило в сравнении с традиционными подходами добиться статистически значимого улучшения амплитуды сгибания на 4,2°, а также средних показателей шкал WOMAK на 4,0 балла, OKS на 4,3 балла и FJS-12 на 3,2 балла.
3. Применение разработанного способа аутопластики связки надколенника при ревизионном эндопротезировании коленного сустава позволило по сравнению с традиционными методиками в 3 раза снизить число инфекционных осложнений и в 3,8 раза снизить дефицит активного разгибания голени.
4. Использование индивидуально изготовленных с помощью 3D-печати компонентов для замещения костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава не уступает в эффективности и безопасности стандартным ревизионным конструкциям, однако незаменимо при обширных костных дефектах.
5. Применение сокращенного интервала между операциями при двухэтапном ревизионном эндопротезировании коленного сустава на фоне глубокой перипротезной инфекции не привело к росту осложнений, однако позволило сократить среднюю продолжительность лечения в 9,9 раза, выполнив оба этапа в течение одного срока госпитализации, а также оказалось более эффективным в отношении улучшения объема движений и результатов по шкалам ВАШ, WOMAC, OKS и FJS-12.
6. Применение индивидуально изготовленных имплантов для артродезирования коленного сустава у пациентов с рецидивирующей

перипротезной инфекцией позволило во всех случаях избежать новых рецидивов инфекции и в 66,7% наблюдений восстановить опороспособность конечности.

7. Разработанные предложения по оптимизации системы лечения пациентов, нуждающихся в ревизионном эндопротезировании коленного сустава, позволили улучшить функциональные результаты в среднем на 4,7 балла по шкале WOMAK, на 4,3 балла по OKS и на 3,4 балла по FJS-12.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Динамическая компьютерная томография может быть рассмотрена как один из эффективных методов диагностики расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава. В случае болевого синдрома после ТЭКС, отсутствия подтверждений перипротезной инфекции, явного расшатывания и мальпозиции компонентов эндопротеза на рентгенограммах и компьютерной томографии этот метод может быть полезен для уточнения показаний к ревизионной операции.
2. Недостаток костных и мягкотканых ориентиров, ограничение применения навигационных технологий и невозможность применения роботических технологий при рТЭКС делает сложным правильное позиционирование компонентов ревизионного эндопротеза. Применение методов и инструментов для восстановления уровня суставной щели и сгибабельного промежутка коленного сустава по здоровой стороне, а также ротации бедренного компонента по межнадмышцелковой линии может облегчить эту задачу, улучшить точность расположения компонентов эндопротеза, а, следовательно, и результаты ревизионной операции.
3. При двухэтапном ревизионном эндопротезировании коленного сустава по поводу перипротезной инфекции нецелесообразно использовать продолжительные интервалы между этапами. Сокращение интервала между этапами до 14–21 суток не влияет на частоту рецидива перипротезной инфекции, однако улучшает функциональный результат, существенно сокращает общий срок лечения пациента и позволяет осуществить оба этапа операции без выписки пациента из стационара.
4. Применение сухожилий двух длинных малоберцовых мышц в качестве аутотрансплантата для пластики связки надколенника при рТЭКС можно рекомендовать в качестве методики, альтернативной традиционным, так как она обеспечивает достаточную прочность фиксации, хороший объем активного разгибания и не увеличивает частоту возникновения или рецидива перипротезной инфекции. Забор пластического материала не представляет технических трудностей и не нарушает функцию стоп и голеностопных суставов.

5. Использование индивидуальных аугментов и конусов, напечатанных на 3D-принтере из сплава Рематитан для пластики костных дефектов при рТЭКС, может быть использовано наряду со стандартными конструкциями, не уступая им в отношении результатов проведенного лечения. В то же время, при обширных костных дефектах такая технология имеет несомненное преимущество в качестве альтернативы дорогостоящим онкологическим конструкциям.
6. При рецидивах перипротезной инфекции многократные повторные попытки ревизионных операций значительно повышают вероятность неблагоприятного результата, что определяет показания к артродезированию коленного сустава. Однако после множественных операций дефицит бедренной и большеберцовой костей не позволяет соединить их между собой для достижения анкилоза. Создание индивидуальных титановых конструкций позволяет заместить протяженные костные дефекты и обеспечить опороспособность нижней конечности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- ВАШ – визуальная аналоговая шкала
- дМСКТ – динамическая мультиспиральная компьютерная томография
- ИМТ – индекс массы тела
- КТ – компьютерная томография
- ЛФК – лечебно-физическая культура
- ЛЭ – лейкоцитарная эстераза
- МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография
- ПМН – полиморфно-ядерные нейтрофилы
- ППИ – перипротезная инфекция
- рТЭКС – ревизионное тотальное эндопротезирование коленного сустава
- РФ – Российская Федерация
- СОЭ – скорость оседания эритроцитов
- СРБ – С-реактивный белок
- ТЭКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава
- 3D – 3 dimensional
- AORI – Anderson Orthopaedic Research Institute
- CR – Cruciate Retaining
- EPRD – Endoprothesenregister Deutschland
- FDA – Food and Drug Administration
- FHJL – перпендикуляр от верхушки головки малоберцовой кости до линии, проходящей через самые дистальные точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости
- FJS-12 – 12 Forgotten Joint Score
- HSS – Hospital for Special Surgery
- HSS score – Hospital for Special Surgery score
- HXLPE – Highly Crosslinked Polyethylene
- IBPS – The Insall-Burstein posterior-stabilized knee prosthesis
- JL – уровень суставной щели

KSS – Knee Society knee Score

LCCK – Legacy Constrained Condylar Knee

LDFA – латеральный дистальный бедренный угол

LEFG – перпендикуляр от наружного надмыщелка бедренной кости до линии проходящей через самые задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости

LPS – Legacy Posterior-Stabilized Knee Prosthesis

MEFG – перпендикуляр от внутреннего надмыщелка бедренной кости до линии проходящей через самые задние точки наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости

MIP – Maximum Intensity Projection

MPTA – медиальный проксимальный большеберцовый угол

MRSA – Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (метициллин-резистентный золотистый стафилококк)

MRSE – Methicillin-resistant Staphylococcus epidermidis (метициллин-резистентный эпидермальный стафилококк)

MSIS – Musculoskeletal Infection Society

MSSA – Methicillin-Sensitive Staphylococcus aureus (метициллин-чувствительный золотистый стафилококк)

MSSE – Methicillin-Sensitive Staphylococcus epidermidis (метициллин-чувствительный эпидермальный стафилококк)

NG – NexGen

NJR – National Joint Registry

OARSI – Osteoarthritis Research Society International

OKS – Oxford Knee Score

PCA – Porous-Coated Anatomical

PS – Posterior Stabilized

RHK – Rotated Hinge Knee

SEMAR – Single Energy Metal Artifact Reduction

TC – Total Condylar Knee

TLFH – уровень резекции большеберцовой кости

UC – Ultra-congruent

VVC – Varus-Valgus Constrained

WOMAC – Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, С.С. Первый этап двухэтапного ревизионного эндопротезирования при перипротезной инфекции коленного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Алексеев Семён Сергеевич; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2022. – 162 с.
2. Артроскопический артролиз в лечении контрактур после эндопротезирования коленного сустава / М.А. Болотников, Л.К. Брижань, А.В. Джоджуа, Н.И. Карпович // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2020. – Т. 15. – № 1. – С. 53–57.
3. Ахтямов, И.Ф. Особенности реабилитации пациентов с ревматоидным артритом после эндопротезирования: обзор литературы / И.Ф. Ахтямов, В.И. Айдаров, Э.Р. Хасанов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2021. – Т. 28. – № 2. – С. 77–87.
4. Белов, М.В. Планирование сложных ревизионных операций эндопротезирования с использованием отложенных телеконсультаций / М.В. Белов, С.В. Рассамахин // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26. – № 3. – С. 119–129.
5. Ближайшие функциональные результаты тотального эндопротезирования коленного сустава у пациентов с алиментарным ожирением / М.Д. Хело, И.Ф. Ахтямов, Ф.М. Саид [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2018. – № 3–4. – С. 30–35.
6. Бовкис, Г.Ю. Восстановление уровня суставной линии при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (обзор литературы) / Г.Ю. Бовкис, Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2020. – № 4 (42). – С. 29–36.
7. Бовкис, Г.Ю. Компенсация дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей при ревизионном эндопротезировании коленного сустава - способы и результаты их применения (обзор литературы) / Г.Ю. Бовкис,

Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22. – № 2. – С. 101–113.

8. Божкова, С.А. Оптимизация антибактериальной терапии у пациентов с перипротезной инфекцией стафилококковой этиологии (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... док. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Божкова Светлана Анатольевна; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России. – Санкт-Петербург, 2016. – 308 с.

9. Бутрова, С.А. От эпидемии ожирения к эпидемии сахарного диабета / С.А. Бутрова // Международный эндокринологический журнал. – 2013. – № 2 (50). – С. 19–24.

10. Влияние индекса массы тела на психоэмоциональное состояние пациентов после замены коленного сустава / М.Д. Хело, И.Ф. Ахтямов, И.Ш. Гильмутдинов [и др.] // Практическая медицина. – 2019. – Т. 17. – № 6–2. – С. 100–103.

11. Влияние предшествующих оперативных вмешательств на коленном суставе на особенности и результаты первичного тотального эндопротезирования (обзор литературы) / М.Ш. Расулов, Т.А. Куляба, С.А. Банцер [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2021. – № 3 (45). – С. 52–61.

12. Влияние типа эндопротеза на биомеханику коленного сустава / Г. Кавалерский, С. Сметанин, А. Лычагин, Я. Рукин, А. Грицюк // Врач. – 2017. – № 5. – С. 48–50.

13. Старостина, Е.Г. Ожирение как психосоматическое заболевание / Е.Г. Старостина // Ожирение и метаболизм. – 2005. – Т. 2. – № 3. – С. 18–23.

14. Возможности артроскопических вмешательств при лечении контрактур коленного сустава после эндопротезирования / Д.В. Давыдов, Л.К. Брижань, А.А. Артемьев, М.А. Болотников // Военно-медицинский журнал. – 2021. – Т. 342. – № 2. – С. 68–70.

15. Возможности компьютерной навигации при первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, П.М. Елизаров // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2012. – № 4. – С. 27–31.

16. Восстановление линии коленного сустава при ревизионном эндопротезировании с применением метафизарных втулок / М.В. Гиркало, А.В. Деревянов, М.Н. Козадаев, О.А. Кауц // В сборнике: Достижения российской травматологии и ортопедии. Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. В 3-х томах. – 2018. – Т. I. – С. 71–73.
17. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011–2013 годы / Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба, А.С. Филь, Ю.В. Муравьева // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 1 (75). – С. 136–151.
18. Диагностика перипротезной инфекции. Часть 1: серология / А.П. Середа, Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, Я.А. Рукин // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 4 (74). – С. 115–126.
19. Елизаров, М.П. Первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава с применением активной роботической системы: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Елизаров Михаил Павлович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2022. – 218 с.
20. Изменения субхондральной кости при гонартрозе / В. Мурылев, Г. Сорокина, Э. Курилина, Я. Рукин // Врач. – 2016. – № 10. – С. 26–29.
21. Инфильтрационная анальгезия в комплексе обезболивания при тотальном замещении коленного сустава / Е.Я. Соловьев, М.В. Белов, С.В. Ларионов [и др.] // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2009. – Т. 3. – № 3. – С. 21–24.
22. Иржанский, А.А. Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12 / А.А. Иржанский, Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 2. – С. 70–79.
23. Иржанский, А.А. Ожидания пациентов и их удовлетворенность результатами первичной артропластики коленного сустава (клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Иржанский Арсений Александрович; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр

травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России. – Санкт-Петербург, 2020. – 234 с.

24. Использование индивидуальных имплантатов в ревизионном эндопротезировании коленного сустава / В.А. Базлов, М.Б. Гуражев, Т.З. Мамуладзе [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – С. 154.

25. Использование металлических конусов для компенсации костных дефектов в ревизионном эндопротезировании коленного сустава / П.Г. Кочергин, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – С. 136.

26. История развития робототехники в хирургии и ортопедии (обзор литературы) / А.В. Лычагин, А.А. Грицюк, Я.А. Рукин, М.П. Елизаров // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2020. – № 1 (39). – С. 13–19.

27. Кавалерский, Г.М. Дренирование коленного сустава после тотальной артропластики / Г.М. Кавалерский, С.М. Сметанин // Врач. – 2020. – № 12. – С. 61–64.

28. Кавалерский, Г.М. Классификация дефектов костной ткани при эндопротезировании коленного сустава / Г.М. Кавалерский, С.М. Сметанин, А.В. Лычагин // Врач. – 2017. – № 4. – С. 70–71.

29. Карагандинский метод двухэтапной ревизии коленного сустава при перипротезной инфекции / Д.В. Римашевский, Е.Т. Курмангалиев, А.А. Белокобылов [и др.] // Сборник научных трудов, посвящённый 25-летию кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов, Москва, 25 марта 2017 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. – С. 362–369.

30. Кильметов, Т.А. Локальная антибиотикотерапия при инфекции области эндопротеза / Т.А. Кильметов, И.Ф. Ахтямов // Здоровоохранение Дальнего Востока. – 2021. – № 4 (90). – С. 78–85.

31. Клиническая эффективность и точность выравнивания механической оси при роботизированном тотальном эндопротезировании коленного сустава /

А.В. Лычагин, А.А. Грицюк, Я.А. Рукин, М.П. Елизаров, А.А. Грицюк, М.Я. Гавловский, Т.В. Богатов // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29. – № 5. – С. 487–494.

32. Клинические рекомендации. Хронический болевой синдром (ХБС) у взрослых пациентов, нуждающихся в паллиативной медицинской помощи. – Министерство Здравоохранения Российской Федерации, 2023. – https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/400_2 – Текст: электронный. (Дата обращения: 01.11.2023)

33. Ключин, Н.М. Парапротезная инфекция как причина ревизионных вмешательств после тотального эндопротезирования коленного сустава: этиология, диагностика, лечение / Н.М. Ключин, Ю.В. Абабков, А.М. Ермаков // Забайкальский медицинский вестник. – 2015. – № 2. – С. 189–197.

34. Компьютерная навигация при тотальном эндопротезировании тяжелых деформаций коленного сустава / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, В.С. Трухачев, Я.А. Рукин, Д.И. Терентьев, А.Г. Жучков, П.М. Елизаров // Московский хирургический журнал. – 2011. – № 3 (19). – С. 8–12.

35. Костный цемент и локальная антибиотикотерапия в гнойной остеологии / И.Ф. Ахтямов, Г.В. Куропаткин, Э.Б. Гатина [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2014. – № 3. – С. 81–87.

36. Куковенко, Г.А. Двухэтапное ревизионное эндопротезирование в лечении глубокой перипротезной инфекции тазобедренного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Куковенко Григорий Андреевич; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2020. – 158 с.

37. Куляба, Т.А. Ревизионная артропластика коленного сустава: дис. ... док. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Куляба Тарас Андреевич; ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздравсоцразвития России. – Санкт-Петербург, 2012. – 318 с.

38. Лечение несостоятельности разгибательного аппарата при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, П.М. Михайлова, Г.Ю. Бовкис // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 27–38.
39. Лычагин, А. Первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава и ожирение / А. Лычагин, А. Грицюк, Ю. Гасанов // Врач. – 2018. – Т. 29. – № 10. – С. 58–60.
40. Местная инфильтрационная анестезия при тотальном эндопротезировании коленного сустава / Д.А. Тарасов, А.В. Лычагин, В.А. Кожевников, Г.Г. Захаров, Я.А. Рукин, И.Н. Тарабарко // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2018. – № 2 (32). – С. 74–79.
41. Методика двойных трабекулярных танталовых конусов как альтернатива аддитивным технологиям при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (серия клинических наблюдений) / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, А.В. Каземирский [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 148–159.
42. Мещеряков, В.А. Лечение гонартроза у пациентов пожилого и старческого возраста с применением обогащенной тромбоцитами плазмы: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Мещеряков Владимир Александрович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2018. – 194 с.
43. Мирзаева, Д.А. Определение тяжести остеоартроза у больных с ожирением / Д.А. Мирзаева, Ф.Х. Худайкулова // Вестник науки и образования. – 2021. – № 4–1 (107). – С. 66–69.
44. Морфологическая картина гонартроза поздних стадий у пациентов с ожирением / К.В. Корочина, Т.В. Чернышева, А.А. Аверьянов [и др.] // Морфология. – 2018. – Т. 153. – № 3. – С. 149–149а.
45. Музыченков, А.В. Тотальное эндопротезирование коленного сустава при посттравматических деформациях нижней конечности: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Музыченков Алексей Владимирович;

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2016. – 155 с.

46. Нарушения разгибательного аппарата после первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, М.Ю. Холодаев, Я.А. Рукин, П.М. Елизаров, Г.Г. Рубин // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2014. – № 4. – С. 31–37.

47. Необъяснимая боль после тотального эндопротезирования коленного сустава / С. Парратте, Н.Н. Корнилов, Э. Тиенпонт, А. Балдини, Р.М. Тихилов, Ж.Н. Аргенсон, Т.А. Куляба // Травматология и ортопедия России. – 2013. – № 4 (70). – С. 92–96.

48. Ожирение в России: современный взгляд под углом социальных проблем / И.В. Лескова, Е.В. Ершова, Е.А. Никитина [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 20–26.

49. Определение величины сгибательного промежутка при первичном эндопротезировании коленного сустава / Ч. Пан, А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, А.А. Грицюк // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2022. – № 2 (48). – С. 69–77.

50. Определение уровня суставной щели коленного сустава: обзорное исследование / А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, Я.А. Рукин, А.А. Грицюк, Ч. Пан // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2021. – № 4 (46). – С. 41–50.

51. Опыт применения в травматологии онкопротезов коленного сустава при обширных околоуставных костных дефектах / В. Мурылев, М. Холодаев, П. Елизаров, Я. Рукин, Г. Рубин, А. Музыченко // Врач. – 2015. – № 1. – С. 64–68.

52. Осложнения одномышечкового эндопротезирования коленного сустава / В.В. Даниляк, М.А. Молодов, В.В. Ключевский [и др.] // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2015. – № 4. – С. 21–26.

53. Осложнения первичного тотального эндопротезирования коленного сустава у больных с ожирением / А.В. Лычагин, А.А. Грицюк, Г.Г. Захаров [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2018. – Т. 19. – № 4 (96). – С. 95–99.

54. Особенности предоперационного планирования пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями тазобедренного и коленного суставов /

А.В. Лычагин, А.А. Грицюк, А.Ш. Гасымов [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2019. – Т. 340. – № 2. – С. 36–45.

55. Остеоартроз: клиника, диагностика, лечение / А.Э. Пихлак, А.В. Гаркави, В.А. Логачев, В.П. Терешенков. – Москва: Медпрактика-М, 2013. – 144 с. – ISBN 978-5-98803-306-6. – Текст: непосредственный.

56. Остеоартроз коленного сустава у пожилых - всегда ли оправдано эндопротезирование? / А.В. Лычагин, А.В. Гаркави, В.А. Мещеряков, В.С. Кайков // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2019. – № 2. – С. 77–82.

57. Оценка ближайших результатов тотального эндопротезирования коленного сустава с применением компьютерной навигации / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров, А.Г. Жучков, Я.А. Рукин, Д.И. Терентьев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2009. – № 1. – С. 29–33.

58. Оценка болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава / В.Ю. Мурылев, С.С. Алексеев, П. М. Елизаров [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 2. – С. 19–30.

59. Оценка нестабильности надколенника после тотального эндопротезирования коленного сустава / Т.В. Жиженкова, В.В. Даниляк, В.В. Ключевский, В.В. Ключевский // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 2 (76). – С. 24–31.

60. Патент № 216034, Российская Федерация, МПК А61В 17/15, А61F 2/38, А61F 2/46. Устройство для установки ротации бедренного компонента и сгибаемого промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Заявка № 2022118727 от 08.07.2022, опубл. 13.01.2023, Бюл. № 2 / Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, А.А. Грицюк, В.Ю. Мурылев, И.А. Вязанкин. Патентообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

61. Патент № 217000, Российская Федерация, МПК А61В 1/00, А61В 5/103, А61В 2/46. Устройство для определения положения суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Заявка № 2022119436 от 15.07.2022; опубл. 14.03.2023, Бюл. № 8 / Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, А.А. Грицюк, В.Ю. Мурылев, И.А. Вязанкин. Патентообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

62. Патент № 2791888, Российская Федерация, МПК А61В 17/00, А61В 17/56. Способ аутопластики связки надколенника. Заявка № 2022108298 от 29.03.2022; опубл. 14.03.2023, Бюл. № 8 / А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, В.Ю. Мурылев, И.А. Вязанкин, Г.А. Куковенко. Патентообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

63. Патент № 2800021, Российская Федерация, МПК А61В 17/56. Способ установки ротации бедренного компонента и сгибательного промежутка при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Заявка № 2022118725 от 08.07.2022; опубл. 14.07.2023, Бюл. № 20 / Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, А.А. Грицюк, В.Ю. Мурылев, И.А. Вязанкин. Патентообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

64. Патент № 2800022, Российская Федерация, МПК А61В 17/56. Способ ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Заявка № 2022119437 от 15.07.2022; опубл. 14.07.2023, Бюл. № 20 / Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, А.А. Грицюк, В.Ю. Мурылев, И.А. Вязанкин.

Патентообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

65. Первый опыт роботизированного эндопротезирования коленного сустава / А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, А.А. Грицюк, М.П. Елизаров // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2019. – № 4 (38). – С. 27–33.

66. Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик / Д.А. Тарасов, А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, В.А. Кожевников, А.Г. Яворовский, А.В. Строков // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 2. – С. 31–41.

67. Практические рекомендации по диагностике имплант-ассоциированной инфекции при эндопротезировании крупных суставов в современных условиях / Н.С. Николаев, Л.В. Борисова, Н.Н. Пчелова [и др.] // Медицинский альманах. – 2016. – № 3 (43). – С. 40–45.

68. Предоперационное планирование по телерентгенограммам при тотальном эндопротезировании коленного сустава и его значимость для воссоздания нейтральной оси конечности во фронтальной плоскости / М.П. Зиновьев, И.А. Атманский, А.А. Белокобылов, Д.В. Римашевский // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 1. – С. 32–40.

69. Применение компьютерной навигации для тотального эндопротезирования коленного сустава у пациентов с грубыми деформациями механической оси нижней конечности / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылёв, Я.А. Рукин, А.П. Середа, П.М. Елизаров, А.В. Музыченков // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2015. – № 3 (15). – С. 8–13.

70. Применение спейсеров для лечения глубокой перипротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов / В.Ю. Мурылев, М.Ю. Холодаев, Я.А. Рукин, А.В. Лычагин, В.В. Карпов, Д.В. Римашевский, П.М. Елизаров // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2013. – № 3. – С. 18–24.

71. Применение транексамовой кислоты при первичном эндопротезировании коленного сустава / Г. Кавалерский, В. Мурылев, А. Музыченков, А. Жучков, Я. Рукин, Г. Рубин, А. Соколов // Врач. – 2015. – № 7. – С. 72–75.
72. Применение эноксапарина и дабигатрана для профилактики тромбозов после тотального эндопротезирования коленного сустава / В.Ю. Мурылев, Я.А. Рукин, П.М. Елизаров, А.Г. Жучков, Д.И. Терентьев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2012. – № 2. – С. 61–64.
73. Проблема осложнений после эндопротезирования коленного сустава / Н.В. Загородний, Ш.О. Джалилов, Т.О. Скипенко, А.С. Ворошилов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 1. – С. 88–91.
74. Рандомизированное исследование: влияние уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании на функцию коленного сустава / Ч. Пан, А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, А.А. Грицюк // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2022. – № 3 (49). – С. 47–55.
75. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава / А.А. Черный, А.Н. Коваленко, С.С. Билык [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 2. – С. 9–18.
76. Расулов, М.Ш. Влияние предшествующих оперативных вмешательств на коленном суставе на среднесрочные результаты первичного тотального эндопротезирования: дис. ... канд. мед. наук: 3.1.8. Травматология и ортопедия / Расулов Магомед Шамилович; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России. – Санкт-Петербург, 2021. – 176 с.
77. Результаты эндопротезирования коленного сустава с применением кинематического выравнивания ротации тиббиального компонента / С.В. Безверхий, Н.В. Загородний, Н.Г. Захарян [и др.] // Вестник последипломного медицинского образования. – 2015. – № 1. – С. 32–35.

78. Результаты этапного лечения пациентов с перипротезной инфекцией после эндопротезирования коленного сустава / П.М. Преображенский, С.А. Божкова, А.В. Каземирский, М.Ю. Гончаров // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 98–107.
79. Рентгенологическая оценка стабильности эндопротезов тазобедренного и коленного суставов / Г. Кавалерский, В. Мурылев, П. Елизаров, Я. Рукин // Врач. – 2010. – № 11. – С. 57–60.
80. Роль многосрезовой компьютерной томографии при первичном эндопротезировании коленного сустава / Г.М. Кавалерский, Н.С. Серова, С.М. Сметанин, А.В. Лычагин, Я.А. Рукин // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2018. – Т. 99. – № 1. – С. 43–46.
81. Руководство по ревизионному эндопротезированию коленного сустава / [Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Тихилов Р.М. и др.]; под ред. Т.А. Кулябы [и др]; Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена. – Санкт-Петербург: НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, 2021. – 400 с. – ISBN 978-5-6040358-7-0. – Текст: непосредственный.
82. Сайт Всемирной организации здравоохранения. Ожирение и избыточный вес. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> – Текст: электронный. (Дата обращения 01.11.2023)
83. Сайт газеты «Коммерсантъ». – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3636619?query=Лист%20ожидания> (дата обращения: 01.11.2023)
84. Середа, А.П. Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава / А.П. Середа, А.С. Саградян, А.В. Лычагин // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2012. – № 3. – С. 18–28.
85. Сложные случаи эндопротезирования коленного сустава / Н.В. Загородний, С.В. Каграманов, О.А. Кудинов [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2014. – № 1. – С. 52–56.
86. Сметанин, С.М. Биомеханическое обоснование эндопротезирования коленного сустава при структурно-функциональных нарушениях: дис. ... док. мед. наук:

14.01.15 – Травматология и ортопедия / Сметанин Сергей Михайлович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2018. – 363 с.

87. Современные тенденции в ортопедии: артропластика коленного сустава / Р.М. Тихилов, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2012. – № 2 (64). – С. 5–15.

88. Состояние субхондральной кости при гонартрозе и эндопротезирование коленного сустава / В.Ю. Мурылев, Г.Л. Сорокина, Э.В. Курилина, Л.Р. Иваненко // Остеопороз и остеопатии. – 2017. – Т. 20. – № 1. – С. 12–16.

89. Способы компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, А.В. Селин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 3 (61). – С. 5–12.

90. Сравнительная характеристика реологических свойств внутрисуставных протезов на основе гиалуроновой кислоты / Г.М. Кавалерский, М.Г. Кавалерский, Ю.Л. Дугина, Я.А. Рукин // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2018. – № 1 (31). – С. 18–22.

91. Сравнительный анализ регистров эндопротезирования коленного сустава (обзор литературы) / Р.М. Тихилов, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 2 (72). – С. 112–121.

92. Тотальная цементная артропластика коленного сустава у пациентов 85–95-летнего возраста, страдающих терминальной стадией дегенеративных повреждений коленного сустава / В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров, А.В. Музыченков, Я.А. Рукин, А.А. Деринг, Г.А. Куковенко, С.С. Алексеев, Г.Г. Рубин // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2018. – Т. 177. – № 6. – С. 49–53.

93. Тотальное эндопротезирование коленного сустава при посттравматических деформациях нижних конечностей / В. Мурылев, А. Музыченков, А. Жучков, Я. Рукин, Г. Рубин, А. Лычагин // Врач. – 2015. – № 11. – С. 4–7.

94. Тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием компьютерной навигации / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, Я.А. Рукин,

П.М. Елизаров, Д.И. Терентьев // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2012. – № 2. – С. 8–11.

95. Тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием компьютерной навигации при тяжелых деформациях конечности / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров, А.Г. Жучков, Л.А. Якимов, Я.А. Рукин, Д.И. Терентьев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2010. – № 2. – С. 34–40.

96. Тотальное эндопротезирование коленного сустава у пациентов старческого возраста и долгожителей / В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров, А.В. Музыченков, Я.А. Рукин, А.А. Деринг, Г.А. Куковенко, Г.Г. Рубин // Успехи геронтологии. – 2018. – Т. 31. – № 3. – С. 416–422.

97. Тотальное эндопротезирование тазобедренных и коленных суставов у пациентов с хронической болезнью почек (обзор литературы) / В.Ю. Мурылев, Н.А. Цыгин, Е.В. Шутов, А.Г. Жучков, Я.А. Рукин // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 2. – С. 138–145.

98. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого-ортопедической помощи населению России в 2018 году / Т.М. Андреева, Е.В. Огрызко, М.М. Попова; под ред. проф. Н.А. Еськина. – Москва: ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России. – Москва, 2019. – 165 с. – URL: <http://kbf.cito-priorov.ru/#s/9NnN-gIg> – Текст: электронный.

99. У, Фань Комплексный подход к уменьшению боли в раннем послеоперационном периоде после протезирования коленного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / У Фань; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2021. – 125 с.

100. Филь, А.С. Возможности использования регистра эндопротезирования коленного сустава для оптимизации тактики лечения профильных пациентов: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Филь Алексей Сергеевич; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр

травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России. – Санкт-Петербург, 2015. – 190 с.

101. Функциональная компьютерная томография для диагностики расшатывания эндопротеза коленного сустава / А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, Г.Г. Захаров, Н.С. Серова, В.А. Бахвалова, Х.С. Диллон // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 134–142.

102. Хирургические доступы при ревизионном эндопротезировании коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, А.В. Селин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 2 (60). – С. 16–21.

103. Эндопротезирование коленного сустава при его массивных деструкциях у ортопедических больных / В. Мурылёв, М. Холодаев, П. Елизаров, Я. Рукин, Г. Казарян // Врач. – 2012. – № 2. – С. 74.

104. Эндопротезирование коленного сустава у пациентов с ожирением / М.Д. Хело, И.Ф. Ахтямов, Ф.М. Саид [и др.] // Практическая медицина. – 2018. – № 7–1. – С. 94–97.

105. Эндопротезирование крупных суставов у больных, получающих лечение программным диализом. Результаты лечения в одном центре и обзор литературы / В.Ю. Мурылев, Н.А. Цыгин, Е.В. Шутов, Я.А. Рукин, Г.Л. Сорокина, Э.В. Курилина, А.В. Музыченко // Нефрология и диализ. – 2019. – Т. 21. – № 2. – С. 221–233.

106. Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации / А.П. Середа, А.А. Кочиш, А.А. Черный [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2021. – Т. 27. – № 3. – С. 84–93.

107. Эффективность локальной денервации надколенника в профилактике передней боли при тотальном эндопротезировании коленного сустава / А.В. Белецкий, О.Л. Эйсмонт, П.Г. Скакун [и др.] // Медицинские новости. – 2015. – № 9. – С. 48–51.

108. Эффективность применения современных технологий в послеоперационном лечении у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава /

Л.К. Брижань, Д.В. Давыдов, Б.П. Буряченко [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 74–77.

109. Яньбинь, Ян. Лазерные технологии в лечении пациентов с хроническим синовитом коленного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Ян Яньбинь; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2022. – 141 с.

110. 3D-printed titanium metaphyseal cones in revision total knee arthroplasty with cemented and cementless stems / L.A. Anderson, M. Christie, B.E. Blackburn [et al.] // Bone Joint J. – 2021. – Vol. 103-B. – № 6 Supple A. – P. 150–157.

111. A biochemical, histologic, and immunohistologic analysis of membranes obtained from failed cemented and cementless total knee arthroplasty / J. Chiba, L.J. Schwendeman, R.E. Booth Jr [et al.] // Clin Orthop Relat Res. – 1994. – № 299. – P. 114–124.

112. A prospective double-blinded randomised control trial comparing robotic arm-assisted functionally aligned total knee arthroplasty versus robotic arm-assisted mechanically aligned total knee arthroplasty / B. Kayani, S. Konan, J. Tahmassebi [et al.] // Trials. – 2020. – Vol. 21. – № 1. – P. 194.

113. Adravanti, P. Varus-valgus constrained implants in total knee arthroplasty: indications and technique / P. Adravanti, S. Vasta // Acta Biomed. – 2017. – Vol. 88. – № 2S. – P. 112–117.

114. Alcohol screening and risk of postoperative complications in male VA patients undergoing major non-cardiac surgery / K.A. Bradley, A.D. Rubinsky, H. Sun [et al.] // J Gen Intern Med. – 2011. – Vol. 26. – № 2. – P. 162–169.

115. Alignment in total knee arthroplasty / S. Oussedik, M.P. Abdel, J. Victor [et al.] // Bone Joint J. – 2020. – Vol. 102-B. – № 3. – P. 276–279.

116. Alignment options for total knee arthroplasty: a systematic review / C. Rivière, F. Iranpour, E. Auvinet [et al.] // Orthop Traumatol Surg Res. – 2017. – Vol. 103. – № 7. – P. 1047–1056.

117. Allogeneic blood transfusion is a significant risk factor for surgical-site infection following total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis / J.L. Kim, JH. Park, S.B. Han [et al.] // *J Arthroplasty* – 2017. – Vol. 32. – № 1. – P. 320–325.
118. Analysis of Total Knee Arthroplasty revision causes / A. Postler, C. Lützner, F. Beyer [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2018. – Vol. 19. – № 1. – P. 55.
119. Anatomical bi-cruciate retaining TKA improves gait ability earlier than bi-cruciate stabilized TKA based on triaxial accelerometry data: A prospective cohort study / K. Amemiya, T. Kaneko, M. Omata [et al.] // *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* – 2021. – № 25. – P. 35–41.
120. Arirachakaran, A. Patellofemoral resurfacing and patellar denervation in primary total knee arthroplasty / A. Arirachakaran, C. Sangkaew, J. Kongtharvonskul / *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2015. – Vol. 23. – № 6. – P. 1770–1781.
121. Arthroscopic debridement of acute periprosthetic septic arthritis of the knee / O.A. Ilahi, G.A. Al-Habbal, J.R. Bocell [et al.] // *Arthroscopy.* – 2005. – Vol. 21. – № 3. – P. 303–306.
122. Aseptic Loosening after THA and TKA - Do gender, tobacco use and BMI have an impact on implant survival time? / E. Schiffner, D. Latz, S. Thelen [et al.] // *J Orthop.* – 2019. – Vol. 16. – № 3. – P. 269–272.
123. Bauman, R.D. Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty / R.D. Bauman, D.G. Lewallen, A.D. Hanssen // *Clin Orthop Relat Res.* – 2009. – Vol. 467. – № 3. – P. 818–824.
124. Bi-cruciate retaining total knee arthroplasty: a systematic literature review of clinical outcomes / C.K. Boese, S. Ebohon, C. Ries, D. De Faoite // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2021. – Vol. 141. – № 2. – P. 293–304.
125. Biomechanical differences exhibited during sit-to-stand between total knee arthroplasty designs of varying radii / H. Wang, K.J. Simpson, M.S. Ferrara [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2006. – Vol. 21. – № 8. – P. 1193–1199.
126. Biomechanical influence of TKA designs with varying radii on bilateral TKA patients during sit-to-stand / H. Wang, K.J. Simpson, S. Chamnongkich [et al.] // *Dyn Med.* – 2008. – № 7. – P. 12.

127. Body mass and weight thresholds for increased prosthetic joint infection rates after primary total joint arthroplasty / A. Lübbecke, M. Zingg, D Vu [et al.] // *Acta Orthop.* – 2016. – Vol. 87. – № 2. – P. 132–138.
128. Boettner, F. Achilles tendon allograft for augmentation of the Hanssen patellar bone grafting / F. Boettner, J. Bou Monsef // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2015. – Vol. 23. – № 4. – P. 1035–1038.
129. Bone loss following knee arthroplasty: potential treatment options / M. Vasso, P. Beaufils, S. Cerciello, P.A. Schiavone // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2014. – Vol. 134. – № 4. – P. 543–553.
130. Brand, R.A. Biographical sketch: Themistocles Gluck (1853-1942) / R.A. Brand, M.A. Mont, M.M. Manring // *Clin Orthop Relat Res.* – 2011. – Vol. 469. – № 6. – P. 1525–1527.
131. Browne, J.A. Reconstruction of patellar tendon disruption after total knee arthroplasty: results of a new technique utilizing synthetic mesh / J.A. Browne, A.D. Hanssen // *J Bone Joint Surg Am.* – 2011. – Vol. 93. – № 12. – P. 1137–1143.
132. Calvisi, V. Resurfacing versus nonresurfacing the patella in total knee arthroplasty: a critical appraisal of the available evidence / V. Calvisi, G. Camillieri, S. Lupporelli // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2009. – Vol. 129. – № 9. – P. 1261–1270.
133. Canovas, F. Quality of life after total knee arthroplasty / F. Canovas, L. Dagneaux // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2018. – Vol. 104. – № 1S. – P. S41–S46.
134. Causes of instability after total knee arthroplasty / S.J. Song, R.C. Detch, W.J. Maloney [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2014. – Vol. 29. – № 2. – P. 360–364.
135. Causes of stiffness after total knee arthroplasty: a systematic review / S. Zaffagnini, S. Di Paolo, A. Meena [et al.] // *Int Orthop.* – 2021. – Vol. 45. – № 8. – P. 1983–1999.
136. Cementless Porous-Coated Metaphyseal Sleeves Used for Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty: Short- to Mid-Term Outcomes / J. Shen, T. Zhang, Y. Zhang [et al.] // *Orthop Surg.* – 2023. – Vol. 15. – № 2. – P. 488–495.
137. Chalidis, B. Tibial tubercle osteotomy in revision total knee arthroplasty: A systematic review / B. Chalidis, D. Kitridis, P. Givissis // *World J Orthop.* – 2020. – Vol. 11. – № 6. – P. 294–303.

138. Choong, P.F. Does accurate anatomical alignment result in better function and quality of life? comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty / P.F. Choong, M.M. Dowsey, J.D. Stoney // *J Arthroplasty*. – 2009. – Vol. 24. – № 4. – P. 560–569.
139. Choong, P.F. Obesity in total hip replacement / P.F. Choong, M.M. Dowsey, D.J. Liew // *Bone Joint Surg Br*. – 2009. – Vol. 91. – № 12. – P. 1642.
140. Christiner, T. Repeat two-stage revision for knee prosthetic joint infection results in very high failure rates / T. Christiner, P. Yates, G. Prosser // *ANZ J Surg*. – 2022. – Vol. 92. – № 3. – P. 487–492.
141. Clarke, H.D. Revision total knee arthroplasty: planning, management, controversies, and surgical approaches / H.D. Clarke, G.R. Scuderi // *Instr Course Lect*. – 2001. – № 50. – P. 359–365.
142. Clinical and economic burden of revision knee arthroplasty / M. Bhandari, J. Smith, L.E. Miller, J.E. Block // *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord*. – 2012. – № 5. – P. 89–94.
143. Clinical and radiological results of femoral head structural allograft for severe bone defects in revision TKA--a minimum 8-year follow-up / C.H. Chun, J.W. Kim, S.H. Kim [et al.] // *Knee*. – 2014. – Vol. 21. – № 2. – P. 420–423.
144. Clinical outcomes after high-flex versus conventional total knee arthroplasty / A. Arirachakaran, T. Wandee, K. Pituckhanotai [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2015. – Vol. 23. – № 6. – P. 1610–1621.
145. Clinical Outcomes in Isolated Tibial Revision With Cruciate Retaining Total Knee Arthroplasty / R.W. Tracey, F. Akram, C.J. Della Valle [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2021. – Vol. 36. – № 7. – P. 2536–2540.
146. Collizza, W.A. The posterior stabilized total knee prosthesis. Assessment of polyethylene damage and osteolysis after a ten-year-minimum follow-up / W.A. Collizza, J.N. Insall, G.R. Scuderi // *J Bone Joint Surg Am*. – 1995. – Vol. 77. – № 11. – P. 1713–1720.
147. Comparable level of joint awareness between the bi-cruciate and cruciate retaining total knee arthroplasty with patient-specific instruments: a case-controlled study /

S. Kalaai, M. Scholtes, R. Borghans [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2020. – Vol. 28. – № 6. – P. 1835–1841.

148. Comparison of High-Flexion and Conventional Implants in Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis / Z. Wang, M. Wei, Q. Zhang [et al.] // *Med Sci Monit.* – 2015. – № 21. – P. 1679–1686.

149. Comparison of Kinematic Alignment and Mechanical Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Meta-analysis of Randomized Controlled Clinical Trials / Z.X. Gao, N.J. Long, S.Y. Zhang [et al.] // *Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 12. – № 6. – P. 1567–1578.

150. Comparison of the results of bilateral total knee arthroplasty with and without patellar replacement for rheumatoid arthritis. A follow-up note / A. Kajino, S. Yoshino, S. Kameyama [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 1997. – Vol. 79. – № 4. – P. 570–574.

151. Comparison of the success rate after debridement, antibiotics and implant retention (DAIR) for periprosthetic joint infection among patients with or without a sinus tract / W. Deng, R. Li, H. Shao [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2021. – Vol. 22. – № 1. – P. 895.

152. Computer-navigated total knee arthroplasty in haemophilic arthropathy / K.Y. Cho, K.I. Kim, S. Khurana [et al.] // *Haemophilia.* – 2013. – Vol. 19. – № 2. – P. 259–266.

153. Conventional versus computer-navigated TKA: a prospective randomized study / A. Todesca, L. Garro, M. Penna, J. Bejui-Hugues // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2017. – Vol. 25. – № 6. – P. 1778–1783.

154. Conversion of failed modern unicompartmental arthroplasty to total knee arthroplasty / W.N. Levine, R.M. Ozuna, R.D. Scott, T.S. Thornhill // *J Arthroplasty.* – 1996. – Vol. 11. – № 7. – P. 797–801.

155. Correction to: The High Flex Total Knee Arthroplasty-Higher Incidence of Aseptic Loosening and No Benefit in Comparison to Conventional Total Knee Arthroplasty: Minimum 16-Years Follow-Up Results / F. Radetzki, A. Zeh, K.S. Delank, D. Wohlrab // *Indian J Orthop.* – 2021. – Vol. 56. – № 2. – P. 367.

156. Crawford, D.A. Ligament Balancing and Constraint in Revision Total Knee Arthroplasty / D.A. Crawford, A.V. Lombardi Jr // *J Knee Surg.* – 2021. – Vol. 34. – № 13. – P. 1382–1387.

157. Current concepts in total knee arthroplasty : mechanical, kinematic, anatomical, and functional alignment / F.A. Begum, B. Kayani, A.A. Magan [et al.] // *Bone Jt Open*. – 2021. – Vol. 2. – № 6. – P. 397–404.
158. Current Epidemiology of Revision Total Knee Arthroplasty in the United States / R.E. Delanois, J.B. Mistry, C.U. Gwam [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2017. – Vol. 32. – № 9. – P. 2663–2668.
159. Current evidence base for kinematic alignment / L.R. Tuecking, P. Savov, H. Windhagen, M. Ettinger // *Orthopade*. – 2020. – Vol. 49. – № 7. – P. 584–592.
160. Dalury, D.F. The use of metaphyseal sleeves in revision total knee arthroplasty / D.F. Dalury, W.P. Barrett // *J Knee*. – 2016. – Vol. 23. – № 3. – P. 545–548.
161. Del Gaizo, D.J. Instability in primary total knee arthroplasty / D.J. Del Gaizo, C.J. Della Valle // *Orthopedics*. – 2011. – Vol. 34. – № 9. – P. e519–521.
162. Della Valle, C.J. Surgical exposures in revision total knee arthroplasty / C.J. Della Valle, R.A. Berger, A.G. Rosenberg // *Clin Orthop Relat Res*. – 2006. – № 446. – P. 59–68.
163. Dennis, D.A. Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty / D.A. Dennis // *Instr Course Lect*. – 2001. – № 50. – P. 379–389.
164. Distal femur and proximal tibia replacement with megaprosthesis in revision knee arthroplasty: a limb-saving procedure / S. Höll, A. Schlomberg, G. Gosheger [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2012. – Vol. 20. – № 12. – P. 2513–2518.
165. Does adding antibiotics to cement reduce the need for early revision in total knee arthroplasty? / E. Bohm, N. Zhu, J. Gu [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2014. – Vol. 472. – № 1. – P. 162–168.
166. Does patella resurfacing really matter? Pain and function in 972 patients after primary total knee arthroplasty / S.H. Lygre, B. Espehaug, L.I. Havelin [et al.] // *Acta Orthop*. – 2010. – Vol. 81. – № 1. – P. 99–107.
167. Dowsey, M.M. Obese diabetic patients are at substantial risk for deep infection after primary TKA / M.M. Dowsey, P.F. Choong // *Clin Orthop Relat Res*. – 2009. – Vol. 467. – № 6. – P. 1577–1581.

168. Early patellar tendon rupture after total knee arthroplasty: A direct repair method / T.J. Li, J.Y. Sun, Y.Q. Du [et al.] // *World J Clin Cases*. – 2022. – Vol. 10. – № 31. – P. 11349–11357.
169. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements / S. Parratte, M.W. Pagnano, R.T. Trousdale, D.J. Berry // *J Bone Joint Surg Am*. – 2010. – Vol. 92. – № 12. – P. 2143–2149.
170. Ellis, M. Forces in the knee joint whilst rising from a seated position / M. Ellis, B.B. Seedhom, V. Wright // *J Biomed Eng*. – 1984. – Vol. 6. – № 2. – P. 113–120.
171. Engh, G.A. Classification and alternatives for reconstruction / G.A. Engh, D.J. Ammeen // *Instr Course Lect*. – 1999. – № 48. – P. 167–175.
172. Engh, G.A. The management of bone defects in revision total knee arthroplasty / G.A. Engh, N.L. Parks // *Instr Course Lect*. – 1997. – № 46. – P. 227–236.
173. Ettinger, M. [Individual revision arthroplasty of the knee joint] / M. Ettinger, H. Windhagen // *Orthopade*. – 2020. – Vol. 49. – № 5. – P. 396–402.
174. Evidence for using chlorhexidine gluconate preoperative cleansing to reduce the risk of surgical site infection / C.E. Edmiston Jr, O. Okoli, M.B. Graham [et al.] // *AORN J*. – 2010. – Vol. 92. – № 5. – P. 509–518.
175. Evolution in knee replacement implant / S. Comitini, D. Tigani, D. Leonetti [et al.] // *Single Cell Biol*. – 2015. – № 04. – P. 109.
176. Ewald, F.C. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system / F.C. Ewald // *Clin Orthop Relat Res*. – 1989. – № 248. – P. 9–12.
177. Excellent two-year survivorship of 3D-printed metaphyseal cones in revision total knee arthroplasty / M.W. Tetreault, K.I. Perry, M.W. Pagnano [et al.] // *Bone Joint J*. – 2020. – Vol. 102-B. – № 6_Supple_A. – P. 107–115.
178. Extensor mechanism allograft reconstruction after total knee arthroplasty. A comparison of two techniques / R.S. Burnett, R.A. Berger, W.G. Paprosky [et al.] // *J Bone Joint Surg Am*. – 2004. – Vol. 86. – № 12. – P. 2694–2699.
179. Extensor mechanism allograft reconstruction for extensor mechanism failure following total knee arthroplasty / N.M. Brown, T. Murray, S.M. Sporer [et al.] // *J Bone Joint Surg Am*. – 2015. – Vol. 97. – № 4. – P. 279–283.

180. Factors affecting flexion gap tightness in cruciate-retaining total knee arthroplasty / Y. In, J.M. Kim, Y.K. Woo [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2009. – Vol. 24. – № 2. – P. 317–321.
181. Favorito, P.J. Total knee arthroplasty in the valgus knee / P.J. Favorito, W.M. Mihalko, K.A. Krackow // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2002. – Vol. 10. – № 1. – P. 16–24.
182. Felix, N.A. Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty / N.A. Felix, M.J. Stuart, A.D. Hanssen // *Clin Orthop Relat Res*. – 1997. – № 345. – P. 113–124.
183. Femoral bone and cartilage wear is predictable at 0° and 90° in the osteoarthritic knee treated with total knee arthroplasty / D. Nam, K.M. Lin, S.M. Howell, M.L. Hull // *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*. – 2014. – Vol. 22. – № 12. – P. 2975–2981.
184. Femoral component malrotation is not correlated with poor clinical outcomes after total knee arthroplasty / K. Corona, S. Cerciello, M. Vasso [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2020. – Vol. 28. – № 12. – P. 3879–3887.
185. Femoral Component Varus Malposition is Associated with Tibial Aseptic Loosening After TKA / B.S. Lee, H.I. Cho, S.I. Bin [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2018. – Vol. 476. – № 2. – P. 400–407.
186. Flexion contracture following primary total knee arthroplasty: risk factors and outcomes / S.T. Goudie, A.H. Deakin, A. Ahmad [et al.] // *Orthopedics*. – 2011. – Vol. 34. – № 12. – P. e855–859.
187. Flexion instability after primary posterior cruciate retaining total knee arthroplasty / M.W. Pagnano, A.D. Hanssen, D.G. Lewallen, M.J. Stuart // *Clin Orthop Relat Res*. – 1998. – № 356. – P. 39–46.
188. Flexion Instability After Total Knee Arthroplasty / J.B. Stambough, P.K. Edwards, E.M. Mannen [et al.] // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2019. – Vol. 27. – № 17. – P. 642–651.
189. Functional outcome of debridement, antibiotics and implant retention in periprosthetic joint infection involving the hip: a case-control study /

G. Grammatopoulos, M.E. Bolduc, B.L. Atkins [et al.] // *Bone Joint J.* – 2017. – Vol. 99-B. – № 5. – P. 614–622.

190. Functional outcomes comparative analysis of cemented and uncemented total knee arthroplasty / V.Y. Murylev, A.V. Muzychenkov, N.A. Tsygin [et al.] // *J Orthop.* – 2020. – № 20. – P. 268–274.

191. Gamma inert sterilization: a solution to polyethylene oxidation? / F.J. Medel, S.M. Kurtz, W.J. Hozack [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2009. – Vol. 91. – № 4. – P. 839–849.

192. Gebauer, M. [The use of tantalum cones for reconstruction of bone defects in revision total knee arthroplasty] / M. Gebauer, T. Gehrke, O. Jakobs // *Oper Orthop Traumatol.* – 2015. – Vol. 27. – № 1. – P. 17–23.

193. Gehrke, T. The management of an infected total knee arthroplasty / T. Gehrke, P. Alijanipour, J. Parvizi // *Bone Joint J.* – 2015. – Vol. 97-B. – № 10 Suppl A. – P. 20–29.

194. German Arthroplasty Registry (Endoprothesenregister Deutschland - EPRD) - Annual Report 2022 / A. Grimberg, J. Lützner, O. Melsheimer [et al.] // 2023.

195. Giacometti, R. Documentation and methods of assessment of the result of hip arthroplasty / R. Giacometti. In: *European instructional course lectures. Volume 3.* J. Kenwright, J. Duparc, P. Fulford (eds.). – London: The British Editorial Society, 1997. – Текст: непосредственный.

196. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 / M. Ng, T. Fleming, M. Robinson [et al.] // *Lancet.* – 2014. – Vol. 384. – № 9945. – P. 766–781.

197. Gluck, T. Referat über die durch das moderne chirurgische Experiment gewonnenen positiven Resultate, betreffend die Naht und den Ersatz von Defecten höherer Gewebe, sowie über die Verwethung resorbirbarer und lebendiger Tampons in der Chirurgie / T. Gluck. – Schattauer, 1988. – 58 p. – ISBN: 9783794512775. – Текст: непосредственный.

198. Gunston, F.H. Complications of polycentric knee arthroplasty / F.H. Gunston, R.I. MacKenzie // *Clin Orthop Relat Res.* – 1976. – № 120. – P. 11–17.
199. Gunston, F.H. Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement / F.H. Gunston // *J Bone Joint Surg Br.* – 1971. – Vol. 53. – № 2. – P. 272–277.
200. Haidukewych, G.J. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty: indications and techniques / G.J. Haidukewych, A. Hanssen, R.D. Jones // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2011. – Vol. 19. – № 6. – P. 311–318.
201. Hallab, N.J. Biologic effects of implant debris / N.J. Hallab, J.J. Jacobs // *Bull NYU Hosp Jt Dis.* – 2009. – Vol. 67. – № 2. – P. 182–188.
202. Hawellek, T. [Periprosthetic fractures around the knee] / T. Hawellek, W. Lehmann, G. von Lewinski // *Chirurg.* – 2020. – Vol. 91. – № 10. – P. 833–840.
203. Hemostatic techniques to reduce blood transfusion after primary TKA: a meta-analysis and systematic review / Z. Dong, L. Han, Y. Song [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2019. – Vol. 139. – № 12. – P. 1785–1796.
204. Herberts, P. Long-term registration has improved the quality of hip replacement: a review of the Swedish THR register comparing 160000 cases / P. Herberts, H. Malchau // *Acta Orthop Scand.* – 2000. – Vol. 71. – № 2. – P. 111–121.
205. High flex total knee arthroplasty--a prospective, randomized study with results after 10 years / F. Radetzki, A. Wienke, T. Mendel [et al.] // *Acta Orthop Belg.* – 2013. – Vol. 79. – № 5. – P. 536–540.
206. Highly cross-linked polyethylene in primary total knee arthroplasty is associated with a lower rate of revision for aseptic loosening: a meta-analysis of 962,467 cases / I. Gkiatas, T. Karasavvidis, A.K. Sharma [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2022. – Vol. 142. – № 6. – P. 1177–1184.
207. Hirtler, L. Vascular coverage of the anterior knee region - an anatomical study / L. Hirtler, A. Lübbers, C. Rath // *J Anat.* – 2019. – Vol. 235. – № 2. – P. 289–298.
208. How isometric are the medial patellofemoral, superficial medial collateral, and lateral collateral ligaments of the knee? / J. Victor, P. Wong, E. Witvrouw [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2009. – Vol. 37. – № 10. – P. 2028–2036.

209. How much preoperative flexion contracture is a predictor for residual flexion contracture after total knee arthroplasty in hemophilic arthropathy and rheumatoid arthritis? / H.W. Lee, C.H. Park, D.K. Bae, S.J. Song // *Knee Surg Relat Res.* – 2022. – Vol. 34. – № 1. – P. 20.
210. Hungerford, D.S. Total joint arthroplasty of the knee / D.S. Hungerford, K.A. Krackow // *Clin Orthop Relat Res.* – 1985. – № 192. – P. 23–33.
211. Hutten, D. Femorotibial bone loss during revision total knee arthroplasty / D. Hutten // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2013. – Vol. 99. – № 1 Suppl. – P. S22–33.
212. Hutten, D. Techniques for filling tibiofemoral bone defects during revision total knee arthroplasty / D. Hutten, G. Pasquier, J.C. Lambotte // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2021. – Vol. 107. – № 1S. – P. 102776.
213. Incidence of Radiolucent Lines after Cemented Total Knee Arthroplasty / H.J.H. Ng, G.K.Y. Tan, R.G. Tan, C.Y. Kau // *Arch Bone Jt Surg.* – 2022. – Vol. 10. – № 1. – P. 85–91.
214. Ingham, E. The role of macrophages in osteolysis of total joint replacement / E. Ingham, J. Fisher // *Biomaterials.* – 2005. – Vol. 26. – № 11. – P. 1271–1286.
215. Inlay autogenous bone graft for tibial defects in primary total knee arthroplasty / G. Scuderi, J.N. Insall, S.B. Haas [et al.] // *Clin Orthop.* – 1989. – № 248. – P. 93–97.
216. Insall, J.N. The posterior stabilized condylar prosthesis: a modification of the total condylar design. Two to four-year clinical experience / J.N. Insall, P.F. Lachiewicz, A.H. Burstein // *J Bone Joint Surg.* – 1982. – Vol. 64. – № 9. – P. 1317–1323.
217. Instability After Total Knee Arthroplasty / U. Cottino, P.K. Sculco, R.J. Sierra, M.P. Abdel // *Orthop Clin North Am.* – 2016. – Vol. 47. – № 2. – P. 311–316.
218. Intermediate and long-term quality of life after total knee replacement: a systematic review and meta-analysis / L. Shan, B. Shan, A. Suzuki [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2015. – Vol. 97. – № 2. – P. 156–168.
219. Internal rotation of femoral component affects functional activities after TKA--survey with the 2011 Knee Society Score / S. Kawahara, K. Okazaki, S. Matsuda [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2014. – Vol. 29. – № 12. – P. 2319–2323.

220. Intraoperative Manipulation for Flexion Contracture During Total Knee Arthroplasty / Y. Matsui, Y. Minoda, I. Fumiaki [et al.] // *Orthopedics*. – 2016. – Vol. 39. – № 6. – P. e1070–e1074.
221. Izakovicova, P. Periprosthetic joint infection: current concepts and outlook / P. Izakovicova, O. Borens, A. Trampuz // *EFORT Open Rev*. – 2019. – Vol. 4. – № 7. – P. 482–494.
222. Kayani, B. Robotic total knee arthroplasty / B. Kayani, F.S. Haddad // *Bone Joint Res*. – 2019. – Vol. 8. – № 10. – P. 438–442.
223. Keeney, J.A. Periprosthetic total knee arthroplasty fractures: revision arthroplasty technique / J.A. Keeney // *J Knee Surg*. – 2013. – Vol. 26. – № 1. – P. 19–25.
224. Kim, Y.H. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty a prospective randomized trial / Y.H. Kim, J.W. Park, J.S. Kim // *J Bone Joint Surg Am*. – 2012. – Vol. 94. – № 22. – P. 2017–2024.
225. Kinematic alignment in total knee arthroplasty: Concept, evidence base and limitations / T. Calliess, M. Ettinger, C. Stukenborg-Colsmann, H. Windhagen // *Orthopade*. – 2015. – Vol. 44. – № 4. – P. 282–286, 288.
226. Kinematic TKA using navigation: Surgical technique and initial results / J.R. Hutt, M.A. LeBlanc, V. Massé [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res*. – 2016. – Vol. 102. – № 1. – P. 99–104.
227. Knee arthrodesis versus above-the-knee amputation after septic failure of revision total knee arthroplasty: comparison of functional outcome and complication rates / S. Hungerer, M. Kiechle, C. von Rüden [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord*. – 2017. – Vol. 18. – № 1. – P. 443.
228. Knee Arthroscopy After Prior Total Knee Arthroplasty Type of Study: Narrative Review / D.L. Bernholt, W.C. Skinner, A.M. Holt, F.M. Azar // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2023. – Vol. 31. – № 2. – P. 57–63.
229. Knee revision arthroplasty: cementless, metaphyseal fixation with sleeves / H. Graichen, M. Strauch, W. Scior, R. Morgan-Jones // *Oper Orthop Traumatol*. – 2015. – Vol. 27. – № 1. – P. 24–34.

230. Kurtz, S.M. History and systematic review of wear and osteolysis outcomes for first-generation highly crosslinked polyethylene / S.M. Kurtz, H.A. Gawel, J.D. Patel // *Clin Orthop Relat Res.* – 2011. – Vol. 469. – № 8. – P. 2262–2277.
231. Kurtz, S.M. UHMWPE Biomaterials Handbook Ultra High Molecular Weight Polyethylene in Total Joint Replacement and Medical Devices / S.M. Kurtz (editor). – . Third edition. – Elsevier, 2015. – ISBN: 978-0-323-35401-1. – Текст: непосредственный.
232. Lachiewicz, P.F. Porous metal metaphyseal cones for severe bone loss: when only metal will do / P.F. Lachiewicz, T.S. Watters // *Bone Joint J.* – 2014. – Vol. 96-B. – № 11 Supple A. – P. 118–121.
233. Lee, J.P. Empiric evidence for a genetic contribution to predisposition to surgical site infection / J.P. Lee, H.W. Hopf, L.A. Cannon-Albright // *Wound Repair Regen.* – 2013. – Vol. 21. – № 2. – P. 211–215.
234. Lei, P.F. Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty and Management / P.F. Lei, R.Y. Hu, Y.H. Hu // *Orthop Surg.* – 2019. – Vol. 11. – № 1. – P. 15–24.
235. Long-term outcome following revision total knee arthroplasty is associated with indication for revision / P.J.H. van Rensch, G. Hannink, P.J.C. Heesterbeek [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2020. – Vol. 35. – № 6. – P. 1671–1677.
236. Long-term results of posterior-cruciate-retaining Genesis I total knee arthroplasty / B.E. Chalidis, N.P. Sachinis, P. Papadopoulos [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2011. – Vol. 16. – № 6. – P. 726–731.
237. Long-term results of the total condylar knee arthroplasty: a 15-year survivorship study / C.S. Ranawat, W.F. Flynn Jr, S. Saddler // *Clin Orthop Relat Res.* – 1993. – № 286. – P. 94–102.
238. Lotke, P.A. Impaction grafting for bone defects in revision total knee arthroplasty / P.A. Lotke, G.F. Carolan, N. Puri // *Clin Orthop Relat Res.* – 2006. – № 446. – P. 99–103.
239. Lucht, U. The Danish hip arthroplasty register / U. Lucht // *Acta Orthop Scand.* – 2000. – Vol. 71. – № 5. – P. 433–439.

240. Lyall, H.S. Severe tibial bone loss in revision total knee replacement managed with structural femoral head allograft: a prospective case series from the Royal London Hospital / H.S. Lyall, A. Sanghrajka, G. Scott // *Knee*. – 2009. – Vol. 16. – № 5. – P. 326–331.
241. Mainous, M.R. Nutrition and infection / M.R. Mainous, E.A. Deitch // *Surg Clin North Am*. – 1994. – Vol. 74. – № 3. – P. 659–676.
242. Malchau, H. Prognosis of total hip replacement in Sweden. Follow-up of 92675 operations performed 1978-1990 / H. Malchau, P. Herberts, L. Ahnfelt // *Acta Orthop Scand*. – 1993. – Vol. 64. – № 5. – P. 497–506.
243. Malrotated tibial component increases medial collateral ligament tension in total knee arthroplasty / S. Kuriyama, M. Ishikawa, M. Furu [et al.] // *J Orthop Res*. – 2014. – Vol. 32. – № 12. – P. 1658–1666.
244. Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty / R.A. Berger, L.S. Crossett, J.J. Jacobs, H.E. Rubash // *Clin Orthop Relat Res*. – 1998. – № 356. – P. 144–153.
245. Management of periprosthetic fracture following total knee arthroplasty- a retrospective study to decide when to fix or when to revise? / N. Verma, A. Jain, C. Pal [et al.] // *J Clin Orthop Trauma*. – 2020. – Vol. 11. – № Suppl 2. – P. S246–S254.
246. Management of periprosthetic patellar fractures. A systematic review of literature / B.E. Chalidis, E. Tsiridis, A.A. Tragas [et al.] // *Injury*. – 2007. – Vol. 38. – № 6. – P. 714–724.
247. Manjunath, K.S. Evaluation of alignment in total knee arthroplasty: a prospective study / K.S. Manjunath, K.G. Gopalakrishna, G. Vineeth // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. – 2015. – Vol. 25. – № 5. – P. 895–903.
248. Manning, D.W. Hinge implants / D.W. Manning, P.P. Chiang, A.A. Freiberg. In: *Revision Total Knee Arthroplasty*. Editors: J.V. Bono, R.D. Scott. – New York, NY: Springer, 2005. – P. 219–236. – ISBN: 978-1-4419-1974-8. – Текст: непосредственный.
249. Mason, J.B. Removing well-fixed total knee arthroplasty implants / J.B. Mason, T.K. Fehring // *Clin Orthop Relat Res*. – 2006. – № 446. – P. 76–82.

250. Masri, B.A. Removal of solidly fixed implants during revision hip and knee arthroplasty / B.A. Masri, P.A. Mitchell, C.P. Duncan // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2005. – Vol. 13. – № 1. – P. 18–27.
251. Mazas, F.B. Guepar total knee prosthesis / F.B. Mazas // *Clin Orthop Relat Res.* – 1973. – № 94. – P. 211–221.
252. McGraw, P. Periprosthetic fractures of the femur after total knee arthroplasty / P. McGraw, A. Kumar // *J Orthop Traumatol: Off J Ital Soc Orthop Traumatol.* – 2010. – Vol. 11. – № 3. – P. 135–141.
253. McNabb, D.C. Instability after total knee arthroplasty / D.C. McNabb, R.H. Kim, B.D. Springer // *J Knee Surg.* – 2015. – Vol. 28. – № 2. – P. 97–104.
254. Mechanical, anatomical, and kinematic axis in TKA: Concepts and practical applications / J.J. Cherian, B.H. Kapadia, S. Banerjee [et al.] // *Curr Rev Musculoskelet Med.* – 2014. – Vol. 7. – № 2. – P. 89–95.
255. [Mega-prostheses in revision knee arthroplasty] / D. Rak, M. Weißenberger, K. Horas [et al.] // *Orthopade.* – 2021. – Vol. 50. – № 12. – P. 1011–1017.
256. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery / E. Pala, G. Trovarelli, A. Angelini [et al.] // *Acta Biomed.* – 2017. – Vol. 88. – № 2S. – P. 129–138.
257. Metaphyseal sleeves in total knee arthroplasty revision: complications, clinical and radiological results. A systematic review of the literature / A. Zanirato, L. Cavagnaro, M. Basso [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2018. – Vol. 138. – № 7. – P. 993–1001.
258. Midterm comparison of posterior cruciate- retaining versus -substituting total knee arthroplasty using the Genesis II prosthesis. A multicenter prospective randomized clinical trial / K. Harato, R.B. Bourne, J. Victor [et al.] // *Knee.* – 2008. – Vol. 15. – № 3. – P. 217–221.
259. Moderate External Rotation of Tibial Component Generates More Natural Kinematics Than Internal Rotation After Total Knee Arthroplasty / C. Fang, Y. Luan, Z. Wang [et al.] // *Front Bioeng Biotechnol.* – 2022. – № 10. – P. 910311.
260. Morgan-Jones, R. Infected total knee replacement: How I do a one-stage revision / R. Morgan-Jones // *Knee.* – 2021. – № 28. – P. 422–427.

261. Morrison, J.B. The mechanics of the knee joint in relation to normal walking / J.B. Morrison // *J Biomech.* – 1970. – Vol. 3. – № 1. – P. 51–61.
262. Mortality During Total Knee Periprosthetic Joint Infection / Z.C. Lum, K.M. Natsuhara, T.J. Shelton [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2018. – Vol. 33. – № 12. – P. 3783–3788.
263. Mulcahy, H. Current concepts in knee replacement: complications / H. Mulcahy, F.S. Chew // *AJR Am J Roentgenol.* – 2014. – Vol. 202. – № 1. – P. W76–86.
264. Murray, D.W. The Oxford medial unicompartmental arthroplasty: a ten-year survival study / D.W. Murray, J.W. Goodfellow, J.J. O'Connor // *J Bone Joint Surg Br.* – 1998. – Vol. 80. – № 6. – P. 983–989.
265. Naim, S. Impaction bone grafting for tibial defects in knee replacement surgery. Results at two years / S. Naim, A.D. Tomas // *Acta Orthop Belg.* – 2013. – Vol. 79. – № 2. – P. 205–210.
266. Naim, S. Patellar tendon reconstruction using LARS ligament: surgical technique and case report / S. Naim, N. Gougoulas, D. Griffiths // *Strategies Trauma Limb Reconstr.* – 2011. – Vol. 6. – № 1. – P. 39–41.
267. Namba, R.S. Risk factors associated with deep surgical site infections after primary total knee arthroplasty: an analysis of 56,216 knees / R.S. Namba, M.C. Inacio, E.W. Paxton // *J Bone Jt Surg Am.* – 2013. – Vol. 95. – № 9. – P. 775–782.
268. National Joint Registry. 19th Annual Report 2022 / Y. Ben-Shlomo, A. Blom, C. Boulton [et al.]. – London: National Joint Registry; 2022.
269. Nelissen, R.G. Retain or sacrifice the posterior cruciate ligament in total knee arthroplasty? A histopathological study of the cruciate ligament in osteoarthritic and rheumatoid disease / R.G. Nelissen, P.C. Hogendoorn // *J Clin Pathol.* – 2001. – Vol. 54. – № 5. – P. 381–384.
270. No clinical benefit of gender-specific total knee arthroplasty / T. Cheng, C. Zhu, J. Wang [et al.] // *Acta Orthop.* – 2014. – Vol. 85. – № 4. – P. 415–421.
271. No clinical benefit of high-flex total knee arthroplasty. A meta-analysis of randomized controlled trials / H. Fu, J. Wang, W. Zhang [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2015. – Vol. 30. – № 4. – P. 573–579.

272. No differences between fixed- and mobile-bearing total knee arthroplasty / B.L. Franse, D.C. van Duijvenbode, M.J.M. Hoozemans, B.J. Burger // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2017. – Vol. 25. – № 6. – P. 1757–1777.
273. Non-resurfacing techniques in the management of the patella at total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis / I. Findlay, F. Wong, C. Smith [et al.] // *Knee.* – 2016. – Vol. 23. – № 2. – P. 191–197.
274. One-stage revision surgery provides infection eradication and satisfying outcomes for infected knee arthroplasty in selected patients / A. Pellegrini, E. Meani, V. Macchi, C. Legnani // *Expert Rev Anti Infect Ther.* – 2021. – Vol. 19. – № 7. – P. 945–948.
275. Ortiguera, C.J. Patellar fracture after total knee arthroplasty / C.J. Ortiguera, D.J. Berry // *J Bone Joint Surg Am.* – 2002. – Vol. 84. – № 4. – P. 532–540.
276. Osteolysis after total knee arthroplasty / S.K. Gupta, A. Chu, A.S. Ranawat [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2007. – Vol. 22. – № 6. – P. 787–799.
277. Osteolysis: basic science / J.J. Jacobs, K.A. Roebuck, M. Archibeck [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2001. – № 393. – P. 71–77.
278. Outcome of total knee arthroplasty in patients with poliomyelitis: A systematic review / A. Prasad, R. Donovan, M. Ramachandran [et al.] // *EFORT Open Rev.* – 2018. – Vol. 3. – № 6. – P. 358–362.
279. Outcomes of Debridement, Antibiotics and Implant Retention (DAIR) for Periprosthetic Joint Infection in a High-Volume Arthroplasty Centre / S. Walkay, D.T. Wallace, V.S.C. Balasubramaniam [et al.] // *Indian J Orthop.* – 2022. – Vol. 56. – № 8. – P. 1449–1456.
280. Outcomes of Posterior-Stabilized Compared with Cruciate-Retaining Total Knee Arthroplasty / U.G. Longo, M. Ciuffreda, N. Mannering [et al.] // *J Knee Surg.* – 2018. – Vol. 31. – № 4. – P. 321–340.
281. Pain at the end of the stem after revision total knee arthroplasty / R.L. Barrack, C. Rorabeck, M. Burt, J. Sawhney // *Clin Orthop Relat Res.* – 1999. – № 367. – P. 216–225.

282. Papas, P.V. Cementless versus Cemented Fixation in Total Knee Arthroplasty / P.V. Papas, D. Congiusta, F.D. Cushner // *J Knee Surg.* – 2019. – Vol. 32. – № 7. – P. 596–599.
283. Papas, P.V. The History of Total Knee Arthroplasty / P.V. Papas, F.D. Cushner, G.R. Scuderi // *Techniques in Orthopaedics.* – 2018. – Vol. 33. – № 1. – P. 1.
284. Pasquier, G. The role of rotating hinge implants in revision total knee arthroplasty / G. Pasquier, M. Ehlinger, D. Mainard // *EFORT Open Rev.* – 2009. – Vol. 4. – № 6. – P. 269–278.
285. Patella Baja in Total Knee Arthroplasty / Z.C. Lum, A.M. Saiz, G.C. Pereira, J.P. Meehan // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 28. – № 8. – P. 316–323.
286. Patella resurfacing during total knee arthroplasty is cost-effective and has lower re-operation rates compared to non-resurfacing / T. Parsons, T. Al-Jabri, N.D. Clement [et al.] // *J Orthop Surg Res.* – 2021. – Vol. 16. – № 1. – P. 185.
287. Patella resurfacing versus nonresurfacing in total knee arthroplasty: results of a randomized controlled clinical trial at a minimum of 10 years' followup / R.S. Burnett, C.M. Haydon, C.H. Rorabeck, B.B. Bourne // *Clin Orthop Relat Res.* – 2004. – № 428. – P. 12–25.
288. Patellar complications after total knee arthroplasty / S. Putman, F. Boureau, J. Girard [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2019. – Vol. 105. – № 1S. – P. S43–S51.
289. Patellar Resurfacing in Total Knee Arthroplasty, a Never-Ending Controversy; Case Report and Literature Review / R. Adam, C. Moldovan, S. Tudorache [et al.] // *Diagnostics (Basel).* – 2023. – Vol. 13. – № 3. – P. 383.
290. Patellar resurfacing in total knee arthroplasty: systematic review and meta-analysis / U.G. Longo, M. Ciuffreda, N. Mannering [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2018. – Vol. 33. – № 2. – P. 620–632.
291. Patellar resurfacing versus 19 patellar nonresurfacing in primary total knee arthroplasty: a protocol for systematic review and meta analysis / C. Hou, X. Chu, B. Zhang [et al.] // *Medicine (Baltimore).* – 2020. – Vol. 99. – № 21. – P. e20097.

292. Patellar resurfacing versus nonresurfacing in total knee arthroplasty: an updated meta-analysis of randomized controlled trials / K. Chen, X. Dai, L. Li [et al.] // *J Orthop Surg Res.* – 2021. – Vol. 16. – № 1. – P. 83.
293. Patient-Related Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Total Joint Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis / S.K. Kunutsor, M.R. Whitehouse, A.W. Blom, A.D. Beswick; INFORM Team // *PLoS One.* – 2016. – Vol. 11. – № 3. – P. e0150866.
294. Performance of the tibial component in total knee arthroplasty / D.L. Bartel, A.H. Burstein, E.A. Santavicca, J.N. Insall // *J Bone Joint Surg.* – 1982. – Vol. 64. – № 7. – P. 1026–1033.
295. Perioperative allogeneic red blood-cell transfusion associated with surgical site infection after total hip and knee arthroplasty / J.S. Everhart, J.H. Sojka, J.L. Mayerson [et al.] // *J Bone Jt Surg.* – 2018. – Vol. 100. – № 4. – P. 288–294.
296. Periprosthetic joint infection / B.H. Kapadia, R.A. Berg, J.A. Daley [et al.] // *Lancet.* – 2016. – Vol. 387. – № 10016. – P. 386–394.
297. Persona® The Personalized Knee. Surgical Technique. <https://www.zimmerbiomet.com/content/dam/zimmer-biomet/medical-professionals/knee/persona-knee-system/persona-the-personalized-knee-surgical-technique.pdf> (Дата обращения: 01.11.2023)
298. Pocket Guide to Diagnosis & Treatment of Periprosthetic Joint Infection (PJI). – Version 11. – <https://pro-implant.org/tools/pocket-guide/1> – Текст: электронный. (Дата обращения: 01.11.2023)
299. Polyethylene particles in joint fluid and osteolysis in revision total knee arthroplasty / I. Piñol, A. Torres, G. Gil [et al.] // *Knee.* – 2014. – Vol. 21. – № 2. – P. 402–405.
300. Polyethylene sterilization and production affects wear in total hip arthroplasties / P.M. Faris, M.A. Ritter, A.L. Pierce [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2006. – № 453. – P. 305–308.
301. Ponzio, D.Y. Metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty / D.Y. Ponzio, M.S. Austin // *Curr Rev Musculoskelet Med.* – 2015. – Vol. 8. – № 4. – P. 361–367.

302. Porous-coated anatomic (PCA) knee arthroplasty. 3-year results / A. Eskola, V. Vahvanen, S. Santavirta [et al.] // *J Arthroplasty*. – 1992. – Vol. 7. – № 3. – P. 223–228.
303. Posterior cruciate ligament at total knee replacement. Essential, beneficial or a hindrance? / R. Straw, S. Kulkarni, S. Attfield, T.J. Wilton // *Bone Jt Surg Br*. – 2003. – Vol. 85. – № 5. – P. 671–674.
304. Posterior cruciate ligament function following total knee arthroplasty: the effect of joint line elevation / G.J. Emodi, J.J. Callaghan, D.R. Pedersen, T.D. Brown // *Iowa Orthop J*. – 1999. – № 19. – P. 82–92.
305. Posterior Cruciate Ligament Retention versus Posterior Stabilization for Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis / C. Jiang, Z. Liu, Y. Wang [et al.] // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11. – № 1. – P. e0147865.
306. Posterior stabilization in total knee arthroplasty with use of an ultracongruent polyethylene insert / A.A. Hofmann, T.K. Tkach, C.J. Evanich, M.P. Camargo // *J Arthroplasty*. – 2000. – Vol. 15. – № 5. – P. 576–583.
307. Postoperative lateral ligamentous laxity diminishes with time after TKA in the varus knee / H. Sekiya, K. Takatoku, H. Takada [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2009. – Vol. 467. – № 6. – P. 1582–1586.
308. Preventing surgical site infections in nasal carriers of *Staphylococcus aureus* / L.G. Bode, J.A. Kluytmans, H.F. Wertheim [et al.] // *N Engl J Med*. – 2010. – Vol. 362. – № 1. – P. 9–17.
309. Procrastination of wound drainage and malnutrition affect the outcome of joint arthroplasty / F.M. Jaber, J. Parvizi, C.T. Haytmanek [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2008. – Vol. 466. – № 6. – P. 1368–1371.
310. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz, K. Ong, E. Lau [et al.] // *J Bone Joint Surg Am*. – 2007. – Vol. 89. – № 4. – P. 780–785.
311. Prolonged operative time correlates with increased infection rate after total knee arthroplasty / G. Peersman, R. Laskin, J. Davis [et al.] // *HSS J*. – 2006. – Vol. 2. – № 2. – P. 70–72.

312. Prosthetic joint infection risk after TKA in the medicare population / S.M. Kurtz, K.L. Ong, E. Lau [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2010. – Vol. 468. – № 1. – P. 52–56.
313. Punwar, S.A. Tibial Tubercle Osteotomy in Revision Knee Arthroplasty / S.A. Punwar, D.P. Fick, R.J.K. Khan // *J Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32. – № 3. – P. 903–907.
314. Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement / J. Dawson, R. Fitzpatrick, D. Murray, A. Carr // *J Bone Joint Surg Br.* – 1998. – Vol. 80. – № 1. – P. 63–69.
315. Radiological Stability after Revision of Infected Total Knee Arthroplasty Using Modular Metal Augments / K.J. Lee, K.C. Bae, C.H. Cho [et al.] // *Knee Surg Relat Res.* – 2016. – Vol. 28. – № 1. – P. 55–61.
316. Ramappa, M. Midflexion instability in primary total knee replacement: a review / M. Ramappa // *SICOT J.* – 2015. – № 1. – P. 24.
317. Ranawat, C.S. Duo-condylar total knee arthroplasty / C.S. Ranawat, J.J. Shine // *Clin Orthop Relat Res.* – 1973. – № 94. – P. 185–195.
318. Ranawat, C.S. History of total knee replacement / C.S. Ranawat // *J South Orthop Assoc.* – 2002. – Vol. 11. – № 4. – P. 218–226.
319. Reasons for failure in primary total knee arthroplasty - An analysis of prospectively collected registry data / D.T. Mathis, L. Lohrer, F. Amsler, M.T. Hirschmann // *J Orthop.* – 2020. – № 23. – P. 60–66.
320. Restricted kinematic alignment may be associated with increased risk of aseptic loosening for posterior-stabilized TKA: a case-control study / E. Sappey-Marinier, J. Shatrov, C. Batailler [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2022. – Vol. 30. – № 8. – P. 2838–2845.
321. Review article: bone defect classifications in revision total knee arthroplasty / Y.Y. Qiu, C.H. Yan, K.Y. Chiu, F.Y. Ng // *J Orthop Surg (Hong Kong).* – 2011. – Vol. 19. – № 2. – P. 238–243.
322. Revision arthroplasty with rotating hinge systems for total knee arthroplasty instability / J. Arnholdt, S.P. Boelch, F. Dogan [et al.] // *Oper Orthop Traumatol.* – 2020. – Vol. 32. – № 4. – P. 298–308.

323. Revision Total Knee Arthroplasty for Arthrofibrosis / R.W. Rutherford, J.M. Jennings, D.L. Levy [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2018. – Vol. 33. – № 7S. – P. S177–S181.
324. Risk factors for periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty / J.F. Blanco, A. Díaz, F.R. Melchor [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg*. – 2020. – Vol. 140. – № 2. – P. 239–245.
325. Risk factors for periprosthetic joint infection following primary total hip or knee arthroplasty: a meta-analysis / L. Kong, J. Cao, Y. Zhang [et al.] // *Int Wound J*. – 2017. – Vol. 14. – № 3. – P. 529–536.
326. Robinson, R.P. The early innovators of today's resurfacing condylar knees / R.P. Robinson // *J Arthroplasty*. – 2005. – Vol. 20. – № 1 Suppl 1. – P. 2–26.
327. Robot-assisted knee arthroplasty improves component positioning and alignment, but results are inconclusive on whether it improves clinical scores or reduces complications and revisions: a systematic overview of meta-analyses / N. Kort, P. Stirling, P. Pilot, J.H. Müller // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2022. – Vol. 30. – № 8. – P. 2639–2653.
328. Robot-assisted surgery in total knee arthroplasty: trauma maker or trauma savior? A prospective, randomized cohort study / Z. Xu, H. Li, Z. Liu [et al.] // *Burns Trauma*. – 2022. – № 10. – P. tkac034.
329. Robot-Assisted versus Conventional Total and Unicompartamental Knee Arthroplasty: A Meta-analysis of Radiological and Functional Outcomes / B.Z. Chin, S.S.H Tan, K.C.X Chua [et al.] // *J Knee Surg*. – 2021. – Vol. 34. – № 10. – P. 1064–1075.
330. Robotic technology in total knee arthroplasty: a systematic review / B. Kayani, S. Konan, A. Ayuob [et al.] // *EFORT Open Rev*. – 2019. – Vol. 4. – № 10. – P. 611–617.
331. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty has a learning curve of seven cases for integration into the surgical workflow but no learning curve effect for accuracy of implant positioning / B. Kayani, S. Konan, S.S. Huq [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2019. – Vol. 27. – № 4. – P. 1132–1141.

332. Robotic-Assisted and Computer-Navigated Unicompartmental Knee Arthroplasties: A Systematic Review / Q. Naziri, P.J. Mixa, D.P. Murray [et al.] // *Surg Technol Int.* – 2018. – № 32. – P. 271–278.
333. Rotating-Hinge Revision Total Knee Arthroplasty for Treatment of Severe Arthrofibrosis / J.S. Bingham, B.R. Bukowski, C.C. Wyles [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2019. – Vol. 34. – № 7S. – P. S271–S276.
334. Scuderi, G.R. The Insall legacy in total knee arthroplasty / G.R. Scuderi, W.N. Scott, G.H. Tchejeyan // *Clin Orthop Relat Res.* – 2001. – № 392. – P. 3–14.
335. Scuderi, G.R. The posterior stabilized knee prosthesis / G.R. Scuderi, J.N. Insall // *Orthop Clin North Am* – 1989. – Vol. 20. – № 1. – P. 71–78.
336. Short-term Outcomes of 3D-Printed Titanium Metaphyseal Cones in Revision Total Knee Arthroplasty / E.A. Remily, I.M. Dávila Castrodad, N.S. Mohamed [et al.] // *Orthopedics.* – 2021. – Vol. 44. – № 1. – P. 43–47.
337. Similar outcomes to primary total knee arthroplasty achievable for aseptic revision using the same primary posterior-stabilised prosthesis at a mean follow-up of 49 months / E. Sappey-Mariniér, S. Fratini, H. Kremer [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2022. – Vol. 30. – № 8. – P. 2854–2861.
338. Song, S.J. What to Know for Selecting Cruciate-Retaining or Posterior-Stabilized Total Knee Arthroplasty / S.J. Song, C.H. Park, D.K. Bae // *Clin Orthop Surg.* – 2019. – Vol. 11. – № 2. – P. 142–150.
339. Specific case consideration for implanting TKA with the Kinematic Alignment technique / C. Rivière, W. Jackson, L. Villet [et al.] // *EFORT Open Rev.* – 2021. – Vol. 6. – № 10. – P. 881–891.
340. Stotter, C. [Diagnosis of loosening after knee arthroplasty] / C. Stotter, P. von Roth // *Orthopade* – 2021. – Vol. 50. – № 12. – P. 972–978.
341. Study of femoral component malrotation as a cause of pain after total knee arthroplasty / G. Grillo, X. Pelfort, M. Balaguer-Castro [et al.] // *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* – 2023. – № 23.
342. Suárez-Suárez, M.A. Filling of segmental bone defects in revision knee arthroplasty using morsellized bone grafts contained within a metal mesh /

- M.A. Suárez-Suárez, A. Murcia, A. Maestro // *Acta Orthop Belg.* – 2002. – Vol. 68. – № 2. – P. 163–167.
343. Supracondylar periprosthetic fractures of the knee in the elderly patients: a comparison of treatment using Allograft-Implant Composites, Standard Revision Components, Distal Femoral Replacement Prosthesis / K. Saidi, O. Ben-Lulu, M. Tsuji [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2014. – Vol. 29. – № 1. – P. 110–114.
344. Survivorship of Extensor Mechanism Allograft Reconstruction After Total Knee Arthroplasty / B.F. Ricciardi, K. Oi, M. Trivellas [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32. – № 1. – P. 183–188.
345. Swanik, C.B. Proprioception, kinesthesia, and balance after total knee arthroplasty with cruciate-retaining and posterior stabilized prostheses / C.B. Swanik, S.M. Lephart, H.E. Rubash // *J Bone Joint Surg Am.* – 2004. – Vol. 86. – № 2. – P. 328–334.
346. Sychterz, C.J. Sterilization and polyethylene wear: clinical studies to support laboratory data / C.J. Sychterz, K.F. Orishimo, C.A. Engh // *J Bone Joint Surg Am.* – 2004. – Vol. 86. – № 5. – P. 1017–1022.
347. Systematic review of computer-navigated total knee arthroplasty/ L.A. Zamora, K.J. Humphreys, A.M. Watt [et al.] // *ANZ J Surg.* – 2013. – Vol. 83. – № 1–2. – P. 22–30.
348. Tantalum Cones for Severe Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty: A Minimum 10-Year Follow-Up / I. De Martino, F. Mancino, V. Di Matteo [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2023. – Vol. 38. – № 5. – P. 886–892.
349. Technique and timing of two-stage exchange for infection in TKA / R.S. Burnett, M.A. Kelly, A.D. Hanssen, R.L. Barrack // *Clin Orthop Relat Res.* – 2007. – № 464. – P. 164–178.
350. The 2018 Definition of Periprosthetic Hip and Knee Infection: An Evidence-Based and Validated Criteria / J. Parvizi, T.L. Tan, K. Goswami [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2018. – Vol. 33. – № 5. – P. 1309–1314.e2.
351. The assessment of outcome after total knee arthroplasty / F.S. Hossain, S. Konan, S. Patel [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* – 2015. – Vol. 97-B. – № 1. – P. 3–9.

352. The Chitranjan Ranawat award: Is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus / J. Bellemans, W. Colyn, H. Vandenneucker, J. Victor // *Clin Orthop Relat Res.* – 2012. – Vol. 470. – № 1. – P. 45–53.
353. The Coventry Award. The effects of shelf life on clinical outcome for gamma sterilized polyethylene tibial components / J.R. Bohl, W.R. Bohl, P.D. Postak, A.S. Greenwald // *Clin Orthop Relat Res.* – 1999. – № 367. – P. 28–38.
354. The economic impact of periprosthetic infections following total knee arthroplasty at a specialized tertiary-care center / B.H. Kapadia, M.J. McElroy, K. Issa [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2014. – Vol. 29. – № 5. – P. 929–932.
355. The Effect of BMI on 30 Day Outcomes Following Total Joint Arthroplasty / H.M. Alvi, R.E. Mednick, V. Krishnan [et al.] // *J. Arthroplasty.* – 2015. – Vol. 30. – № 7. – P. 1113–1117.
356. The effect of femoral component malrotation on patellar biomechanics / O. Kessler, S. Patil, C.W. Colwell Jr, D.D. D'Lima // *J Biomech.* – 2008. – Vol. 41. – № 16. – P. 3332–3339.
357. The effect of the Insall-Salvati ratio on outcome after total knee arthroplasty / R.M. Meneghini, M.A. Ritter, J.L. Pierson [et al.] // *J Arthroplasty* – 2006. – Vol. 21. – № 6, Suppl 2. – P. 116–120.
358. The effect of post-operative mechanical axis alignment on the survival of primary total knee replacements after a follow-up of 15 years / T.J. Bonner, W.G. Eardley, P. Patterson, P.J. Gregg // *J Bone Joint Surg Br.* – 2011. – Vol. 93. – № 9. – P. 1217–1222.
359. The epidemiology of failure in total knee arthroplasty: avoiding your next revision / M. Khan, K. Osman, G. Green, F.S. Haddad // *Bone Joint J.* – 2016. – Vol. 98-B. – № 1 Suppl A. – P. 105–112.
360. The Epidemiology of Revision Total Knee Arthroplasty / J.M. Tarazi, Z. Chen, G.R. Scuderi, M.A. Mont // *J Knee Surg.* – 2021. – Vol. 34. – № 13. – P. 1396–1401.

361. The fate of augments to treat type-2 bone defects in revision knee arthroplasty / J.V. Patel, J.L. Masonis, J. Guerin [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* – 2004. – Vol. 86. – № 2. – P. 195–199.
362. The Finnish Arthroplasty Register: report of the hip register / T.J. Puolakka, K.J. Pajamäki, P.J. Halonen [et al.] // *Acta Orthop Scand.* – 2001. – Vol. 72. – № 5. – P. 433–441.
363. The impact of glycemic control and diabetes mellitus on perioperative outcomes after total joint arthroplasty / M.H. Marchant Jr, N.A. Viens, C. Cook [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2009. – Vol. 91. – № 7. – P. 1621–1629.
364. The Impact of Mechanical and Restricted Kinematic Alignment on Knee Anatomy in Total Knee Arthroplasty / A.M. Almaawi, J.R.B. Hutt, V. Masse [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32. – № 7. – P. 2133–2140.
365. The impact of patient and surgical factors on the rate of infection after primary total knee arthroplasty: an analysis of 64,566 joints from the New Zealand Joint Registry / E.R. Tayton, C. Frampton, G.J. Hooper, S.W. Young // *Bone Joint J.* – 2016. – Vol. 98-B. – № 3. – P. 334–340.
366. The impact of tobacco use and body mass index on the length of stay in hospital and the risk of post-operative complications among patients undergoing total hip replacement / O. Sadr Azodi, R. Bellocco, K. Eriksson, J. Adami // *J Bone Joint Surg Br.* – 2006. – Vol. 88. – № 10. – P. 1316–1320.
367. The length of the patellar tendon after unicompartmental and total knee replacement / A.E. Weale, D.W. Murray, J.H. Newman, C.E. Ackroyd // *J Bone Joint Surg Br.* – 1999. – Vol. 81. – № 5. – P. 790–795.
368. The New Zealand Joint Registry. Twenty-Three Year Report January 1999 To December 2021. – URL: www.nzoa.org.nz/nzoa-joint-registry – Текст: электронный. (Дата обращения: 01.11.2023)
369. The Norwegian arthroplasty register: 11 years and 73,000 arthroplasties / L.I. Havelin, L.B. Engesaeter, B. Espehaug [et al.] // *Acta Orthop Scand.* – 2000. – Vol. 71. – № 4. – P. 337–353.

370. The PCL significantly affects the functional outcome of total knee arthroplasty / M.A. Conditt, P.C. Noble, R. Bertolusso [et al.] // *J Arthroplast.* – 2004. – Vol. 19. – № 7 Suppl 2. – P. 107–112.
371. The reversed gap technique produces anatomical alignment with less midflexion instability in total knee arthroplasty: a prospective randomized trial / G. Matziolis, S. Brodt, C. Windisch, E. Roehner // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2016. – Vol. 24. – № 8. – P. 2430–2435.
372. The Stanmore hinged knee arthroplasty / A.W. Lettin, L.J. Deliss, J.S. Blackburne, J.T. Scales // *J Bone Joint Surg Br.* – 1978. – Vol. 60-B. – № 3. – P. 327–332.
373. The Swedish Arthroplasty Register. Annual report – 2022 / A. W-Dahl, J. Kärrholm, C. Rogmark [et al.]. – 2022. – Publisher: Ola Rolfson. – 266 p. – URL: sar.registercentrum.se – Текст: электронный. (Дата обращения: 01.11.2023)
374. The Swedish Knee Arthroplasty Register: a review / O. Robertsson, J. Ranstam, M. Sundberg [et al.] // *Bone Joint Res.* – 2014. – Vol. 3. – № 7. – P. 217–222.
375. The Swedish total hip replacement register / H. Malchau, P. Herberts, T. Eisler [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 2002. – Vol. 84-A. – Suppl 2. – P. 2–20.
376. The use of erythromycin and colistin-loaded cement in total knee arthroplasty does not reduce the incidence of infection: a prospective randomized study in 3000 knees / P. Hinarejos, P. Guirro, J. Leal [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2013. – Vol. 95. – № 9. – P. 769–774.
377. Thilak, J. Long-Term Comparison Study of Patella Resurfacing Versus Non-resurfacing in Total Knee Arthroplasty with Minimum 10-Year Follow-Up / J. Thilak, V. Mohan // *Indian J Orthop.* – 2020. – Vol. 54. – № 5. – P. 631–638.
378. Three-dimensional models in planning of revision hip arthroplasty with complex acetabular defects / G.M. Kavalerskiy, V.Y. Murylev, Y.A. Rukin, P.M. Elizarov, A.V. Lychagin, E.Y. Tselisheva // *Indian Journal of Orthopaedics.* – 2018. – Vol. 52. – № 6. – P. 625–630.
379. Tibial internal rotation negatively affects clinical outcomes in total knee arthroplasty: a systematic review / A.S. Panni, F. Ascione, M. Rossini [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2018. – Vol. 26. – № 6. – P. 1636–1644.

380. Tibiofemoral instability in primary total knee replacement: a review, Part 1: Basic principles and classification / H.S. Yercan, T. Ait Si Selmi, T.S. Sugun, P. Neyret // *Knee*. – 2005. – Vol. 12. – № 4. – P. 257–266.
381. Tibiofemoral instability in primary total knee replacement: A review Part 2: diagnosis, patient evaluation, and treatment / H.S. Yercan, T. Ait Si Selmi, T.S. Sugun, P. Neyret // *Knee*. – 2005. – Vol. 12. – № 5. – P. 336–340.
382. Trends in the treatment of infected knee arthroplasty / I.R. Tözün, V.E. Ozden, G. Dikmen, K. Karaytuğ // *EFORT Open Rev.* – 2020. – Vol. 5. – № 10. – P. 672–683.
383. Two-stage revision after total knee arthroplasty / P. Di Benedetto, E.D. Di Benedetto, M.M. Buttironi [et al.] // *Acta Biomed.* – 2017. – Vol. 88. – № 2S. – P. 92–97.
384. Unexplained pain following total knee arthroplasty: Is rotational malalignment the problem? / S.W. Young, M. Saffi, M.J. Spangehl, H.D. Clarke // *Knee*. – 2018. – Vol. 25. – № 2. – P. 329–334.
385. Use of porous custom-made cones for meta-diaphyseal bone defects reconstruction in knee revision surgery: a clinical and biomechanical analysis / G. Burastero, S. Pianigiani, C. Zanvettor [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2020. – Vol. 140. – № 12. – P. 2041–2055.
386. Variation in optimal sagittal alignment of the femoral component in total knee arthroplasty / B. Hood, L. Blum, S.A. Holcombe [et al.] // *Orthopedics.* – 2017. – Vol. 40. – № 2. – P. 102–106.
387. Varus-Valgus Constrained Implants in Revision Total Knee Arthroplasty: Mean Clinical Follow-Up of Six Years / N.M. Hernandez, Z.W. Hinton, C.J. Wu [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2021. – Vol. 36. – № 7S. – P. S303–S307.
388. Vendittoli, P.A. Restricted Kinematic Alignment, the Fundamentals, and Clinical Applications / P.A. Vendittoli, S. Martinov, W.G. Blakeney // *Front Surg.* – 2021. – № 8. – P. 697020.
389. Vince, K.G. A step-wise approach to revision TKA / K.G. Vince // *Orthopedics.* – 2005. – Vol. 28. – № 9. – P. 999–1001.

390. Vince, K.G. The unstable total knee arthroplasty: causes and cures / K.G. Vince, A. Abdeen, T. Sugimori // *J Arthroplasty*. – 2006. – Vol. 21. – № 4 Suppl 1. – P. 44–49.
391. Wautier, D. Radiolucent lines around knee arthroplasty components : a narrative review / D. Wautier, S. Ftaïta, E. Thienpont // *Acta Orthop Belg*. – 2020. – Vol. 86. – № 1. – P. 82–94.
392. Weber, P. Arthroplasty of the Knee: Current Techniques for Implant Alignment / P. Weber, H. Gollwitzer // *Z Orthop Unfall*. – 2022. – Vol. 160. – № 2. – P. 149–159.
393. Werle, J.R. Revision total knee arthroplasty using large distal femoral augments for severe metaphyseal bone deficiency: a preliminary study / J.R. Werle, S.B. Goodman, S.N. Imrie // *Orthopedics*. – 2002. – Vol. 25. – № 3. – P. 325–327.
394. Wessinghage, D. [Themistocles Gluck. 100 years artificial joint replacement] / D. Wessinghage // *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. – 1991. – Vol. 129. – № 5. – P. 383–388.
395. What Host Factors Affect Aseptic Loosening After THA and TKA? / J.J. Cherian, J.J. Jauregui, S. Banerjee [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2015. – Vol. 473. – № 8. – P. 2700–2709.
396. What you need to know about kinematic alignment for total knee arthroplasty / C. Rivière, L. Villet, D. Jeremic, P.A. Vendittoli // *Orthop Traumatol Surg Res*. – 2021. – Vol. 107. – № 1S. – P. 102773.
397. Whitehouse, M.R. Periprosthetic fractures around the knee: current concepts and advances in management / M.R. Whitehouse, S. Mehendale // *Curr Rev Musculoskelet Med*. – 2014. – Vol. 7. – № 2. – P. 136–144.
398. Wound complications in total knee arthroplasty. Which flap is to be used? With or without retention of prosthesis? / A.S. Panni, M. Vasso, S. Cerciello, M. Salgarello // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2011. – Vol. 19. – № 7. – P. 1060–1068.
399. Yamamoto, S. Total knee replacement with the Kodama-Yamamoto knee prosthesis / S. Yamamoto // *Clin Orthop Relat Res*. – 1979. – № 145. – P. 60–67.
400. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty / R. Morgan-Jones, S.I. Oussedik, H. Graichen, F.S. Haddad // *Bone Joint J*. – 2015. – Vol. 97-B. – № 2. – P. 147–149.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Визуально-аналоговая шкала боли



Рисунок А.1 – Графическое изображение шкалы боли

Больному предлагают отметить свое восприятие боли на шкале (от минимальной до нестерпимой), что позволяет количественно выразить оценку в процентах от 0 до 100%.

Сопоставив полученные сведения с клинической картиной и данными инструментальных методов обследования, определяется степень интенсивности боли (слабая – от 0 до 40%, умеренная – от 40% до 70%, сильная – от 70% до 100%).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Оценка остеоартрита Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (адаптировано для коленного сустава)

БОЛЬ: Испытывали ли вы боль в коленном суставе, занимаясь следующими видами активности в течение последних 48 часов?					
Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Б1. При ходьбе					
Б2. При подъеме и спуске по лестнице					
Б3. Ночью в постели					
Б4. При опоре					
Б5. В покое					
ТУГОПОДВИЖНОСТЬ: Следующие вопросы относятся к общей тугоподвижности (ощущение скованности или медлительности во время движений) в вашем коленном суставе, которую вы испытали в течение последних 48 часов.					
Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Т1. Насколько сильную тугоподвижность в коленном суставе вы испытываете после утреннего пробуждения?					
Т2. Насколько выражена общая тугоподвижность вашего колена после сидения, лежания или отдыха в течение дня?					
ЕЖЕДНЕВНЫЕ ФУНКЦИИ: Следующие вопросы относятся к вашему физическому состоянию, то есть возможности передвигаться и ухаживать за собой. Пожалуйста, отметьте степень неудобства, которую вы испытывали за последнюю неделю из-за вашего коленного сустава относительно каждого из действий.					
Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Ф1. Спуск по лестнице					
Ф2. Подъем по лестнице					
Ф3. Подъем из положения сидя					
Ф4. В положении стоя					
Ф5. Нагибаться к полу/поднимать предмет					
Ф6. При ходьбе по ровной поверхности					
Ф7. Посадка/выход из автомобиля					
Ф8. Посещение магазина					
Ф9. Надевание носков/колготок					
Ф10. Лежа в кровати					
Ф11. Снятие носков/колготок					
Ф12. Подъем с кровати					

Ф13. Сесть в ванну/выйти из ванны					
Ф14. Сидение					
Ф15. Сесть на унитаз/встать с унитаза					
Ф16. Тяжёлая работа по дому					
Ф17. Лёгкая работа по дому					
Результат	Баллы				
Отличный	0–14				
Хороший	15–28				
Удовлетворительный	29–38				
Неудовлетворительный	Более 38				

Минимальный балл по этой шкале (0) – наилучший результат, максимальный (96) – наихудший результат.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Оксфордская шкала оценки функции коленного сустава

Oxford Knee Score (OKS)

Вопрос	Ответ	Баллы
Как бы Вы обычно описали боль, которую испытываете в области коленного сустава?	Нет	1
	Слабая	2
	Средняя	3
	Сильная	4
	Очень сильная	5
Есть ли у Вас какие-нибудь проблемы с принятием душа или ванны из-за коленного сустава?	Нет проблем	1
	Небольшие проблемы	2
	Средние проблемы	3
	Большие проблемы	4
	Я не могу это делать самостоятельно	5
Есть ли у Вас какие-нибудь проблемы с посадкой в автомобиль или высадкой из него или при пользовании общественным транспортом, связанные с коленным суставом?	Нет проблем	1
	Небольшие проблемы	2
	Средние проблемы	3
	Большие проблемы	4
	Я не могу это делать самостоятельно	5
Как долго Вы можете идти (с тростью или без нее), пока боль в коленном суставе не станет сильной?	Боли нет / больше 30 минут	1
	16–30 минут	2
	5–15 минут	3
	Только в пределах дома	4
	Не могу из-за сильной боли в колене	5
Как больно Вам вставать со стула после еды из-за коленного сустава?	Боли нет	1
	Лёгкая боль	2
	Средняя боль	3
	Сильная боль	4
	Невыносимая боль	5
Вы когда-нибудь хромали из-за коленного сустава?	Очень редко / никогда	1
	Только в самом начале ходьбы	2
	Часто, не только в начале ходьбы	3
	Большую часть времени	4
	Всегда	5
Можете ли Вы встать на колени и снова подняться с колен?	Да, легко	1
	С небольшими сложностями	2
	Со сложностями	3
	С серьезными сложностями	4
	Не могу	5
Испытывали ли Вы когда-нибудь боль в коленном суставе ночью, в постели	Никогда	1
	Только одну или две ночи	2
	Несколько ночей	3
	Большинство ночей	4
	Каждую ночь	5

Как сильно боль в коленном суставе мешает Вам при работе (включая работу по дому)	Не мешает	1
	Немного мешает	2
	Мешает	3
	Сильно мешает	4
	Очень сильно мешает	5
Чувствовали ли Вы когда-нибудь, что колено может Вас подвести	Очень редко/никогда	1
	Иногда или в начале ходьбы	2
	Часто, не только в начале ходьбы	3
	Большую часть времени	4
	Всегда	5
Можете ли Вы самостоятельно ходить за покупками?	Да, легко	1
	С небольшими трудностями	2
	С трудностями	3
	С серьезными трудностями	4
	Не могу	5
Можете ли Вы спускаться по лестнице?	Да, легко	1
	С небольшими трудностями	2
	С трудностями	3
	С серьезными трудностями	4
	Не могу	5

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Шкала «забытого сустава» Forgotten Joint Score (FJS-12)

Ощущаете ли Вы свой сустав:	Никогда	Почти никогда	Редко	Часто	Почти всегда
Баллы	0	1	2	3	4
В постели по ночам?					
Когда сидите на стуле более одного часа?					
Когда гуляете пешком более 15 минут?					
Когда принимаете ванну или душ?					
Когда едете на автомобиле?					
Когда поднимаетесь по лестнице?					
Когда ходите по неровной поверхности?					
Когда поднимаетесь на ноги, сидя на низком предмете?					
Когда долго стоите?					
Когда занимаетесь домашними делами или работаете в огороде?					
Когда гуляете или занимаетесь пешим туризмом?					
Когда занимаетесь любимым видом спорта?					