

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



Диллон Хармит Сингх

Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования суставов

3.1.25. Лучевая диагностика

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор,

член-корреспондент РАН

Серова Наталья Сергеевна

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1. Виды артропластики суставов. Исторический аспект	13
1.2. Осложнения после эндопротезирования суставов	17
1.3. Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования суставов.....	20
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	29
2.1. Характеристика обследуемых пациентов	29
2.2. План обследования пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов	32
2.3. Клинические методы обследования пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов	33
2.4. Методы лучевого обследования пациентов после эндопротезирования суставов	34
2.4.1. Рентгенологический метод	35
2.4.2. Мультиспиральная компьютерная томография.....	35
2.4.3. Ультразвуковое исследование.....	37
2.4.4. Магнитно-резонансная томография.....	37
2.5. Статистический анализ	39
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	41
3.1. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов	41
3.1.1. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев	41
3.1.2. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года	48
3.1.3. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года	56

3.2. Результаты мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов после эндопротезирования суставов.....	60
3.2.1. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев	60
3.2.2. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года	62
3.2.3. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года	65
3.3. Результаты магнитно-резонансной томографии у пациентов после эндопротезирования суставов	66
3.3.1. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев	67
3.3.2. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года	70
3.3.3. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года	72
3.3.4. Лучевой алгоритм у пациентов после эндопротезирования с использованием рентгенографии, МСКТ и МРТ.....	74
3.4. Результаты ультразвукового исследования у пациентов после эндопротезирования суставов	83
3.4.1. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев	84
3.4.2. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года	87
3.4.3. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года	87
3.4.4. Лучевой алгоритм у пациентов после эндопротезирования с использованием УЗИ, количественной КТ, МРТ высокого разрешения и МР-спектроскопии.....	88

3.5. Диагностическая эффективность лучевых методов (рентгенографии, МСКТ, МРТ, УЗИ) у пациентов на послеоперационных этапах	96
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
ВЫВОДЫ	109
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	111
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	112
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	113

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Артропластика – это ортопедическая хирургическая процедура, при которой суставная поверхность заменяется или реконструируется с помощью остеотомии с целью частичного или полного восстановления функции сустава, утерянной вследствие развития воспалительных процессов, травм или других причин [11, 22, 73, 88, 98].

В течение последних 45 лет наиболее успешной и распространенной формой артропластики являлась хирургическая замена всего пораженного сустава или суставной поверхности эндопротезом. Например, тазобедренный сустав мог быть полностью заменен эндопротезом, а также частично – в виде замены вертлужной впадины, головки и шейки бедренной кости [10, 20, 73, 110].

Артропластика ставит перед хирургом-ортопедом различные задачи. Материал, из которого состоит эндопротез, должен быть биосовместимым, износостойким и выдерживать сильные нагрузки. Соблюдение всех этих критериев, как правило, позволяет использовать протез от 10 до 20 лет. В среднем, 35% эндопротезов коленных суставов при их корректной установке не требуют реимплантации до 20 лет, а 65 % – до 10 лет [12, 22, 25].

В последние годы техника хирургического лечения была значительно усовершенствована благодаря появлению современных протезов с пористым покрытием, которое обеспечивает более прочное сцепление с костными структурами. Также существенные улучшения произошли в результате широкого внедрения компьютерного 3D-моделирования (системы CAD/CAM – системы автоматизированного проектирования / системы автоматизированного производства). Использование CAD/CAM-технологий в травматологии позволяет сократить этапы подготовки производства анатомически адаптированных эндопротезов. Для создания математических 3D-моделей элементов суставов необходимы точные размеры и подробная геометрия формы костей пациента, что

возможно получить лишь при предварительном проведении высокоинформативного мультиспирального компьютерного томографического исследования соответствующего сустава [21, 62, 88, 97].

Применение высокотехнологичных диагностических лучевых методов предоставляет возможность своевременного выявления патологических изменений суставов, сокращает общее время обследования, снижая лучевую нагрузку на пациента, позволяет травматологу-ортопеду выбрать наиболее оптимальный индивидуальный эндопротез, тщательно спланировать хирургическое вмешательство, а также спрогнозировать и выявить возможные осложнения на различных послеоперационных этапах [61, 80, 93, 107].

Однако, несмотря на имеющийся спектр современных высокотехнологичных методов лучевой диагностики, таких как мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), применяемых на предоперационном этапе у пациентов с патологией суставов, сохраняется достаточно большое количество некорректно выполненных эндопротезирований, с развитием осложнений на различных послеоперационных этапах, что в дальнейшем приводит к формированию стойких деформаций суставов, функциональных нарушений, снижая качество жизни и социальную адаптацию пациентов в целом [10, 24, 29, 112].

Степень разработанности темы исследования

В медицинской литературе широко освещен вопрос клинических проявлений при лучевой диагностике различных осложнений после эндопротезирования суставов, однако отсутствуют единые рекомендации, алгоритмы и тактика лучевого обследования пациентов с патологией суставов после хирургического лечения с учетом широкого спектра высокотехнологичных и информативных методов лучевой диагностики [10, 27, 35].

Представленная диссертационная работа направлена на уменьшение рисков осложнений после эндопротезирования крупных суставов в послеоперационном

периоде с применением различных методов лучевой диагностики: рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии, магнитно-резонансной компьютерной томографии, ультразвукового исследования (УЗИ) [24, 99].

Цель исследования

Повышение эффективности лучевой диагностики при осложнениях после эндопротезирования суставов на послеоперационных этапах лечения.

Задачи исследования

1. Разработать протоколы рентгенологического обследования пациентов с осложнениями после операций по замене суставов на послеоперационных этапах лечения.
2. Определить диагностическую эффективность лучевых методов (рентгенография, МСКТ, УЗИ и МРТ) на необходимых послеоперационных этапах лечения в зависимости от времени их проведения (в период до 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года, от 1 года и более).
3. Определить возможности прогнозирования и раннего выявления послеоперационных осложнений у пациентов с использованием низкочастотного ультразвука, количественной КТ и МРТ высокого разрешения.

Научная новизна

Представленная работа является первым обобщающим исследованием, посвященным изучению возможностей различных методов лучевой диагностики у пациентов с осложнениями после эндопротезирования крупных суставов на различных послеоперационных этапах.

Разработаны критерии оценки результатов лучевых исследований у пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов в

послеоперационном периоде. Разработаны алгоритмы лучевого обследования пациентов на послеоперационных этапах лечения.

Теоретическая и практическая значимость работы

В данном научном исследовании разработана методология применения различных методов лучевой диагностики на послеоперационном этапе лечения у пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов. Также оптимизирован алгоритм рентгенологического обследования данной группы пациентов на различных послеоперационных этапах. Определены диагностические возможности лучевых методов исследования: рентгенографии, МСКТ, ультразвукового исследования, МРТ.

Доказано значение высокотехнологичных и высокоинформативных методов лучевой диагностики (использование низкочастотного ультразвука, количественной КТ и МРТ высокого разрешения) в диагностике осложнений после эндопротезирования суставов.

Методология и методы исследования

Представленная на защиту научно-исследовательская работа выполнена с соблюдением этических норм и принципов доказательной медицины. Автором данной диссертации были обследованы 82 пациента с эндопротезированием суставов на различных послеоперационных этапах с применением широкого спектра различных методов лучевой диагностики: рентгенографии, МСКТ, МРТ, УЗИ. 52 пациента были обследованы с помощью низкочастотного ультразвука, количественной компьютерной томографии и МРТ высокого разрешения.

Методология диссертационной работы предусматривала создание проекта исследования, определение объема выборки для обеспечения ее репрезентативности, выбор статистических программ для обработки полученных

данных. Для выполнения научной работы применялись различные современные диагностические и инструментальные методы обследования пациентов.

Положения, выносимые на защиту

1. На послеоперационном этапе разработан алгоритм оценки прозрачности вокруг соединения кость-протез, оси костей от бедра до голеностопного сустава, измерения плотности кости над и под протезом с учетом расширенного протокола описания исследования и использования разработанных методов, таких как рентгенография, МСКТ и МРТ.
2. Выбор метода лучевой диагностики, который будет применяться в послеоперационном периоде, должен основываться на комплексном клиническом и лучевом обследовании с учетом разработанных критериев эффективности каждого метода: рентгенографии, УЗИ, МСКТ и МРТ во время их применения (до 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года, от года и более).
3. На послеоперационном этапе разработан алгоритм оценки осложнений у пациентов на основе разработанных критериев: низкочастотное УЗИ, количественная КТ и МРТ высокого разрешения с эффективностью каждого метода при любых послеоперационных осложнениях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Основные научные положения диссертационной работы полностью соответствуют паспорту научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика.

Степень достоверности и апробация результатов

Диссертационная работа выполнена на высоком методическом уровне. Достоверность результатов исследования доказывается представленным материалом. Полученные результаты основаны на достаточном объеме

исследований: проведено комплексное лучевое обследование 82 больных с различными осложнениями после эндопротезирования суставов на послеоперационном этапе лечения с применением комплекса методов лучевой диагностики: рентгенография, УЗИ, МСКТ и МРТ, также составлена компьютерная база данных обследованных больных. На всех этапах в процессе исследования были использованы общенаучные методы (синтез, анализ, индукция, дедукция, обобщение, сравнение, логический метод и т. д.), а также статистические методы.

Выводы и предложения логично вытекают из содержания диссертации, отражают поставленные задачи, научно аргументированы и имеют научно-практическую значимость.

Основные положения диссертации представлены на научных конференциях: ARAB HEALTH (Дубай, ОАЭ, 2018–2019 гг.); Индийская Конференция радиологов (Мумбай, Индия, 2018); на XIII, XIV Всероссийских Национальных Конгрессах лучевых диагностов и терапевтов «Радиология» (Москва, 2019, 2020 гг.); на конгрессе «Лучевая диагностика и научно-технический прогресс в ортопедии» (Москва, 2019).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, 06.12.2022, протокол № 5).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные научные положения, выводы и рекомендации данной научно-исследовательской работы внедрены в лечебный процесс отделения лучевой диагностики №2 Университетской клинической больницы №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс при чтении лекций, проведении семинарских и практических занятий на циклах тематического

усовершенствования врачей ультразвуковой диагностики, при обучении клинических ординаторов на кафедре лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Личный вклад автора

Автором научно-исследовательской работы самостоятельно проведен анализ результатов каждого из методов лучевого исследования, сопоставлены полученные результаты компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, рентгенографии, ультразвуковой диагностики. Автор принимал активное участие в разработке концепции исследования, формулировке ее цели и задач. Планирование работы, поиск и анализ литературы по теме диссертации, набор материала, формирование базы данных, статистическая обработка, обобщение и анализ полученных результатов, формулировка выводов, написание статей и диссертации выполнены лично автором.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 3 печатные работы, в том числе 3 научные 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 кандидата наук и в международную индексируемую базу данных Scopus.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста, состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений. Диссертация иллюстрирована 14 таблицами и 50 рисунками. Список литературы содержит ссылки на 113 источников, из которых 45 – российские публикации и 68 – иностранные.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Виды артропластики суставов. Исторический аспект

Артропластика – операция, обеспечивающая восстановление функций (частично или полностью) малоподвижного сустава. Артропластика включает в себя замещение дефекта суставного отдела, образующегося после травмы, резекции новообразования или в результате воспалительных изменений. До середины XIX века в мировой практике для мобилизации сустава применялось его сгибание и разгибание, проводимые хирургом вручную. Первым оперативным вмешательством, направленным на восстановление функции тазобедренного сустава у пациента с анкилозом, явилась подвертельная остеотомия, выполненная Бартоном в 1826 году.

В 1890 году в Берлине хирург Т. Глюк произвел настоящий переворот в лечении артропатии. Им впервые в истории был применен протез для коленного сустава, выполненный из слоновой кости, с фиксирующей смесью из гипса, канифоли, пемзового компонента, что и дало предпосылку к развитию эндопротезирования.

Предпосылкой же к артропластической, поднадкостничной резекции сустава явился артролиз (искусственное разъединение сращенных за счет спаечного процесса суставных поверхностей), выполненный впервые в 1887 году Дж. Вольффом [23, 94].

К концу XIX века на территории Российской Империи операции по артропластической резекции суставов активно проводились многими хирургами, такими как Н.В. Склифосовский, К.К. Рейер, Н.Н. Новицкий, Н.А. Вельяминов и другими.

Далее различными учеными были предложены способы совершенствования техники артропластики (артропластической резекции) в виде применения различных биологических тканей между резецированными концами костей в суставах. В качестве таких биотканей Е. Лексер использовал жиро-фасциальный

лоскут на ножке, В.А. Оппель – кожу, пчелиный воск, Р.Р. Вреден – свиной пузырь, П.Г. Корнев – свободный лоскут широкой фасции бедра, Н.В. Новиков – фибриновую пленку и т. д.

И.Ф. Сабанеев в 1892 году впервые использовал при артропластике мышечный лоскут височно-нижечелюстного сустава [22, 110].

Одним из «пионеров» в области протезирования суставов стал Смит-Петерсон, который в 1917 году представил медицинскому сообществу авторскую идею о необходимости интраоперационного покрытия головки бедренной кости колпачком из виталиума. Однако предложенный им состав колпачка вызвал асептический некроз головки бедренной кости. Этот фактор оказался решающим в пользу выбора эндопротезирования тазобедренного сустава как метода лечения.

Следующим этапом в развитии артропластики явилось использование синтетических материалов для замещения дефектов. Так, например, широкое применение в хирургии нашли тотальные эндопротезы коленного сустава – модели, разработанные ЦИТО, Valduis, тазобедренного сустава – модели Мак-Ки, Чарнли, Сиваша. Командами ученых также были разработаны показания к операции, сама техника операции, выбор операции в соответствии с полом, возрастом, сопутствующими заболеваниями пациента, исследовалась длительность артропатии, предшествующие лечения, учитывалась комплекция и физическая активность пациента, то есть применялся индивидуальный подход к каждому пациенту [88].

XX век ознаменовался появлением и широким внедрением в медицинскую практику тотальных эндопротезов. Первые операции по тотальному эндопротезированию крупных суставов у животных были проведены в Нью-Йорке в 1939 году хирургом Стивеном С. Хадаком. Уже в 1948 году на базе Нью-Йоркской ортопедической больницы Стивен С. Хадак провел первую в мировой истории операцию по тотальному эндопротезированию обоих тазобедренных суставов у человека [22, 80, 110].

В 1938 году Вайлс провел первую в истории хирургии удачную операцию по бесцементной установке стального имплантата тазобедренного сустава с помощью шурупов.

Далее в 1951 году была проведена операция по тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава с использованием протеза из смеси кобальта и хрома, с фиксацией металлическими штифтами. Начиная с 1951 года и до конца 60-х годов, использовались тотальные бесцементные протезы из плексигласа, впервые предложенные во Франции хирургом Жуде.

Основателем цементного эндопротезирования тазобедренных суставов, создавшим впоследствии в Великобритании «Центр хирургии тазобедренного сустава в Ригтингтоне», является хирург-ортопед Сэр Джон Чарнли [28]. В 1959 году им был создан предшественник всех современных имплантатов, в состав которого вошел полиэтилен, а в качестве фиксирующего костного цемента – метилметакрилат. Также было создано научное направление по изучению биомеханики тазобедренного сустава. В дальнейшем Сэр Чарнли продемонстрировал результаты первых операций по эндопротезированию коленных, голеностопных и плечевых суставов [17, 22].

Самыми распространенными формами артропластики в тот период времени являлись щелевой и интерпозиционный. Другие формы артропластики включают в себя заместительную артропластику, эксцизионную артропластику, силиконовое эндопротезирование [10, 19, 20, 23, 24, 35, 73].

Гемиартопластика включает в себя замену различными компонентами лишь одной из суставных поверхностей. Относительно тазобедренного сустава данная операция в основном проводится при наличии перелома бедренной кости вследствие травмы, относительно коленного сустава – в случае наличия противопоказаний к проведению остеотомии, а также при избыточном весе и при чрезмерной физической нагрузке у пациента [20, 22, 25, 68].

В России хирург К.М. Сиваш более 50 лет назад явился основоположником разработки технологии тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. За

этот период было разработано большое количество методик по имплантации и различных моделей эндопротезов [6, 9, 22, 26].

Именно тотальное эндопротезирование в последние десятилетия является наиболее успешной и распространенной формой хирургической замены суставных поверхностей [10, 26, 43, 88].

Сахарный диабет, онкологическая патология, сердечно-сосудистые заболевания, избыточный вес, неконтролируемые физические нагрузки являются основными факторами риска развития артропатий крупных суставов, что впоследствии приводит к необходимости хирургического лечения, в том числе тотального эндопротезирования [20, 23, 88, 94].

Тотальное эндопротезирование предполагает полную замену всех суставных поверхностей пораженного сустава. В настоящий момент количество тотальных эндопротезирований тазобедренного сустава в Российской Федерации превышает количество эндопротезирований коленного сустава [8, 10, 20, 43, 73].

Проблеме замены патологически измененного сустава на искусственный имплантат в настоящий момент уделяется достаточно большое внимание: изучаются особенности пред- и послеоперационного ведения больных, разрабатываются показания и противопоказания к оперативному вмешательству, оценивается оказанный реабилитационный эффект и результативное улучшение качества жизни пациента [13].

В настоящее время в странах Европы и США больший процент пациентов подвергается эндопротезированию тазобедренного сустава, меньший – коленного [70, 71, 82, 83, 85, 98, 105, 111].

По последним данным ежегодно в мире выполняется более 1,5 млн тотальных эндопротезирований крупных суставов. По данным S. Kurtz (2007) спрогнозировано, что к 2030 году количество эндопротезирований тазобедренного сустава достигнет 572 тыс., а коленного – 3,48 млн, таким образом, количество артропластик тазобедренного сустава увеличится на 174% [86].

В связи с этим, все чаще возникают вопросы прогнозирования, профилактики и лечения осложнений, которые неизбежно возникают в определенном проценте случаев.

1.2. Осложнения после эндопротезирования суставов

На сегодняшний день лечение и последующая реабилитация пациентов с приобретенной или врожденной патологией крупных суставов, таких как тазобедренный и коленный, является одной из самых актуальных проблем в современной ортопедической практике [4]. Одним из наиболее эффективных методов хирургического лечения является эндопротезирование, позволяющее в достаточно короткие сроки достигнуть повышения качества жизни пациента, с последующим проведением необходимых реабилитационных мероприятий.

Однако несмотря на высокий уровень оперативного лечения, оказываемого хирургами-ортопедами в ведущих отделениях и клиниках Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья, тотальное эндопротезирование крупного сустава, такого как тазобедренный и коленный, по величине кровопотери, объему хирургического вмешательства, даже в опытных руках врача занимает одно из первых мест в ортопедической практике по количеству общих и местных осложнений, возникающих в послеоперационном периоде [30, 31, 52, 66, 90, 92, 106].

Стресс во время хирургического вмешательства оказывает угнетающее воздействие на иммунную систему пациента и является основным фактором к развитию иммунодепрессии [13]. Поэтому вероятность развития послеоперационных осложнений на различных этапах динамического контроля высока, в связи с чем частота ревизионного эндопротезирования из года в год только увеличивается.

Проанализированный за последние 40 лет клинический опыт повсеместного применения эндопротезирования в России и странах СНГ позволяет судить об

особенностях, преимуществах, недостатках данного вида хирургического лечения, а также о частоте, характере и тяжести возможных осложнений [4].

P.F. Lachiewicz et al. (2005) в своей работе исследовали причины выполнения ревизионных хирургических вмешательств у 100 пациентов, выявив, что наиболее частой причиной повторного вмешательства являлось асептическое расшатывание всех компонентов эндопротеза (38%). Нестабильность вертлужного компонента выявлена у 22% пациентов, бедренного компонента – у 8%. Нестабильность однополюсного эндопротеза определялась у 13% пациентов. Перипротезная инфекция – у 10%, перипротезные переломы – в 6% случаев. Наиболее редко среди 100 пациентов встречались рецидивирующие вывихи эндопротезов (2%), а также износ компонента эндопротеза (полиэтиленовый дебрис) (1%) [78].

Ш.А. Баймагамбетов, А.Н. Батпен (2013) провели масштабный анализ различных публикаций стран СНГ (СССР) за период с 1954 года, в которых были освещены частота и характер инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава имплантатами, произведенными в странах СНГ. В результате чего было установлено, что инфекционные осложнения после эндопротезирования встречались от 2,3 до 4,3%. При этом применение эндопротезов производства стран СНГ (протезы Сиваша, Герчева, Мура-ЦИТО, Воронцова, Шершера, Вирабова, Арете и т. д.) приводило к развитию инфекционных осложнений чаще (в 3–10% случаев), чем при использовании имплантатов, изготовленных в странах дальнего зарубежья (протезы Цваймюллер, Феникс, Вагнер, Эскулап) – в 0,3–4,8% случаев. Таким образом, у 70–80% пациентов через 2 года возникала необходимость проведения ревизионных вмешательств с заменой имплантатов в связи с развитием септической и асептической нестабильности компонентов эндопротеза, хронического вывиха головки эндопротеза и вывиха вкладыша, перелома имплантата, смещения головки протеза. Кроме этого, в данном анализе было отмечено, что износостойкость зарубежных эндопротезов гораздо выше и составляет до 97% по сравнению с эндопротезами стран СНГ (45–60%) [4].

Согласно данным различных авторов, у 25–60% пациентов, перенесших тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, уже в течение первых трех лет после операции, отмечаются признаки расшатывания компонентов эндопротеза. Основными причинами развития данного осложнения ученые считают: микроподвижность эндопротеза при его недостаточной фиксации, развитие металлоза, неравномерное распределение нагрузки, иммунный ответ и воспалительная реакция на имплантат [67, 76, 113].

Так в масштабном исследовании A.J. Tande, R. Patel (2014) выявили, что среди осложнений на ранних и поздних послеоперационных этапах наиболее часто встречается септическая и асептическая нестабильность различных компонентов эндопротеза. При этом к причинам развития асептического типа нестабильности авторы отнесли износ имплантата, перипротезные переломы и переломы компонентов эндопротезов, нарушение фиксации в паре «кость-цемент», дислокационную нестабильность. Большинство септических осложнений после эндопротезирования крупных суставов возникает в течение года после хирургического вмешательства и обусловлено интраоперационной контаминацией [99].

В своей работе Д.М. Сафаров (2017) проанализировал данные динамического контроля после эндопротезирования тазобедренных суставов у пациентов через 3, 6, 12 месяцев, а также через 2–12 лет после хирургического лечения. Было выявлено, что самым частым осложнением являлись развитие флебитов и тромбофлебитов нижних конечностей (28,8%) и рассасывание аутооттрансплантатов (27,4%). Наиболее редкими – перелом кортикального слоя вертлужной впадины (0,6%), нейропатия бедренного нерва (0,6%). При этом расшатывание бедренного компонента эндопротеза встречалось в 1,7% случаев, а износ полиэтиленовой составляющей эндопротеза в 1,4% [39].

Анализируя все вышесказанное, можно отметить, что среди осложнений после тотального эндопротезирования крупных суставов преобладают такие как расшатывание, износ или нестабильность компонентов эндопротеза, перипротезная инфекция [7, 46, 48, 51, 53, 59, 60, 75, 79, 91, 101, 103].

Мировая тенденция к увеличению продолжительности жизни, улучшению качества жизни в старческом возрасте, использованию высокотехнологичных методов предоперационного обследования и повышению качества хирургического лечения приводит к возрастанию частоты выполнения тотального эндопротезирования суставов.

Таким образом, актуальным остается вопрос профилактики и лечения осложнений на различных послеоперационных этапах, таких как перипротезное инфицирование, асептическая и септическая нестабильности, гетеротопическая оссификация [54, 58, 100, 102].

В настоящее время к мероприятиям по профилактике различных послеоперационных осложнений относят прогнозирование их развития, определение корректной тактики оперативного вмешательства, своевременное проведение комплекса превентивных мер, что в конечном итоге позволяет улучшить результаты хирургического лечения, сократить реабилитационный период и повысить качество жизни пациентов.

1.3. Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования суставов

Для выявления осложнений, возникших после эндопротезирования суставов, важен комплексный подход. Поэтому для диагностики различных осложнений может быть использовано несколько методов лучевого обследования.

Несмотря на научно-технический прогресс и совершенствование высокоинформативных методов лучевой диагностики, на настоящий момент не существует четких алгоритмов лучевого обследования пациентов после эндопротезирования суставов, нет рекомендаций по применению конкретных лучевых методов при определенном виде осложнения после артропластики на различных послеоперационных этапах ведения пациента.

В современной ортопедической практике лечение травм, различных патологических изменений крупных суставов, приводящих к снижению качества жизни пациентов, их временной нетрудоспособности и в ряде случаев к

последующей инвалидизации, все чаще проводится методом тотального эндопротезирования, что приводит к увеличению количества осложнений на различных послеоперационных этапах [17, 26, 32, 33, 63, 84].

Таким образом, актуальной проблемой является как профилактика осложнений на этапе подготовки к операции, так и их своевременная и корректная диагностика. Стоит отметить, что на данный момент среди хирургов не существует единого мнения о роли различных методов лучевой диагностики в выявлении осложнений после тотального эндопротезирования суставов. Необходима коррекция подхода в выборе метода лучевой диагностики, который был бы оптимален для визуализации осложнений на послеоперационных этапах [2, 24, 36, 49, 72].

Согласно данным различных авторов, наиболее часто встречающимися осложнениями являются перипротезные переломы, а также вывихи компонентов эндопротеза [16, 41, 44]. Традиционным методом диагностики этих осложнений считается стандартная рентгенография в двух проекциях. Помимо этого, к частым осложнениям ТЭТС относятся: асептическая нестабильность компонентов эндопротеза, гематомы, посттравматический остеомиелит, гетеротопическая оссификация. Однако использование для выявления данных осложнений лишь рентгенографии является, в большинстве случаев, малоинформативно [57, 65, 69, 81, 95, 96, 104, 108].

По данным Ю.И. Румянцева (2013), который провел анализ результатов лучевых и клинико-лабораторных исследований у 78 пациентов с верифицированными осложнениями после эндопротезирования тазобедренных и коленных суставов, было выявлено, что наиболее часто в послеоперационном периоде выявлялись вывихи ($n = 16$; 20,5%), которые диагностировались путем проведения стандартной цифровой рентгенографии. Асептическая нестабильность компонентов эндопротеза ($n = 15$; 19,2%), признаки острого и хронического остеомиелитов ($n = 12$; 15,3%), парапротезные переломы ($n = 14$; 18%) также определялись при применении рентгенографии в двух проекциях. При этом для выявления тромбозов, гематом мягких тканей ($n = 4$; 5,2%) автор использовал

метод ультразвуковой диагностики. Таким образом, в данном исследовании в 94,8% (n = 74) случаев различные осложнения после тотального эндопротезирования коленных или тазобедренных суставов определялись при помощи цифровой рентгенографии соответствующего сустава [38].

В своей работе Н.А. Карлова с соавторами (2014) провела многолетнее наблюдение (до 8 лет) 53 пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Для оценки качества установки эндопротеза и выявления осложнений на различных послеоперационных этапах наблюдения проводилась рентгенография сустава и МСКТ, благодаря чему в раннем послеоперационном периоде у 5 пациентов (9,4%) отмечалось нарушение соотношения компонентов эндопротеза. В поздние послеоперационные периоды были выявлены такие осложнения, как вывих головки бедренного компонента эндопротеза (n = 5), вывих тазового компонента эндопротеза (n = 1), асептическая нестабильность компонентов эндопротеза (n = 35), перелом бедренной кости (n = 2), перелом элемента эндопротеза (n = 1), периартикулярная гетеротопическая оссификация (n = 37). При этом если при оценке данных рентгенографии тазобедренного сустава зона резорбции костной ткани вокруг тазового компонента эндопротеза составляла от 4 мм до 6 мм, то при проведении МСКТ зона резорбции не превышала 3 мм. Также благодаря проведению КТ исследования в 1 случае был выявлен выход дистального отдела ножки эндопротеза за кортикальный слой бедренной кости, что не определялось на стандартной рентгенограмме. При проведении лучевых методов исследования тазобедренных суставов через 3 года и 6 лет после хирургического вмешательства полученные данные МСКТ совпали с данными рентгенологического исследования, тогда как при контроле через 8 лет, диагностические данные рознились, в том числе касательно уровня резорбции вокруг различных компонентов эндопротеза. Таким образом, диагностическая эффективность МСКТ у больных с деформирующим остеоартрозом после эндопротезирования тазобедренного сустава превзошла показатели стандартной рентгенографии [37].

В 2018 году Н.А. Карлова с соавторами также провела комплексное клинικο-лучевое обследование 58 пациентов после однополюсного эндопротезирования тазобедренного сустава вследствие полученной травмы. Помимо рентгенографии в стандартных проекциях и МСКТ пациентам также проводилось определение минеральной плотности костной ткани (МПК) контралатерального сустава и пояснично-крестцового отдела позвоночника с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. Динамический контроль на различных послеоперационных этапах показал, что диагностическая эффективность МСКТ при оценке изменения парапротезной ткани в области тазового компонента эндопротеза выше, чем эффективность стандартной рентгенографии, однако изменения парапротезной ткани в области бедренного компонента лучше выявлялись при применении традиционной рентгенографии [20].

Большинство научных публикаций отражают, как правило, применение одного или двух методов лучевой диагностики у пациентов с эндопротезированием крупных суставов, и практически отсутствуют работы, в которых применяется целый комплекс методов визуализации.

В 2014–2015 годах в США были опубликованы результаты трех исследований, в которых проводилось сравнение информативности УЗИ и МРТ в диагностике псевдоопухоли у пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава, а также сравнение МСКТ и МРТ в диагностике периацетабулярного остеолита после проведенного хирургического лечения.

Также в 2013 году в США группой исследователей, среди которых были врачи-радиологи и хирурги-ортопеды, принимавшие участие в разработке алгоритма лучевой диагностики, были проанализированы данные комплексного обследования пациентов после эндопротезирования крупных суставов. Данные исследования включали в себя результаты однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЕКТ-КТ), позитронно-эмиссионной компьютерной томографии (ПЭТ-КТ), МСКТ с программой подавления артефактов от металла (SEMAR) и МРТ с последовательностями уменьшения артефактов от металла (STIRMAVRIC-SL) [10, 20, 62, 74]. После применения вышеперечисленных

методов лучевой диагностики врачами оценивалось наличие или отсутствие различных осложнений, таких как перелом или неправильное расположение компонентов эндопротеза, асептическое расшатывание, инфекционные осложнения, повреждение мышц, сухожилий [10, 17, 18, 22, 23, 77].

Несмотря на то, что рентгенография крупных суставов имеет ряд недостатков, а именно получение суммационного изображения крупных суставов и отсутствие возможности оценки изменений со стороны мягких тканей, данный метод на сегодняшний день остается самым доступным и распространенным в диагностике осложнений после эндопротезирования [27, 77, 107].

Преимущество ультразвукового метода исследования (УЗИ) заключается в его широкой доступности, безопасности и возможности визуализации мягких тканей. УЗИ в ортопедической практике применяется, как правило, для обнаружения и оценки локализации повреждений мягких тканей (гематома, скопление жидкости, псевдоопухоль и др.) [17, 26, 32, 33, 63, 84].

На Рисунке 1 представлены данные МСКТ тазобедренных суставов и УЗИ мягких тканей правого тазобедренного сустава у 43-летней пациентки с псевдотумором на фоне асептических повреждений, ассоциированных с L-преобладающим васкулитом (ALVAL) после двустороннего эндопротезирования [15, 68, 109].

Кпереди от импланта правого тазобедренного сустава в толще мягких тканей визуализируется структура неправильной формы с четкими, ровными контурами, жидкостной плотности – киста. При исследовании в динамике через 4 месяца обнаруживается отрицательная динамика (быстрый рост), связанная с тромбозом правой общей бедренной вены.

По данным ряда американских и европейских авторов в настоящий момент МСКТ с режимом подавления артефактов от металла является наиболее универсальным и экономически эффективным методом для визуализации крупных суставов после их эндопротезирования, и, следовательно, ключевым инструментом для диагностики осложнений в послеоперационном периоде [35, 36, 43, 86, 109].

В последнее время значительные технические улучшения, такие как использование итеративных реконструкций и режима по уменьшению количества артефактов от металла, значительно улучшили качество визуализации и информативность исследования у пациентов после эндопротезирования крупных суставов [1, 4, 12, 15, 24, 39, 40, 42, 55, 78, 99].

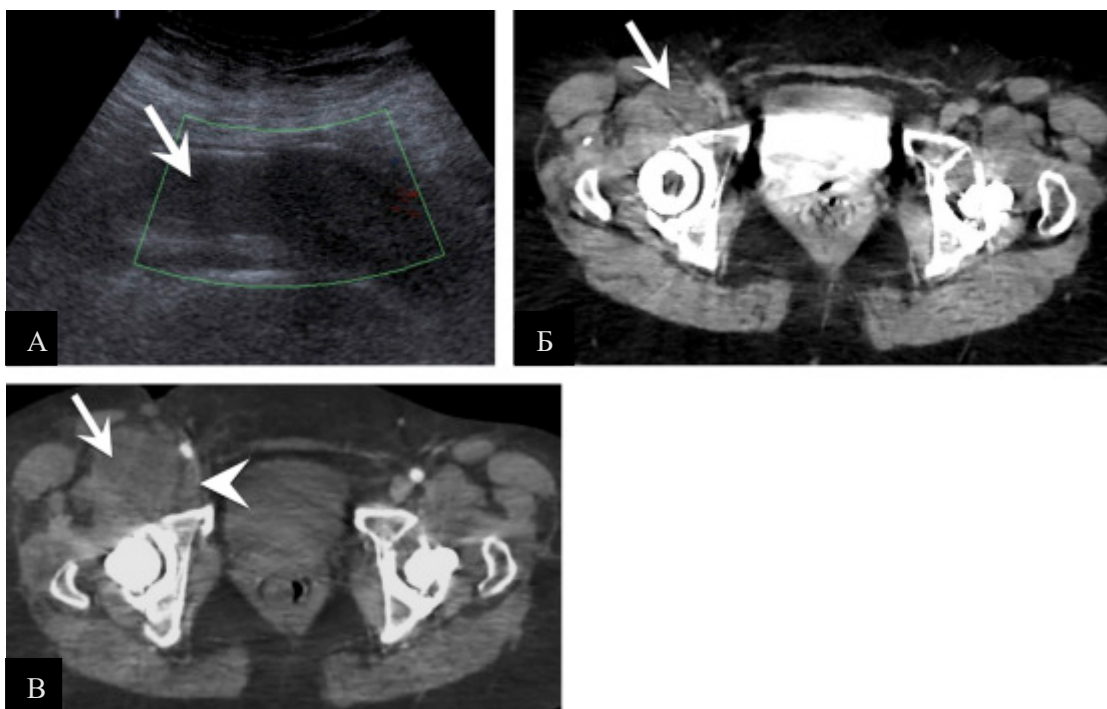


Рисунок 1 – А: УЗИ мягких тканей правого тазобедренного сустава. Кпереди от правого имплантата тазобедренного сустава определяется структура жидкостной плотности (стрелка). Б: МСКТ тазобедренных суставов после двустороннего эндопротезирования, аксиальная реконструкция, режим подавления артефактов от металла (SEMAR). Кпереди от имплантата правого тазобедренного сустава в толще мягких тканей визуализируется структура неправильной формы с четкими, ровными контурами, жидкостной плотности – киста. В: МСКТ тазобедренных суставов, аксиальная реконструкция, режим подавления артефактов от металла (SEMAR) в динамике, выполненная через 4 месяца. Кпереди от имплантата правого тазобедренного сустава в толще мягких тканей визуализируется структура неправильной формы с четкими, ровными контурами, жидкостной плотности, увеличенная в размерах в сравнении с предыдущим исследованием – псевдоопухоль (стрелка), связанная с тромбозом правой общей бедренной вены (короткая стрелка)

Алгоритм, предназначенный для уменьшения артефактов от металла (SEMAR), основан на извлечении металла из изображений, интерполяции

отсутствующих проекционных данных в исходных данных и использовании итеративной реконструкции для восстановления изображения (Рисунок 2). Однако этот алгоритм не следует использовать для оценки компонентов самого имплантата, поскольку металлические компоненты не могут быть визуализированы должным образом. Поэтому реконструкции, созданные с использованием этого алгоритма, следует использовать в качестве дополнения к обычной итеративной реконструкции.

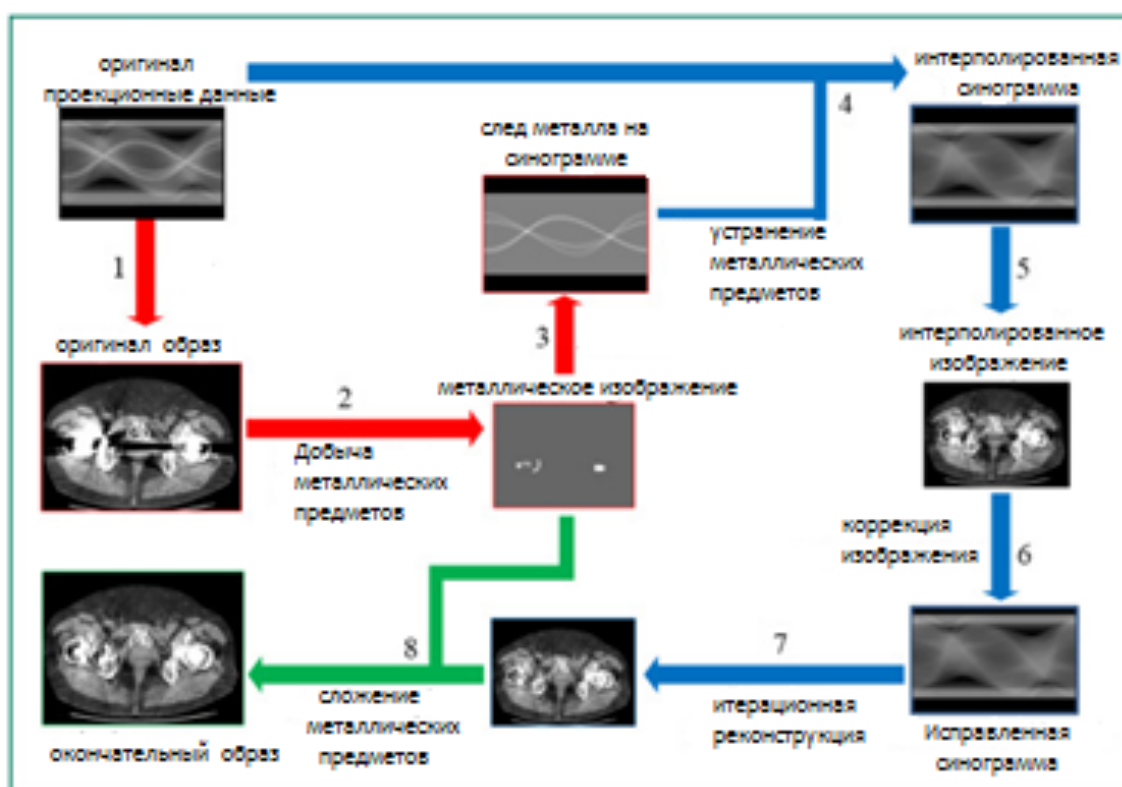


Рисунок 2 – Схема алгоритма уменьшения артефактов от металла (SEMAR) при проведении МСКТ

На Рисунке 3 представлены результаты МСКТ (в режиме SEMAR) и МРТ (с последовательностью MAVRIC) у пациента с рецидивом опухоли, перенесшего резекцию хондросаркомы в проксимальном отделе бедренной кости, с последующим эндопротезированием диафиза бедренной кости и установкой аллотрансплантата.

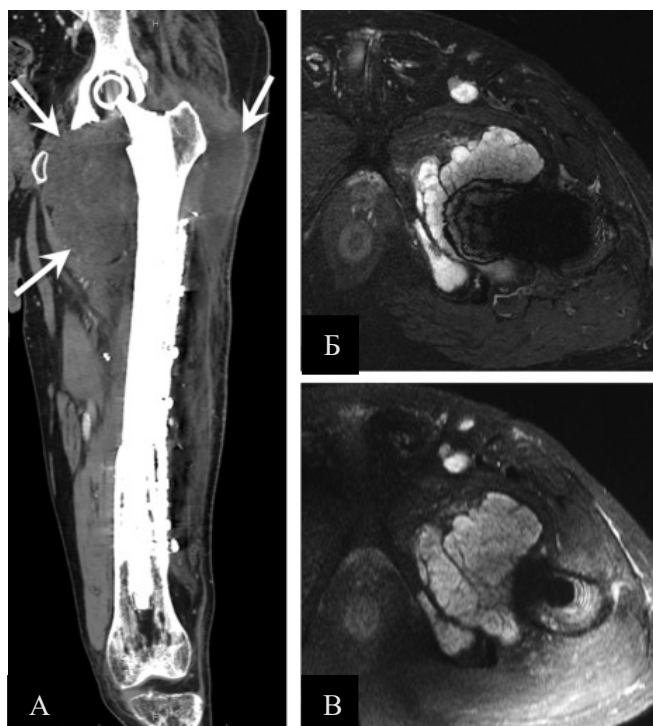


Рисунок 3 – МСКТ (с режимом SEMAR) и МРТ (с последовательностью MAVRIC) левого тазобедренного сустава. А: МСКТ левого тазобедренного сустава, фронтальная реконструкция. Окружающие имплантат мягкие ткани уплотнены, малодифференцированы за счет наличия объемного образования неправильной формы мягкотканной плотности с четкими, ровными контурами (стрелки). Б, В: МРТ левого тазобедренного сустава, аксиальные реконструкции. Отмечается распространение опухоли на приводящие мышцы бедра, седалищную кость

Магнитно-резонансная томография – метод, довольно широко используемый в Англии и Соединенных Штатах, для выявления псевдоопухолей, развивающихся после эндопротезирования крупных суставов [20, 37, 50]. Новые последовательности уменьшения артефактов от металла (MAVRIC, SEMAC, WARP, MAVRIC-SL, MARS) позволяют оценивать области периферии имплантатов, в ряде случаев и границы раздела имплантат/ткань [20, 74, 80].

MAVRIC основан на объединении нескольких трехмерных изображений с быстрым спиновым эхом (3DFSE), полученных с различными частотными сдвигами по сравнению с частотой резонанса протонов для создания менее искаженного изображения. Последовательность SEMAC представляет собой последовательность получения трехмерного сигнала спинового эха с дополнительным градиентом выбора среза для исправления ошибок кодирования

из-за искажения поля. MAVRIC-SL представляет собой комбинацию двух предыдущих методов [87]. Однако эти последовательности по-прежнему имеют ряд недостатков, таких как низкое качество изображения, длительное время проведения исследования и т. д. [36, 43].

До сих пор не существует общего мнения о роли методов лучевой диагностики в оценке различных осложнений на послеоперационных этапах. Отсутствуют конкретные критерии применения мультиспиральной и магнитно-резонансной компьютерной томографии у пациентов [3, 5, 14, 34, 45]. В имеющихся на данный момент источниках отмечается недостаток информации о комплексной лучевой диагностике, об алгоритмах и выборе наиболее подходящего метода для каждого индивидуального случая на различных послеоперационных этапах.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика обследуемых пациентов

В представленной работе были проанализированы результаты комплексного лучевого обследования 82 пациентов в возрасте от 55 до 70 лет (33 мужчины и 49 женщин), имеющих патологию суставов в анамнезе, последующие операции, а также осложнения после операций по замене сустава. Изначально в данное исследование было включено 102 пациента, однако пациенты с эндопротезами плеча и голеностопного сустава были исключены из исследования в связи с меньшей частотой выполнения операций на данных суставах. Следовательно, только пациенты с эндопротезированием тазобедренного и коленного суставов были включены в исследование. Всем 82 пациентам было выполнено рентгенологическое исследование: 37 пациентам – МСКТ, 34 пациентам – УЗИ и 59 пациентам – МРТ. Из 82 пациентов 52 пациента прошли расширенное рентгенологическое обследование. С 2007 по 2017 год всем пациентам было выполнено эндопротезирование тазобедренного или коленного сустава, проведены операции в ортопедическом отделении больницы NMC (Дубай, ОАЭ). Рентгенография выполнялась с помощью цифрового рентгеновского аппарата (AGFA), ультразвуковое исследование проводили с помощью GE volvuson E10 (General Electric, USA) и низкочастотного Philips IU-22 (Philips, Нидерланды), методы МСКТ на КТ-сканере с 64 срезами (Siemens, Германия), КТ со 128 срезами (GE CT, USA) и МРТ-сканирование 1,5 Тл (GE Healthcare), 3 Тл МРТ высокого разрешения (Siemens, Германия). Также применялись и другие методы лучевой диагностики, такие как СПЕКТ СТ и DEXA, которые помогают диагностировать определенные осложнения после операции по замене сустава, однако из-за высокой стоимости каждого сканирования СПЕКТ СТ с участием ядерного агента и меньшей специфичности DEXA-сканирования оба метода были исключены из исследования.

Исследуемые пациенты были распределены по полу и возрасту в соответствии с Таблицей 1, а также по участкам пораженных суставов, на которые проводились операции по эндопротезированию в соответствии с Таблицей 2.

Таблица 1 – Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст/Пол	Мужской		Женский		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
55–60 лет	10	12,2	13	15,8	25	30,5
61–65 лет	15	18,3	22	26,8	37	45,1
66–70 лет	8	9,75	14	17,0	22	26,8
Всего	33	40,2	49	59,8	82	100

Таблица 2 – Распределение пациентов по участкам пораженных суставов

Сустав	Мужской		Женский		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Тазобедренный сустав	15	18,3	24	29,3	39	47,6
Коленный сустав	16	19,3	27	32,9	43	52,4
Всего	31	37,8	51	62,2	82	100

На основании приведенной выше таблицы видно, что среди всех пациентов с осложнениями после замены суставов ($n = 82$; 100%), преобладали женщины ($n = 49$; 59,8%), преимущественно в возрастной группе от 61 до 65 лет ($n = 22$; 26,8%). Наиболее частым поражением сустава является коленный сустав ($n = 27$; 32,9%), снова преимущественно у женщин.

На Рисунке 4 показаны причины, которые привели к эндопротезированию тазобедренного сустава, а на Рисунке 5 показаны причины, следствием которых стало эндопротезирование коленного сустава.

Как видно из Рисунка 4, основным заболеванием, которое привело к потере функции в суставе и требовало хирургического лечения с заменой пораженного сустава на искусственный, был остеоартроз (57,0%). Пациенты после травмы (13,0%), а также страдающие остеонекрозом головки бедренной кости наблюдались реже (9,0%). Среди других причин к операции (7%) были отмечены

ревматоидный артрит, дефект или дисплазия костей суставов (врожденные и приобретенные), воспалительный и септический артрит, ювенильный артрит, опухоли, гемофилия, подагра.

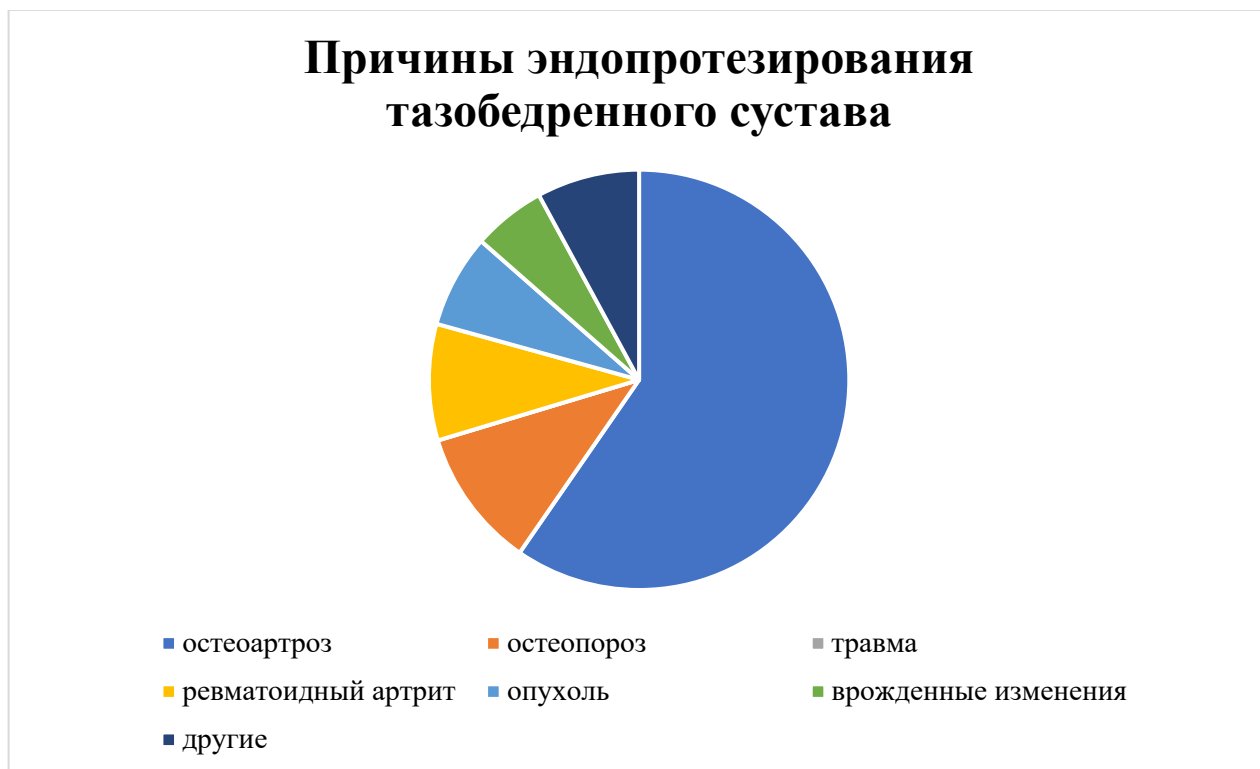


Рисунок 4 – Распределение пациентов с указанием причин эндопротезирования



Рисунок 5 – Распределение пациентов с указанием причин эндопротезирования

В Таблице 3 приведены осложнения, диагностированные в разные периоды времени. Они разделены на ранний послеоперационный период (до 2 месяцев), поздний послеоперационный период (от 2 месяцев до 1 года) и отдаленный послеоперационный период (от года и более).

Таблица 3 – Распределение осложнений в зависимости от сроков их возникновения

Ранний послеоперационный период (до 2 месяцев)	Поздний послеоперационный период (от 2 месяцев до 1 года)	Отдаленный послеоперационный период (от года и более)
Инфекционное заболевание	Периимплантационный перелом кости	Смещение компонентов протеза
Вывих/подвывих	Асептическое расшатывание	Перелом протеза
Гематома	Тромбоэмболия	Гетеротопическое окостенение
Септическое расшатывание	Остеолиз	Укорочение конечности
Нейропатия		

2.2. План обследования пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов

План обследования пациента, как показано на Рисунке 6, предполагает первичную консультацию с хирургом-ортопедом с последующим клиническим и лабораторным обследованием, а также обращение за дополнительной консультацией специалиста с целью окончательного выбора комплексного лучевого обследования на послеоперационных этапах.

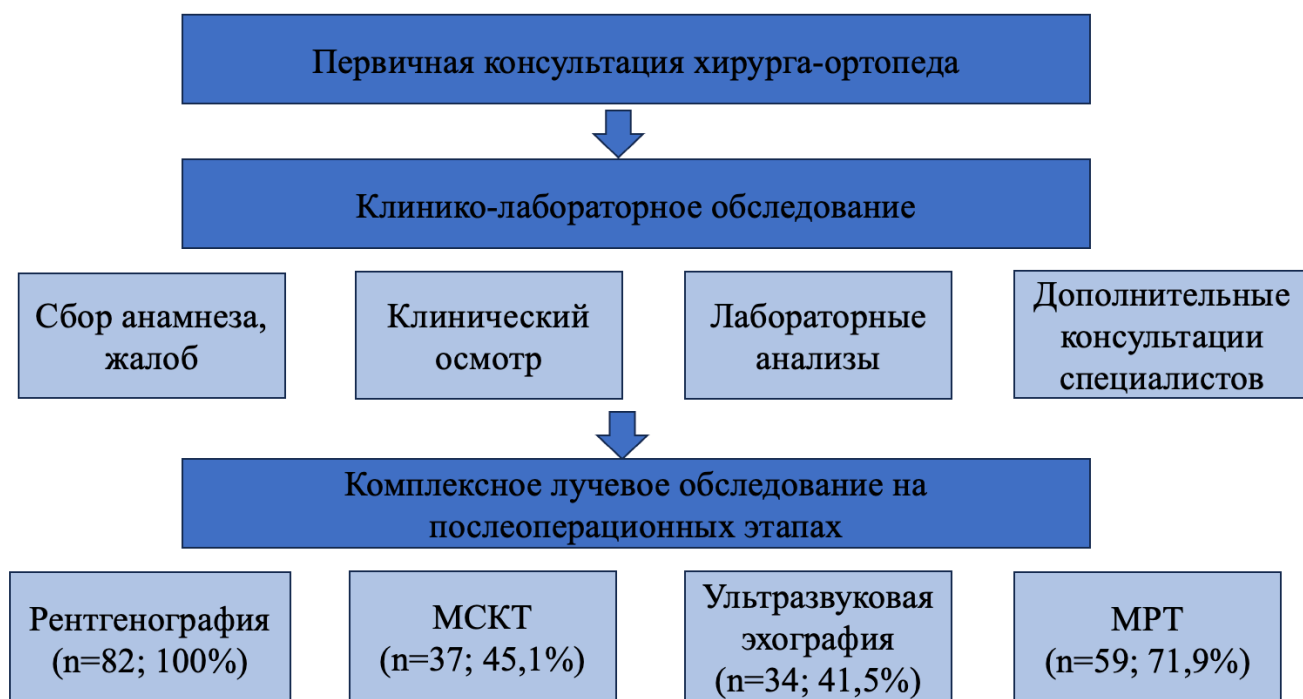


Рисунок 6 – План обследования пациентов с осложнениями после эндопротезирования на послеоперационных этапах лечения

В послеоперационные дни были проведены рентгенологические исследования (в основном рентгенография). 37 пациентам (45,1%) была проведена КТ. МРТ выполнено 59 пациентам (71,9%). Часто пациентам продолжали проводить комплексную лучевую диагностику в разные послеоперационные периоды (до 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года, от года и более) в зависимости от осмотра и клинического состояния. Для оценки осложнений после артропластики у нескольких групп пациентов использовались рентгенологические и МРТ-методы.

2.3. Клинические методы обследования пациентов с осложнениями после эндопротезирования суставов

Всем пациентам (n = 82; 100%) на этапе первичной консультации после операции были проведены различные методы клинических исследований для оценки общего состояния пациента. Клиническое обследование включало в себя определение боли в суставах и выявление нарушений функции при ходьбе (n = 82; 100%). Исследовались причины, по которым пациент продолжал испытывать боль

в суставах, а также трудности при ходьбе. Особое внимание уделялось лихорадке, которая могла быть самым ранним симптомом любого инфекционного поражения, связанного с операцией по замене сустава, а также признаком возможной аллергической реакции на любой металлический компонент эндопротеза. Под особым наблюдением были кровотечения после операции, проводилось полное клиническое обследование ($n = 82$; 100%), контролирующее движение и силу суставов, ощущение конечностей.

2.4. Методы лучевого обследования пациентов после эндопротезирования суставов

В Таблице 4 представлены методы лучевых исследований, проводимые на различных этапах лечения пациентов после операции: рентгенография сустава, мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ).

Таблица 4 – Комплексное лучевое обследование на послеоперационных этапах

Сроки исследования/ метод исследования	Рентгенография		УЗИ		МСКТ		МРТ	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
До 2 месяцев	29	35,3	18	21,9	9	10,9	21	25,6
От 2 месяцев до 1 года	30	36,6	10	12,2	15	18,3	18	21,9
От года и более	23	28,0	6	7,31	13	15,8	20	24,4

На этапе выявления причин к операции по замене суставов и планирования хирургического лечения всем пациентам ($n = 82$; 100%) была проведена рентгенография. Пациентам ($n = 37$; 45,1%) также выполняли многослойную компьютерную томографию, УЗИ ($n = 34$; 41,5%) и МРТ ($n = 59$; 71,9%). На

различных этапах послеоперационного наблюдения диагностика включала рентгенографию, УЗИ, мультиспиральную компьютерную томографию и МРТ.

2.4.1. Рентгенологический метод

Рентгенография выполнялась с использованием AGFA (Instrumentarium Imaging Inc, Финляндия) на послеоперационных этапах лечения у всех пациентов. Перед исследованием пациентов просили удалить съемные металлические элементы, если таковые имелись. Исследование проводилось в положении стоя. Использовалась рентгеновская пленка формата 8x10 или 10x12 см. Рентгенография с нагрузкой выполнялась при исследовании суставов нижних конечностей (тазобедренный и коленный суставы). Технические параметры рентгеновского излучения в данном исследовании следующие: кV = 66–85; мА = 5–12; время выдержки = 17,6 секунды. При анализе рентгенограмм на этапе первичной консультации и планирования хирургического лечения определялся характер и место замены сустава, тип замены сустава, протез, который будет использоваться для конкретной операции по замене сустава. На различных этапах послеоперационного периода проводился рентгенологический анализ для оценки осложнений после замены сустава. При выполнении рентгенографии задача состояла в том, чтобы определить возможное распространение осложнений в интактных частях суставной замены, наличие и локализацию осложнений после эндопротезирования сустава.

2.4.2. Мультиспиральная компьютерная томография

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) была выполнена 37 пациентам с использованием устройства «Siemens» (Германия) с количественной КТ (GE CT 128 срез, USA). Перед исследованием пациентов просили удалить все металлические съемные элементы, если таковые имелись.

Томография была выполнена пациентам в положении лежа на спине в соответствии с лазерной маркировкой, спроецированной на сустав. Параметры томографии представлены в протоколах, приведенных в Таблице 5 и Таблице 6.

Таблица 5 – Протокол исследования мультиспиральной компьютерной томографии «Siemens» (Германия)

Напряжение	120 кВ
Мощность	100–120 мАс / срез
Угол наклона гентри	0 °
Область исследования	180–200 мм
Время оборота	0,4 секунды
Толщина среза	0,5 мм

Таблица 6 – Протокол исследования количественной компьютерной томографии «GE CT 128 срез»

Напряжение	68 кВ
Мощность	1,46 мАс / срез
Диаметр отверстия	170 мм
Поле зрения	140 мм
Длина сканирования	200 мм
Размер вокселя	исходный 30 мкм (изотропный)

На разных этапах послеоперационного обследования пациентов (до 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года от года и более) данные МСКТ использовались у меньшего количества пациентов из-за артефактов от металла. SEMAR использовался для уменьшения металлических артефактов, однако МСКТ в основном использовался для оценки оси протеза, измерения длины конечности, а МСКТ грудной клетки с контрастированием для оценки тромбоза.

Помимо построения 3D-реконструкций и просмотра мелких и перипротезных переломов, количественная компьютерная томография была выполнена нескольким пациентам (n = 15; 18,3%) для оценки плотности костной ткани.

2.4.3. Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование у пациентов с осложнениями после замены сустава выполняли с помощью GE volvuson E10 (General Electric, USA) и низкочастотного Philips IU-22 (Philips, Нидерланды). 20 пациентов (n = 20; 24,4%) были обследованы на УЗИ низкой частоты для оценки плотности костной ткани. Ультразвук использовался для оценки таких осложнений, как гематома, абсцесс и жидкость в суставах. Система сбора данных и параметры аппаратов УЗИ показаны в Таблице 7 и Таблице 8.

Таблица 7 – Протокол исследования УЗИ «GE Volvuson E 10», блок

Напряжение	50 Hz
Частота	100–240 VAC
Мощность	800 VA
Тепловая мощность	2730 BTU / h
Разрешающая способность	62 x 52 pixel
Угол наклона	+ 30

Таблица 8 – Протокол исследования низкочастотного УЗИ «Philips IU 22», блок

Напряжение	18 Hz
Частота	150–290 VAC
Мощность	1000 VA
Тепловая мощность	2010 BTU / h
Разрешающая способность	82 x 60 pixel
Угол наклона	+ 10

2.4.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ у больных с осложнениями после замены сустава проводилась на МР-томографе «Дженерал Электрик» 1,5 Тесла (GeneralElectric, USA) и Siemens 3,0 Т (Магнетом призма, Германия) МРТ высокого разрешения. 59 пациентам (n = 59;

71,9%) была проведена МРТ (3,0 Тл), 30 пациентам из 59 была проведена расширенная МРТ.

Система сбора данных поддерживает 1, 4, 8 независимых каналов приема и несколько независимых элементов катушки на канал в течение одной серии сбора данных. Система сбора данных и параметры аппаратов МРТ показаны в Таблице 9 и Таблице 10.

Таблица 9 – Протокол исследования МРТ «GE 1,5 Т»

FOV	От 1 до 48 см
Толщина среза	2D от 0,7 мм до 20 мм; 3D от 0,1 до 5 мм
Матрица дисплея	1028 x 1024
Измерительная матрица	128 x 512 шагов; 32 фазы кодирования
Интенсивность пикселей	256 уровней серого
Требования к питанию	480 или 380/415

Таблица 10 – Протокол обследования МРТ с МР-спектроскопией «Siemens 3,0 Т»

Диаметр отверстия	70 см
Длина магнита	163 см
Матрица дисплея	1028 x 1024
Измерительная матрица	512 x 512 шагов
FOV	220 x 220 мм ²
Угол поворота	90 градусов

Следует заметить, что МРТ является чрезвычайно эффективным инструментом в диагностике болезненной артропластики тазобедренного сустава, имеет превосходную визуализацию мягких тканей. Еще одним преимуществом МРТ по сравнению с МСКТ является отсутствие ионизирующего излучения, а также возможность применения специализированной программы MAVRIC – с целью уменьшения металлических артефактов.

МРТ-анализ данных исследования даже через 1–2 года и более после операции позволяет оценить возможное продолжение патологического процесса в суставах.

2.5. Статистический анализ

Клинические данные (жалобы, осмотр), результаты лучевых исследований (рентгенография, УЗИ, МСКТ, МРТ) у пациентов с осложнениями после протезирования суставов были зафиксированы в специальной таблице.

Введенная информация обрабатывалась методом статистики вариаций с использованием компьютерной программы Numbers (2.0). Все используемые статистические методы основаны на доказательной медицине. Диагностическая эффективность различных методов диагностики диссертационного исследования оценивалась на основе определения: чувствительности (S_n); специфичности (S_p), точности (A_c).

Эти цифры были рассчитаны по следующим формулам:

$$A_c = PS + NH / PS + NS + PH + NH,$$

$$S_n = PS / PS + NS$$

$$S_p = NH / PH + NH,$$

где PS – число действительно положительных результатов;

NH – число истинно отрицательных результатов;

С MO – количество ложноположительных результатов;

NS – количество ложноотрицательных результатов.

В работе определялся действительно положительный/отрицательный результат в случае совпадения или несовпадения методов лучевой диагностики с окончательным диагнозом. Чтобы получить ложноположительный/отрицательный результат в случае положительного/отрицательного признака, данные методов лучевой диагностики не соответствовали окончательному диагнозу. Для оценки вероятности совпадения с окончательным диагнозом определялись прогностические показатели:

Прогностически положительный результат (PVP) – частота его совпадения с заболеванием, определялся по формуле:

$$PVP = PS / PS + с PN.$$

Прогностически отрицательный результат (PVN) – частота его совпадения с отсутствием заболевания, определялся по формуле:

$$PVN = NH / NS + NH.$$

Наблюдение за результатами исследования проводилось с кратковременным и долгосрочным комплексным клиническим и радиационным мониторингом в послеоперационном периоде.

Таким образом, пациентам в данном исследовании была проведена комплексная лучевая диагностика, включающая в себя как традиционные, так и современные высокотехнологичные методы.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов

Всем 82 пациентам (100%), поступившим на послеоперационное наблюдение, в качестве первого рентгенологического исследования была проведена рентгенография.

Осложнения после операций по эндопротезированию можно разделить на септические (инфекционные) и несептические. Септические осложнения чаще всего возникают из-за хирургического вмешательства ортопеда, неправильного подхода к операции, материала, используемого в операции, отсутствия регулярного наблюдения, отсутствия регулярных перевязок и самостоятельного прекращения пациентом приема лекарств. Несептических осложнений, таких как расшатывание протеза, перипротезные переломы, можно избежать с применением лучевых методов, описанных в исследовании. Данные методы будут основным направлением представленной работы.

Септические осложнения требуют срочного и раннего выявления, что может быть достигнуто путем клинического обследования, данных лабораторных методов исследования и выбором правильного лучевого метода.

3.1.1. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев

Оценка вывиха после операции эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов

Оценка вывиха протеза тазобедренного сустава заключалась в выявлении вовлечения протеза в патологический процесс: характер вывиха, определении оси, угла вертлужной впадины при эндопротезировании тазобедренного сустава, повреждения соседних костей и конечной локализации протеза. Всего выявлено 15

пациентов ($n = 15$; 18,3%) с осложнениями вывиха, среди них 8 пациентов ($n = 8$; 9,75%) после эндопротезирования тазобедренного сустава и 7 пациентов ($n = 7$; 8,53%) после эндопротезирования коленного сустава.

Вовлечение стенок вертлужной впадины в патологический процесс вывиха было преимущественно односторонним ($n = 7$; 8,5%). Типичными патологическими изменениями были снижение плотности костной ткани у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), неравномерный склероз стенок вертлужной впадины у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%). У 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) угол вертлужной впадины был более 40 градусов с наклоном вверх (нормальный угол вертлужной впадины составляет от 33 до 38 градусов), что привело к подвывиху или вывиху протеза головки бедренной кости, как показано на Рисунке 7. У 7 пациентов ($n = 7$; 6,5%) наблюдалась комбинация вертлужного угла и металлического повреждения между вертлужной впадиной и протезом головки бедренной кости, что привело к вывиху, как показано на Рисунке 8. Нижняя часть вертлужной впадины истончается, иногда не определяется у 2 пациентов ($n = 2$; 2,43%), верхняя часть не визуализируется у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%).

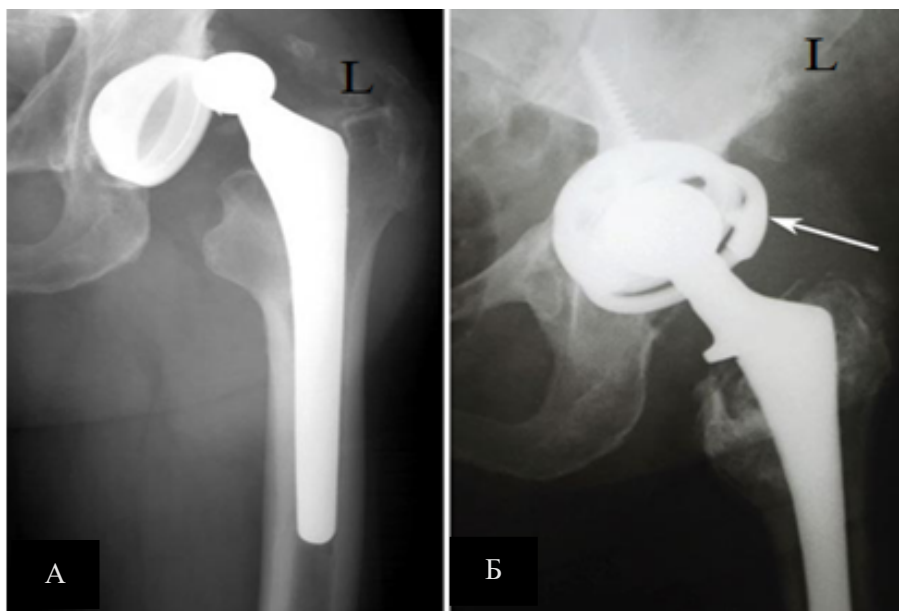


Рисунок 7 – Рентгенограммы левого тазобедренного сустава, прямая проекция.

А: отмечается смещение головки левой бедренной кости из-за наклона вертлужной впадины вверх более чем на 40 градусов. Б: через 6 месяцев вертлужная впадина фиксируется винтами, а головка левой бедренной кости перемещается назад



Рисунок 8 – Рентгенограмма тазобедренных суставов, прямая проекция. Слева определяется полный вывих после артропластики бедренной кости в результате ослабления вертлужного компонента. В этом случае основной причиной вывиха был угол вертлужной впадины с металлическим компонентом и использованный цементирующий материал, что привело к ослаблению вертлужного компонента и вторичному смещению протеза.

Повреждение (перелом) стенок вертлужной впадины наблюдалось в 3 случаях ($n = 3$; 3,6%), что привело к вывиху протеза тазобедренного сустава. В 3 случаях ($n = 3$; 3,7%) выявлен выраженный склероз стенок вертлужной впадины. В 2 случаях ($n = 2$; 2,4%) были разорваны мышцы вокруг тазобедренного сустава, что привело к нестабильности сустава и, как результат, к вывиху протеза бедра.

В представленном исследовании у пациентов ($n = 8$; 9,75%) преобладал односторонний вывих бедра. Двусторонних вывихов бедра обнаружено не было, однако даже при двустороннем эндопротезировании бедра вывих был замечен только с одной стороны, как показано на Рисунке 9.

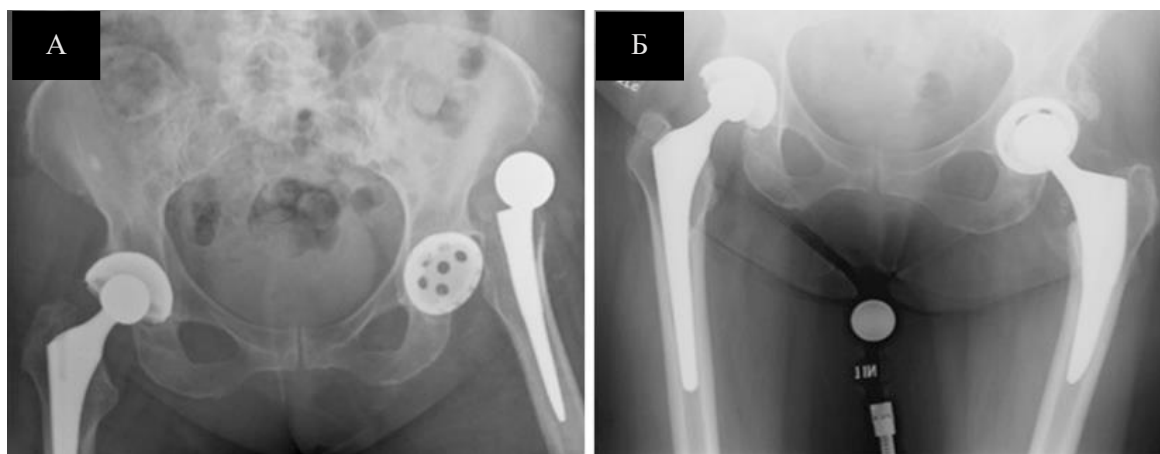


Рисунок 9 – Рентгенограммы тазобедренных суставов, состояние после двустороннего эндопротезирования, прямая проекция. А: полный вывих левого бокового протеза тазобедренного сустава через месяц после операции. Б: слева проведена ревизионная операция для фиксации вертлужной крышки и замены смещенной головки бедренной кости обратно в суставной протез

Вывих коленного сустава был отмечен у 7 пациентов ($n = 7$; 8,53%), в 5 случаях ($n = 5$; 6,1%) было обнаружено смещение коленного протеза кпереди. В отдельных случаях смещение кзади было обнаружено у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%), как показано на Рисунке 10.

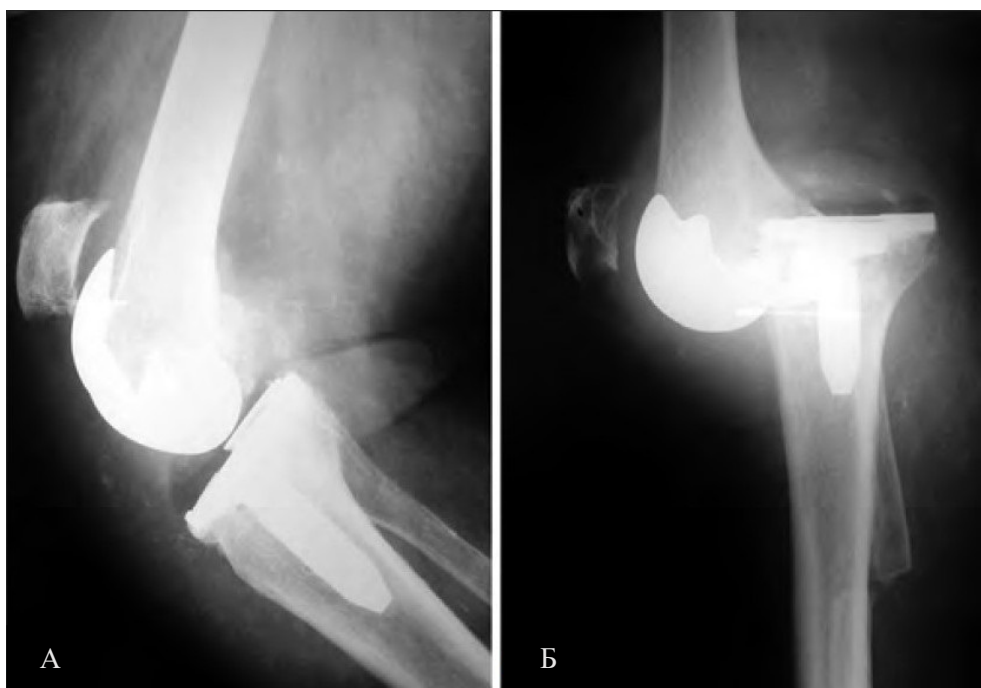


Рисунок 10 – Рентгенограммы коленных суставов, боковая проекция. А: 2 дня после замены коленного сустава. Б: 2 недели после операции, определяется вывих коленного сустава, большеберцовый компонент смещен кзади, что говорит о необходимости повторной операции

В случае подвывиха или вывиха тазобедренных и коленных суставов у ряда пациентов были определены:

- односторонний вывих тазобедренного сустава ($n = 8$; 9,75%);
- двусторонний вывих бедра ($n = 0$);
- односторонний вывих колена ($n = 7$; 8,53%);
- двусторонний вывих колена ($n = 0$).

Оценка вывиха протеза коленного сустава заключалась в выявлении вовлечения протеза в патологический процесс, характера вывиха, определении оси, положения надколенника при вывихе коленного сустава, повреждения соседних костей и окончательной локализации сустава. Выявлено 15 пациентов ($n = 15$; 18,3%) с осложнениями вывиха, из них 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%) после операции эндопротезирования коленного сустава.

Наблюдались типичные патологические изменения: снижение плотности костной ткани, неравномерный склероз стенок бедра и голени. У 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) произошло смещение оси протеза коленного сустава кпереди, что привело к подвывиху или вывиху коленного протеза. У 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%) наблюдалась комбинация смещенной оси протеза коленного сустава и повреждения сухожилия пателло-бедренного сустава, что привело к вывиху протеза. Нормальная ось протеза коленного сустава рассчитывается путем проведения прямой линии от головки бедренной кости до дистального отдела голеностопного сустава, при этом линия должна проходить от центра бедренного протеза. У 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) после операции эндопротеза коленного сустава было обнаружено отклонение линии медиально или латерально к центру протеза более 2 мм, что привело к вывиху протеза коленного сустава.

У 5 пациентов наблюдался передний вывих, как показано на Рисунке 11, и у 2 пациентов – задний вывих. В представленном исследовании у пациентов преобладали односторонние вывихи коленного сустава ($n = 7$; 8,53%). Двусторонних вывихов коленного сустава не было обнаружено.



Рисунок 11 – Рентгенограммы правого коленного сустава, прямая и боковая проекции. А: нормальное выравнивание через 2 дня после проведенной операции. Б: смещение кпереди всего артропластинового коленного протеза через 8 дней

Данные, полученные во время рентгенографии на послеоперационном этапе, существенно дополнили и расширили информацию о состоянии вывиха, особенно о степени и характере вовлечения их стенок в патологический процесс.

Оценка инфекции после операции по замене сустава

Инфицирование – одно из самых серьезных осложнений после любой операции по эндопротезированию сустава. Заражение происходит в основном из-за способа проведения операции или по причине неправильного соблюдения гигиены пациента после выписки из больницы. Инфекция – осложнение, которое невозможно предусмотреть, лучший способ – это ранняя диагностика инфекции и назначение антибиотиков для ее подавления с целью предотвращения повторного эндопротезирования. МРТ с таким высоким разрешением (3 Тл) – лучший метод лучевой диагностики для выявления инфекции на самой ранней стадии.

У 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) было выявлено инфекционное осложнение: 4 пациента ($n = 4$; 4,8%) были после эндопротезирования коленного сустава и 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) – после операции на тазобедренном суставе. МРТ позволила диагностировать инфекцию у 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%). 1 пациент ($n = 1$; 1,2%)

поступил в больницу через неделю с отеками и покраснениями. С помощью рентгенологического метода было диагностировано инфекционное запущенное осложнение, и пациенту была проведена повторная операция.

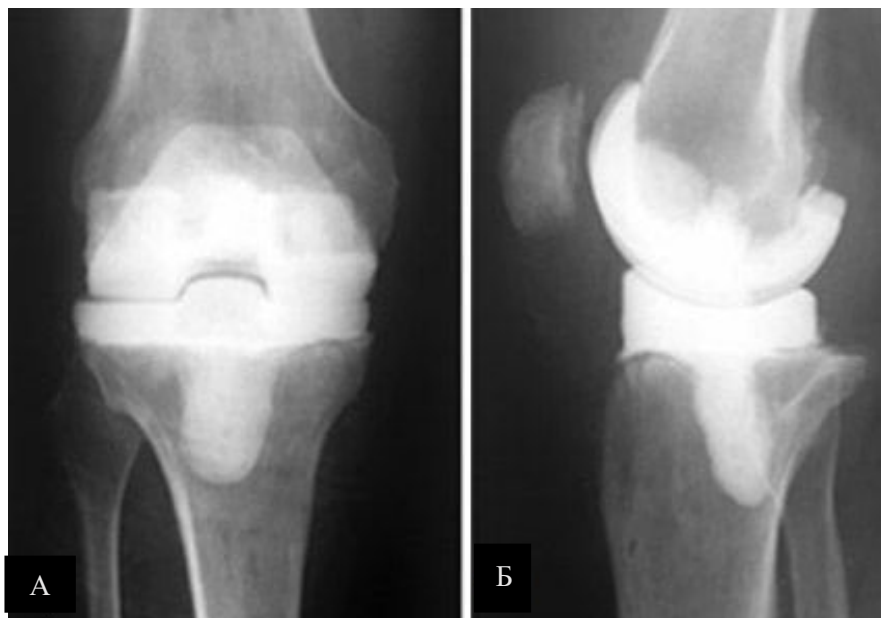


Рисунок 12 – Рентгенограммы правого коленного сустава, прямая (А) и боковая (Б) проекции. Отмечается остеосклероз вокруг протеза, сужение суставной щели, что свидетельствует об инфекции

У 1 пациента ($n = 1$; 1,3%) патологические изменения были выявлены в перипротезной кости, как показано на Рисунке 12:

- склероз бедренной кости;
- снижение плотности костной ткани бедренной кости;
- склероз голени;
- наслоение надкостничных слоев большеберцовой кости.

Остальным 5 пациентам с инфекцией был поставлен диагноз с помощью МРТ, что описано в соответствующем разделе. Другими осложнениями в период через 2 месяца после операции являлись абсцесс, гематома и невропатия.

3.1.2. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года

Осложнениями в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года являются перелом перипротеза у 17 пациентов ($n = 17$; 20,7%), асептическое расшатывание у 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%), тромбоэмболия у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) и остеолиз у 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%). Тромбоэмболия диагностируется по данным МСКТ органов грудной клетки с внутривенным контрастированием, а асептическое расшатывание и остеолиз в основном диагностируются с помощью МРТ. Однако некоторым пациентам проводилась рентгенография.

Оценка асептического расшатывания протеза после операций по замене сустава

Асептическое расшатывание считается относительно частым осложнением при замене тазобедренного и коленного суставов. Всего 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%) имели осложнение асептического расшатывания, среди них 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%) были после эндопротезирования тазобедренного сустава и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) после эндопротезирования коленного сустава. Асептическое расшатывание может произойти в результате неадекватной начальной фиксации, механической потери фиксации с течением времени или биологической потери фиксации, вызванной остеолизом имплантата.

Хотя точные критерии прозрачности на рентгенограмме могут варьироваться, тазобедренный или коленный сустав, вероятно, ослабнет, если на изображении видна рентгенопрозрачная область более 2 мм, которая может включать поверхность контакта протез/кость, поверхность раздела цемент/кость или цемент/протез в зависимости от вида артропластики:

- интерфейс протез / кость ($n = 6$; 7,3 %);
- граница раздела цемент / кость ($n = 3$; 3,6%);
- граница раздела цемент / протез ($n = 1$; 1,2 %).

Для простоты измерения прозрачности прозрачность более 2 мм на любом из вышеупомянутых интерфейсов, таких как контакт протез / кость, граница раздела

цемент / кость или цемент / протез, принималась как такая же и считалась положительной. Когда прозрачность вокруг протеза и кости увеличивается более чем на 2 мм, диагностируется асептическое расшатывание. Если инфекционная этиология не обнаружена, то, как показано на Рисунке 13, асептическое расшатывание диагностируется на правой стороне верхней части бедренной кости и сразу же фиксируется с помощью проволоки для фиксации.

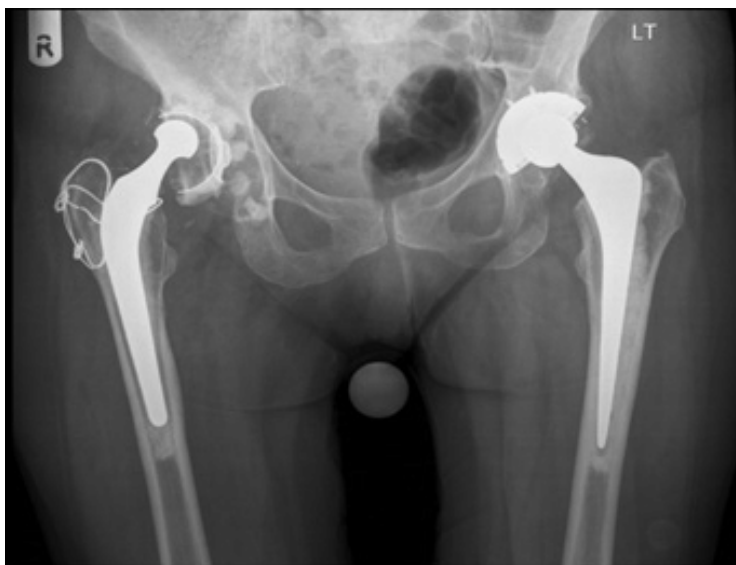


Рисунок 13 – Рентгенограмма тазобедренных суставов, прямая проекция. Определяется асептическое расшатывание правой вертлужной впадины, рентгенопрозрачность и расшатывание протеза, который стабилизируется с помощью проволочной фиксации в правом бедре

По данным рентгенологического метода исследования была получена следующая информация:

- одностороннее послеоперационное асептическое расшатывание вертлужной впадины (n = 2; 2,4%);
- одностороннее послеоперационное асептическое расшатывание бедра при эндопротезировании тазобедренного сустава (n = 5; 6,1%);
- двустороннее послеоперационное асептическое расшатывание вертлужной впадины (n = 0);
- одностороннее послеоперационное асептическое расшатывание протеза коленного сустава (n = 2; 2,5%);

- двустороннее послеоперационное асептическое расшатывание протеза коленного сустава ($n = 0$);
- асептическое расшатывание проксимального отдела большеберцовой кости коленного протеза ($n = 1$; 1,2%).

2 пациента ($n = 2$; 2,4%) с асептическим расшатыванием имели выраженную нестабильность тазобедренного сустава и нуждались в немедленной госпитализации для устранения расшатывания. У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) с осложнением остеолита первоначально было асептическое расшатывание, которое в дальнейшем переросло в остеолит.

Определение наличия, характера, локализации перипротезных переломов

Перипротезные переломы становятся более частыми в связи с возрастным фактором, а также из-за увеличения количества тотальных замен суставов. Лечение этих переломов по-прежнему представляет собой одну из основных проблем для хирургов-ортопедов. Несмотря на все усилия по изучению и лечению пациентов с данными переломами, статистика о смертности данной категории пациентов остается высокой.

Перипротезные переломы были выявлены у 17 пациентов ($n = 17$; 20,7%): у 12 пациентов ($n = 12$; 14,6%) после эндопротезирования коленного сустава и у 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) после эндопротезирования тазобедренного сустава.

Ванкуверская классификация перипротезных переломов является наиболее широко используемой системой классификации. Здесь учитывается место перелома, состояние бедренного имплантата и качество окружающей бедренной кости.

В общей сложности 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) имели переломы перипротеза после эндопротезирования тазобедренного сустава: 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) с границей типа А (G) в вертлужной впадине, 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) с переломом проксимального бедренного (троанктериального) стержня типа В2 (как показано на Рисунке 14), 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) с переломом дистального отдела бедренной ножки типа В3 и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) с переломом дистального отдела диафиза бедренной кости типа С.



Рисунок 14 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава, прямая проекция.

А: Правостороннее тотальное эндопротезирование. Отмечается перелом проксимального отдела бедренной кости типа В2 через 3 месяца после операции.
 Б: ревизионная операция была выполнена с фиксацией более длинной бедренной ножки и установкой наружной проволоки для стабилизации перелома проксимального отдела бедренной кости

Дункан включил все изученное за многие годы в Новую унифицированную систему классификации (UCS), охватывающую лечение всех перипротезных переломов. Эти данные значительно расширили классификацию, включив в нее еще три типа перелома (D, E и F), что позволило разработать новую уникальную систему классификации перипротезных переломов после эндопротезирования коленного сустава.

В общей сложности 12 пациентов ($n = 12$; 12,2%) имели перипротезные переломы после эндопротезирования коленного сустава.

5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) имели перелом типа D проксимальнее бедренного протеза, 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) имели перелом типа E, который представляет собой перелом дистального отдела большеберцового протеза, 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели двусторонний перелом проксимального протеза бедренной кости, один пациент ($n = 1$; 1,2%) имел перелом надколенника вместе с переломом проксимального протеза бедренной кости, один пациент ($n = 1$; 1,2%) получил перелом малоберцовой кости после тотального протезирования коленного сустава.

1 пациент (n = 1; 1,2%) имел перелом дистального отдела диафиза бедренной кости в сочетании с переломом проксимального отдела большеберцовой кости, как показано на Рисунке 15.



Рисунок 15 – Рентгенограммы коленного сустава, тотальное эндопротезирование левого коленного сустава. А: перелом дистального отдела бедренной кости и проксимального отдела большеберцовой кости через 6 месяцев после операции. Б: Наружная фиксация использовалась для стабилизации перелома бедра и большеберцовой кости, который зажил с образованием костной мозоли

Всем пациентам потребовалась коррекционная операция для стабилизации протеза коленного сустава. Вышеупомянутые перипротезные переломы поясняются в Таблице 11.

Таблица 11 – Семиотика перипротезных переломов по данным рентгенографии после хирургического лечения в соответствии с классификацией Unified Classification System (UCS)

	Абс.	%
Переломы типа А – это переломы афофиза / выпуклости кости:	2	2,4
Малый вертел бедренной кости	1	1,2
Бугристость большеберцовой кости	1	1,2
Большой вертел	0	0
Перелом типа В расположен в опоре ложа или рядом с имплантатом. Подклассификация эквивалентна Ванкуверской классификации	2	2,4
Тип В1 – переломы при корректно установленных имплантатах Перипротезные переломы дистальной части бедренной кости со стабильным имплантатом	0	0
Переломы типа В2, имплантат ослаблен, но костный запас сохранен. Перипротезные переломы дистальной части бедренной кости с незакрепленным имплантатом	1	1,2
Тип В3 представляет собой перелом бедра В2 с плохим костным запасом, которому может потребоваться сложная реконструкция или даже процедуры спасения (мегапротез, аллотрансплантат / композит ствола)	1	1,2
Перелом типа С дистальнее имплантата	1	1,2
Дистальная бедренная кость при эндопротезировании тазобедренного сустава	1	1,2
Тип D также известен как Интерпротезные переломы	5	6,1
ПодтипА (оба протеза стабильны)	3	0,9
ПодтипВ (одна стабильная и одна свободная)	1	0,9
Подтип С (оба рыхлые)	1	0,9
Тип Е – перелом каждой из двух костей, поддерживающих одну артропластику или полиперипротез		
Артропластика коленного сустава (дистальная бедренная и проксимальная большеберцовая кость)	2	2,4
Тип F – это переломы суставной поверхности, которая не заменена, а сформирована с помощью имплантата		
Эндопротезирование тазобедренного сустава	1	1,2

Оценка остеолита протеза после операций по замене суставов

Остеолитические поражения могут развиваться после тотального эндопротезирования тазобедренного или коленного сустава в результате биологической реакции на твердые частицы. Потеря костной ткани является

результатом резорбции остеокластов и может быть замечена на рентгенограммах в виде кистозных поражений или рентгенопрозрачных областей в непосредственной близости от бедренного и вертлужного компонентов. Остеолиз может быть связан с болью, особенно если потеря костной массы приводит к снижению механической поддержки компонентов протеза и к расшатыванию имплантата.

Осложнения в виде остеолита были отмечены у 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%), среди которых 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) были после эндопротезирования тазобедренного сустава и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) – после эндопротезирования коленного сустава.

Остеолитические поражения вертлужной впадины обычно развиваются вокруг купола или отверстий для винтов вертлужного компонента в непосредственной близости от края чашки, где мелкие фрагменты имеют тенденцию к миграции с опорной поверхности, что и наблюдалось у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) (Рисунок 16). Расположение и размер дефектов влияли на методы лечения. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) наблюдались медиальные дефекты вертлужной впадины, которые не нарушали костную опору по периферии чашки.

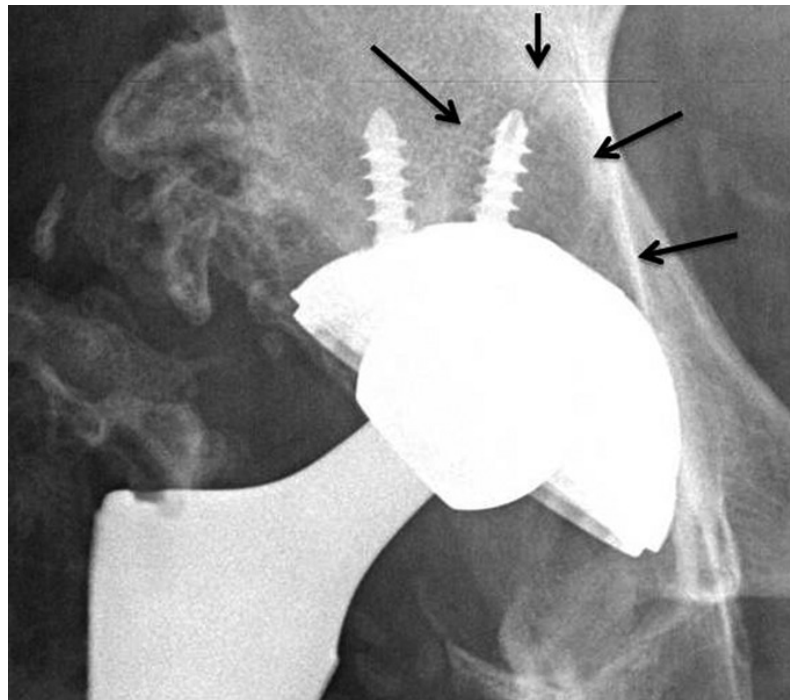


Рисунок 16 – Рентгенограмма тазобедренного сустава, прямая проекция. Отмечается остеолитическое поражение вокруг винта и отверстия в куполе (стрелки)

Выраженные дефекты вертлужной впадины, которые могут нарушить механическую поддержку вертлужного компонента в несущих зонах, наблюдались у 1 пациента (n = 1; 1,2 %). Поражения бедренной кости обычно возникают вблизи опорной поверхности вдоль большого вертела. Поражения вертела могут нарушить механическую целостность большого вертела, что приводит к перелому и потере функции отводящих мышц бедра. Прогрессирующий остеолит большого вертела, показанный на Рисунке 17, наблюдался у 1 пациента (n = 1; 1,2%). Ослабление кости является показанием для замены головки бедренной кости и вкладыша вертлужной впадины с костной пластикой. Если перелом большого вертела произошел без смещения – консервативное лечение может привести к заживлению.



Рисунок 17 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава, пациент Ж. 62 года, 6 месяцев после тотального эндопротезирования. У пациента отмечались жалобы на боковую боль в бедре и слабость абдуктора в результате вертельного остеолита и самопроизвольного перелома бедра

Остеолиз эндопротеза тазобедренного сустава наблюдался у 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%), среди которых 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) имели односторонний остеолиз тазобедренного сустава и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) имел двусторонний тазобедренный остеолиз (Рисунок 18).



Рисунок 18 – Рентгенограмма тазобедренных суставов, пациент Ж. 57 лет, выполненная через девять месяцев после операции – двустороннее тотальное эндопротезирование тазобедренных суставов. Отмечаются небольшие остеолитические поражения вертела (стрелки) с обеих сторон

3.1.3. Результаты рентгенографии у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года

Осложнения, обнаруженные через 1 год после операции: миграция компонентов, наблюдаемая у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), перелом протеза, наблюдаемый у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%), и укорочение конечности, наблюдаемое у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%). Рентгенография играет важную роль в диагностике осложнений: миграции компонентов и перелома протеза. Укорочение конечностей диагностируется исключительно с помощью МСКТ.

Оценка миграции компонентов после эндопротезирования сустава

Диагностические процедуры для проверки расшатывания имплантата при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава основаны на клинической ситуации и результатах рентгенологического наблюдения. Ранняя миграция имплантатов вертлужной впадины, как указание на отсутствие первичной стабильности, может привести к расшатыванию. Всего было отмечено 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) с осложнением миграции компонента. Все 3 пациента были после эндопротезирования тазобедренного сустава, у одного из пациентов смещение компонентов составляло более 10 мм (Рисунок 19). Для анализа миграции вертлужного и бедренного компонентов был использован DMA-метод («Дюссельдорфский анализ миграции»).



Рисунок 19 – Рентгенограмма тазобедренных суставов, двустороннее эндопротезирование тазобедренных суставов. Через 18 месяцев после операции пациент начал обращать внимание на укорочение конечности и боль в правом бедре, рентгенография показала миграцию правостороннего протеза более чем на 10 мм

По данным рентгенографии у 3 пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава наблюдалось изменение положения бедренного имплантата по сравнению с начальным послеоперационным периодом. Разница в 2,7 мм была выявлена у одного пациента. У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) миграция компонентов была связана с расшатыванием имплантатов. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) наблюдался остеолит с винтовой и чашечной локализацией. Ни один из пациентов не подвергался повторной операции, что свидетельствует об отсутствии отказа имплантата. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) миграция компонентов составила более 10 мм, $120^\circ \pm 7^\circ$, что считалось нормальным для вальгусно-варусного угла. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели угол более 127° и один пациент ($n = 1$; 1,2%) имел угол менее 114° .

Оценка перелома протеза после эндопротезирования сустава

У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) после эндопротезирования бедра диагностирован перелом протеза, в обоих случаях это перелом бедренной ножки. У одного пациента ($n = 1$; 1,2%) после перелома протеза возникла нестабильность тазобедренного сустава, что показано на Рисунке 20. Перелом протеза чаще всего происходит из-за неправильного выбора материала протеза и неправильного веса – баланс протеза, вес человека, а также размер и материал протеза должны быть совместимы.

У одного пациента наблюдался перелом дистальной ножки бедренного протеза (Рисунок 21), что не привело к нестабильности, однако была отмечена периостальная реакция на латеральной стороне правой бедренной кости.

Рентгеновский метод является оптимальным методом лучевой диагностики для проверки осложнений после операций по замене суставов, поскольку он доступен во всех клиниках, однако чувствительность данного метода для выявления осложнений составляет от 40 до 50%, в связи с чем далее будут представлены другие методы лучевой диагностики, в частности МСКТ.



Рисунок 20 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава, прямая проекция. Полный перелом шейки правостороннего протеза привел к нестабильности правого тазобедренного сустава. Пациенту была рекомендована повторная операция



Рисунок 21 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава, прямая проекция. При эндопротезировании правого тазобедренного сустава обнаружен перелом протеза дистального отдела бедренной ножки, не приводящий к нестабильности тазобедренного сустава

3.2. Результаты мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов после эндопротезирования суставов

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) в настоящее время является наиболее универсальным, наиболее распространенным и, вероятно, наиболее экономичным методом исследования суставов при замене суставов.

3.2.1. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев

Ранними осложнениями после операции эндопротезирования бедра или колена были абсцесс ($n = 5$; 6,1%), инфекция ($n = 6$; 7,3%), гематома ($n = 7$; 8,5%), нейропатия ($n = 4$; 4,9%) и вывих ($n = 15$; 18,3%). МСКТ могло использоваться только в случаях вывиха.

У 15 пациентов ($n = 15$; 18,3%) после эндопротезирования наблюдались вывихи. 8 пациентов ($n = 8$; 9,8%) перенесли эндопротезирование коленного сустава и 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%) – тазобедренного сустава. Из 7 пациентов 6 ($n = 6$; 7,3%) имели задний вывих, и только у одного пациента ($n = 1$; 1,2%) наблюдался передний вывих. Всем пациентам было выполнено одностороннее эндопротезирование тазобедренного сустава. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели склероз вертлужной впадины, 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) имели травму ягодичной мышцы из-за заднего вывиха эндопротеза тазобедренного сустава. У 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%) наблюдался наклон вертлужной впадины вверх, что привело к вывиху протеза головки бедренной кости. Нормальный вертлужный угол составляет 33–38°. 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) имели угол более 40°, что привело к заднему вывиху эндопротеза тазобедренного сустава. В 90% случаев рентгенография может диагностировать вывих, однако для исключения небольшого перелома вокруг протеза требуется трехмерная реконструкция вывиха.

У 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) из 8 наблюдался передний вывих коленного сустава, и у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) – задний вывих. Все пациенты были после одностороннего протезирования коленного сустава.

После переднего вывиха эндопротеза коленного сустава 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели перелом надколенника, 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) имели травму четырехглавой мышцы, 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) имели травму подколенного сухожилия. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) возник подколенный бурсит. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) возник тромбоз глубоких вен. У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) произошло выпадение стопы.

МСКТ при обычном сканировании может привести к появлению артефактов от протеза, поэтому программное обеспечение SEMAR использовалось для уменьшения металлических артефактов и получения более четкого изображения перипротезного аспекта, как показано на Рисунке 22.

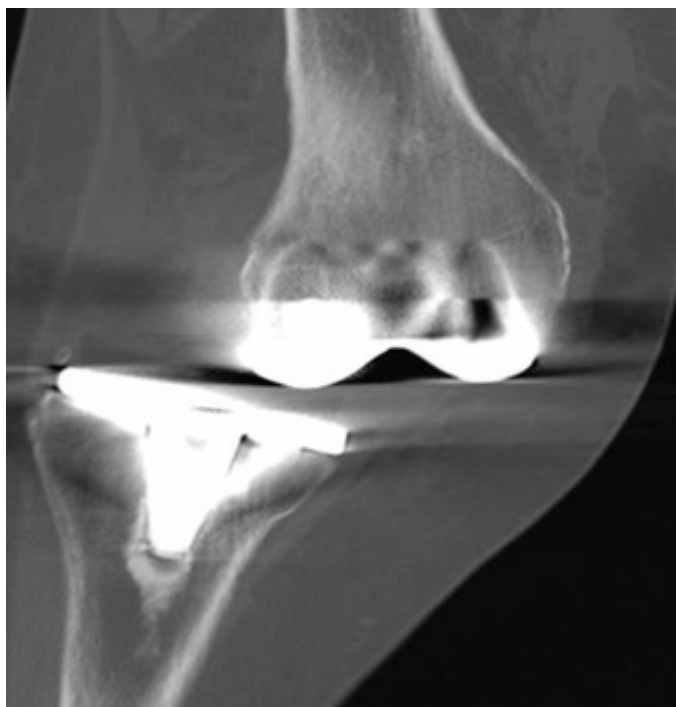


Рисунок 22 – МСКТ, восстановленное изображение, фронтальная реконструкция. Отмечается посттравматическое большеберцово-бедренное смещение всей системы колена

3.2.2. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года

Осложнениями в данный послеоперационный период стали перипротезные переломы, замеченные у 17 пациентов ($n = 17$; 2,1%); асептическое расшатывание у 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%); остеолиз у 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) и тромбоэмболия у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%). Тромбоэмболия и перипротезные переломы являются единственными осложнениями, при которых показана МСКТ.

3 пациента ($n = 3$; 3,7%) имели тромбоэмболию после эндопротезирования коленного сустава. Все 3 пациента жаловались на боль в груди в послеоперационный период от 2 месяцев до 1 года. После первоначальных клинической, лабораторной и рентгенологической оценок, в результате которых не было диагностировано ничего, была проведена компьютерная томография грудной клетки, вследствие которой был поставлен диагноз – венозная тромбоэмболия. Всем пациентам после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов с профилактической целью вводили гепарин и варфарин. У 3 пациентов развилась венозная тромбоэмболия. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) были после одностороннего эндопротезирования коленного сустава, и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) – после двустороннего эндопротезирования коленного сустава. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) сообщили, что в анамнезе не отмечалось приема послеоперационных назначений лекарства должным образом. 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) длительно спал на кровати и не двигал конечностью в соответствии с послеоперационными рекомендациями физиотерапевта. Результаты компьютерной томографии грудной клетки представлены на Рисунке 23. Часть легкого не снабжается кровью, поскольку сгусток закупоривает легочную вену, что влияет на аэрацию соответствующего конкретного поля легкого.

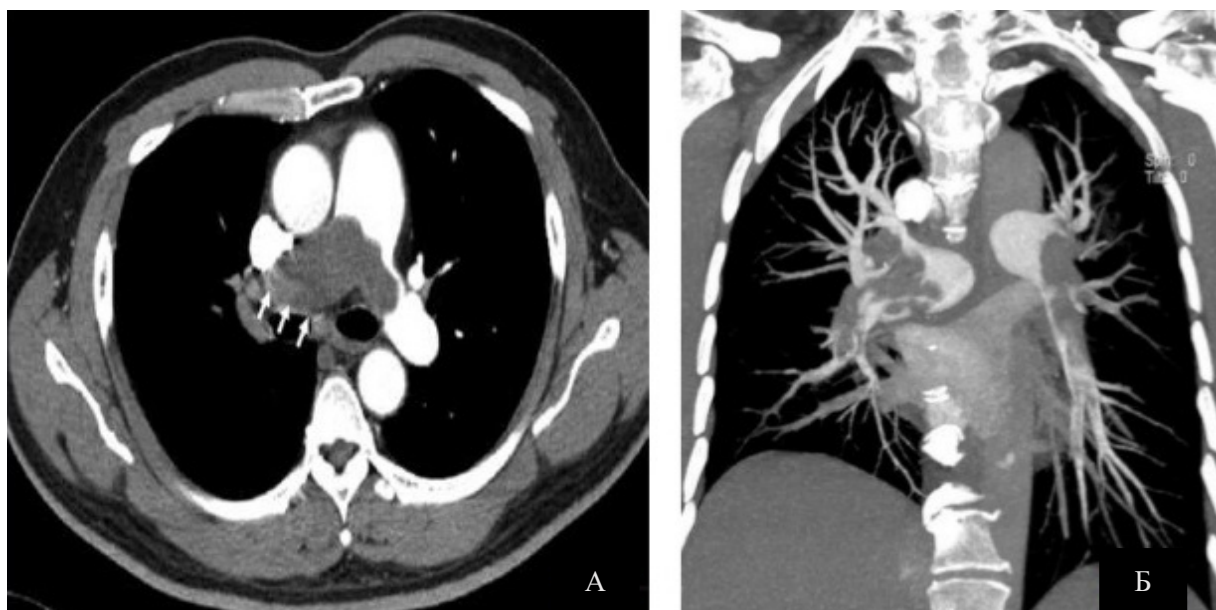


Рисунок 23 – МСКТ, МIP (А) аксиальная реконструкция, (Б) фронтальная реконструкция, двусторонняя легочная тромбоэмболия. Отмечаются массивные дефекты наполнения, отмеченные в легочных артериях с двух сторон, и почти полная облитерация правостороннего ствола легочной артерии (стрелки)

Перипротезные переломы легко диагностировались на рентгенограмме, однако у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) имелся оскольчатый перипротезный перелом проксимальной части после эндопротезирования коленного сустава и для улучшения визуализации данного перелома пациенту была проведена МСКТ (Рисунок 24). МСКТ в трехмерной реконструкции перелома позволила улучшить обзор. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) возникла сильная боль после перелома эндопротеза левого бедра. Первоначальная рентгенография не выявила значительной патологии, но из-за постоянной боли была назначена МСКТ, которая показала небольшой перелом за выпуклостью вертлужной впадины (Рисунок 25). МСКТ становится жизненно важным исследованием, когда рентгенография не позволяет поставить диагноз.

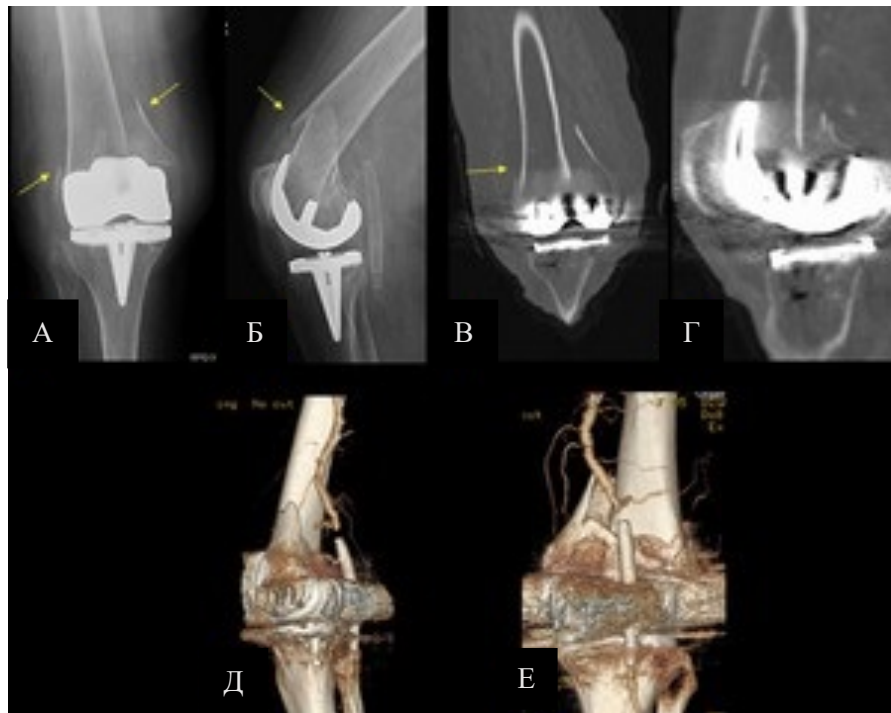


Рисунок 24 – Исследование коленного сустава. Представлен общий хирургический протез с заменой коленного сустава с помощью (А) и (Б) рентгеновского снимка правого колена с выявлением перелома бедра над протезом; (В) и (Г) компьютерная томография правого коленного сустава, подтверждающая перелом дистального отдела бедренной кости; (Д) и (Е) 3D-реконструкции коленного сустава с выявлением перелома дистальной части бедренной кости над протезом

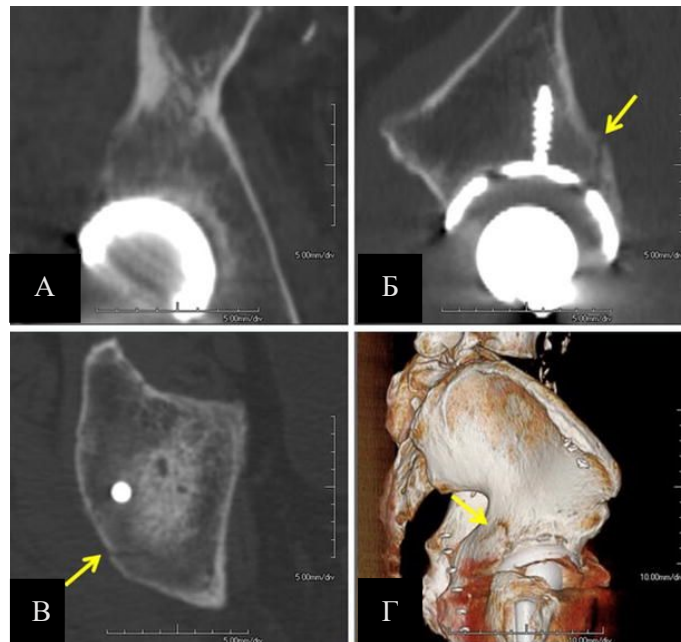


Рисунок 25 – КТ после полного эндопротезирования тазобедренного сустава выявляет перелом на верхнем крае вертлужной впадины, во фронтальной реконструкции (А), при виде сбоку (Б), отмечен стрелкой, и (В) в трехмерной реконструкции тазобедренного сустава подтверждение перипротезного перелома

3.2.3. Результаты МСКТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года

Осложнения, такие как миграция компонентов, наблюдались у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), перелом протеза – у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) и укорочение конечности у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%). МСКТ очень полезен при диагностике укорочения конечностей, так как дает очень точное измерение длины конечности.

Расхождение конечностей диагностировано у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%), 3 пациентам ($n = 3$; 3,7%) выполнено эндопротезирование тазобедренного сустава и 1 пациенту ($n = 1$; 1,2%) выполнено эндопротезирование коленного сустава.

Удлинение короткой нижней конечности может привести к поражению нервов. Это может быть проблемой, особенно у пациентов с врожденной короткой ногой или у взрослых с приобретенной деформацией. Важно задокументировать это несоответствие базовой длины конечностей. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели укорочение конечности на 3 мм, как показано на Рисунке 26. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) было укорочение конечности на 9 мм, а у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) – на 12 мм. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) наблюдался паралич малоберцового нерва и у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) – паралич седалищного нерва.

МСКТ имеет высокую чувствительность при таких осложнениях, как перипротезные переломы, асептическое расшатывание, укорочение конечностей, вывих, остеолит и тромбоэмболия легочных вен. Чувствительность данного метода составляет от 70 до 80%, что является лучшим показателем по сравнению с любым другим лучевым методом в различные послеоперационные периоды. Однако при определенных осложнениях, таких как инфекция, септическое расшатывание, невропатия, необходимо применение МРТ, что будет представлено в следующем разделе.



Рисунок 26 – КТ-топограмма. Длина конечности измеряется после эндопротезирования левого колена.
После операции обнаруживается разница в 3 мм

3.3. Результаты магнитно-резонансной томографии у пациентов после эндопротезирования суставов

Считается, что магнитно-резонансная томография (МРТ) имеет ограниченную пользу после артропластики из-за серьезной деградации изображения, вызванной металлическими компонентами. Однако с изменением последовательности импульсов можно достичь уменьшения артефактов (MARS) и улучшения визуализации перипротезных тканей, что в свою очередь позволяет проводить комплексную оценку суставных и несуставных патологий.

3.3.1. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев

В данном разделе будет представлено обсуждение одного из осложнений послеоперационного периода – невралгии, в диагностике которой важную роль играет МРТ.

У 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) после эндопротезирования была диагностирована инфекция. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) были после эндопротезирования тазобедренного сустава, и 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) – после эндопротезирования коленного сустава. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели поражение мягких тканей вокруг коленного сустава после операции. Все 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) жаловались на боль, первоначальные анализы крови указывали на инфицирование (повышение общего количества лейкоцитов). 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) были диагностированы на ранней стадии инфекции с помощью рентгенографии, однако 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) был диагностирован на поздней стадии с помощью МРТ и был отправлен на повторную операцию. Инфекция быстро диагностируется с помощью МРТ через последовательность STIR с применением параметра MARS для уменьшения количества артефактов. Интерфейс «кость – протез» – это важнейшее место, на которое нужно обращать внимание во время инфекции. 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) имели синовит тазобедренного сустава, и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) – синовит коленного сустава. Жар, озноб, покраснение и припухлость – частые жалобы, с которыми пациенты обращаются в больницу после эндопротезирования. Признаки инфекции при МРТ поясняются на Рисунке 27. У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) наблюдалось излияние гноя из области коленного сустава, что является очень патогномичным для инфекции. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) произошло вскрытие краев раны.

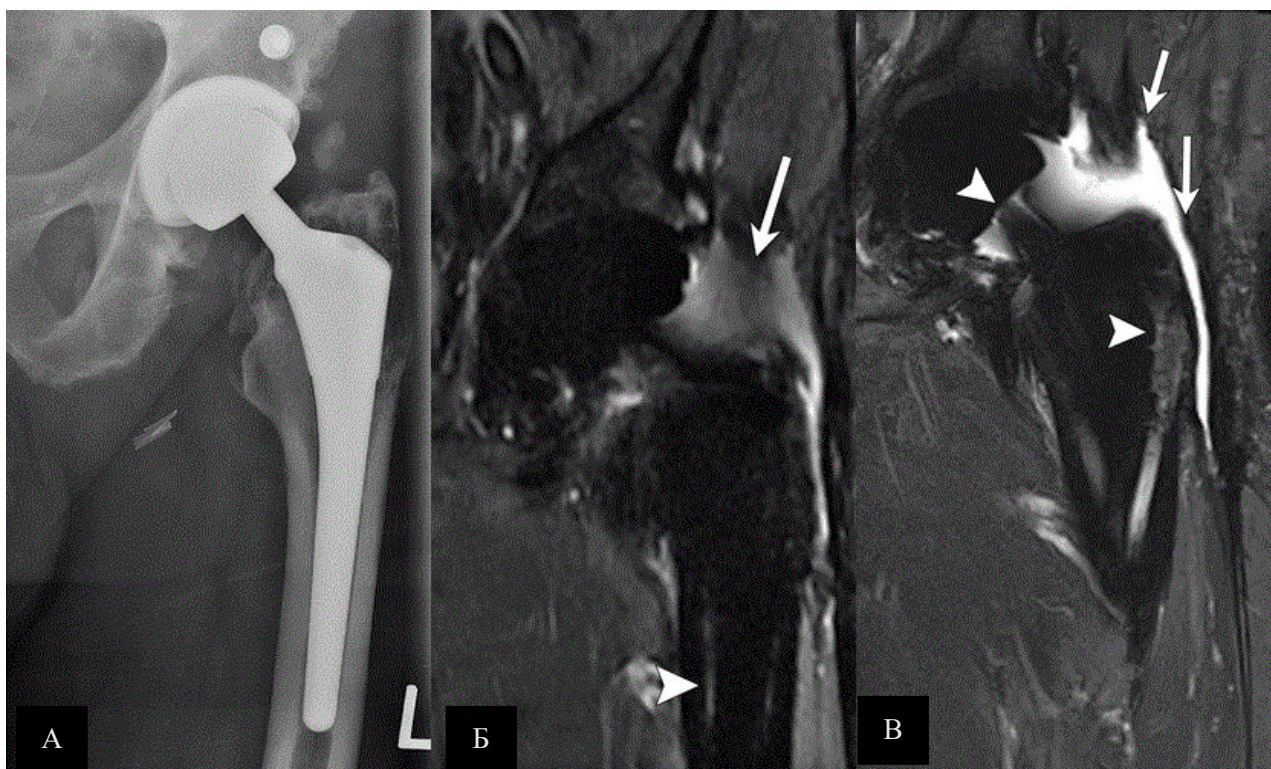


Рисунок 27 – А: Рентгенограмма левого тазобедренного сустава, состояние после эндопротезирования; признаков острого заболевания не отмечается.

Б, В: МРТ левого тазобедренного сустава 73-летнего пациента после тотального эндопротезирования (металл-на-металле). Б: корональная проекция STIR MR (без подавления металла) показывает небольшой выпот (стрелка) и сомнительную область высокой интенсивности сигнала на плохо видимой границе между костью и металлом (стрелка). В: Корональная проекция STIR MARS MR добавляет некоторую дополнительную информацию (стрелки)

Во время эндопротезирования бедра и колена могут возникнуть травмы нервов из-за компрессии, тракции, ишемии и / или пересечения. Всего у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%) была диагностирована нейропатия, среди них 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) после эндопротезирования тазобедренного сустава и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) после эндопротезирования коленного сустава. МРТ может диагностировать периферическую невропатию как осложнение с помощью программного обеспечения MARS и специальной конфигурации для визуализации нерва. Сдавливание влияет не только на структуру нерва, но и на его сосудистое снабжение. Это может происходить в предоперационном периоде при позиционировании пациента и драпировке, неправильном размещении ретрактора, процедурном вывихе бедра или колена или при развивающейся гематоме. Особое

внимание следует уделять латеральной стороне колена, так как общий малоберцовый нерв особенно подвержен травмам, что наблюдалось у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%). Травмы тракции или растяжения часто возникают при интраоперационных манипуляциях, например, при вывихе и сокращении бедра или при удлинении или латерализации конечности в результате эндопротезирования. Степень вытяжения, последствием которой может быть травма, зависит от нервов. В отличие от свободноподвижных нервов, нервы с большей фиксацией подвергаются наибольшему риску.

У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) была обнаружена дисфункция седалищного нерва, что показано на Рисунке 28. Компрессия, вызывающая ишемию, может возникнуть в результате положения пациента. Разрезание нерва или его разрыв обычно происходят в результате прямой травмы скальпелем, электрокоагулянтном, сверлом, винтами, имплантатом или другим оборудованием, включая швы, что наблюдали у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%). Риск пересечения наиболее высок для нервов с плотно упакованными пучками, таких как общий малоберцовый нерв, тогда как многофазиккулярные нервы с обильной соединительной тканью менее уязвимы. Костный цемент также может вызвать повреждение нервной системы в результате компрессионного и/или термического повреждения, поэтому вытекший костный цемент следует удалять. У 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) наблюдается слабость мышц стопы из-за повреждения седалищного нерва. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) снижена чувствительность ягодиц и задней поверхности колена. 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) потерял ощущение жара и холода.

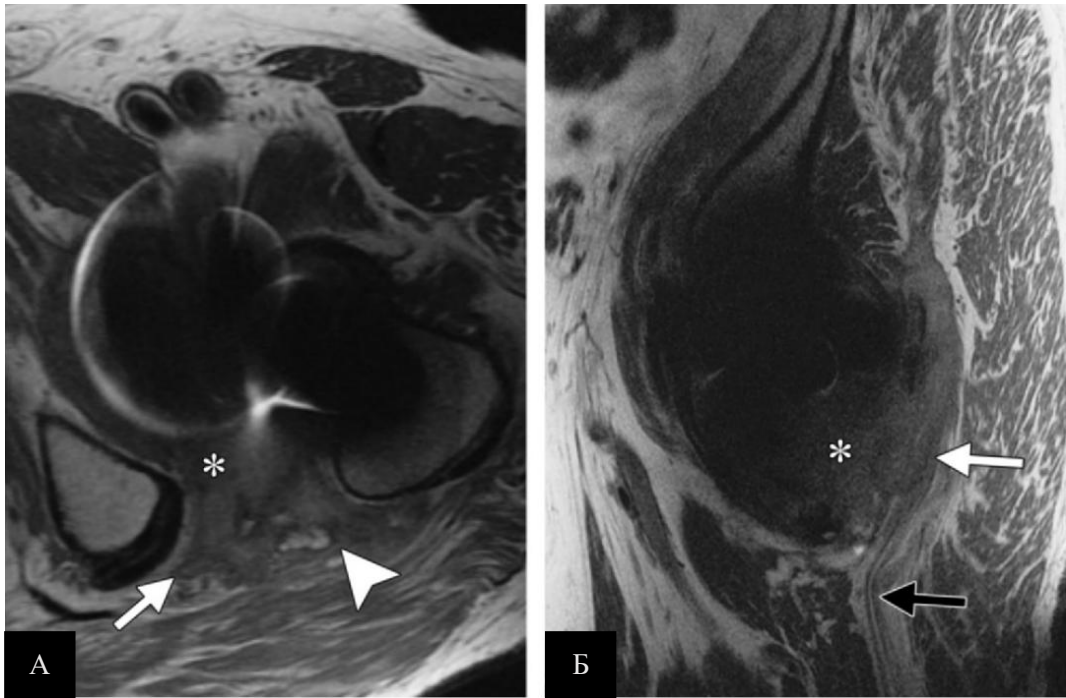


Рисунок 28 – МРТ. Неблагоприятная реакция тканей на металлические изделия с поражением седалищного нерва у 74-летней женщины. Осевое (А) и сагиттальное (Б) сканирование MARS со средней скоростью показывает солидный синовииит и разрушение задней капсулы и неполное покрытие седалищного нерва (белая стрелка), на котором видны утолщенные и гиперинтенсивные пучки по сравнению с непораженным сегментом ниже (черная стрелка), что свидетельствует о невропатии

3.3.2. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года

Осложнения от 2 месяцев до одного года включают переломы перипротеза, асептическое расшатывание, тромбоэмболию и остеолиз. МРТ – важный метод лучевой диагностики асептического расшатывания и остеолиза. Асептическое расшатывание было диагностировано у 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%), а остеолиз был диагностирован у 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%).

Было отмечено, что MARS-MRI тоже является достаточно точным методом. У 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%) с асептическим расшатыванием, из которых 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%) были после операции эндопротезирования бедра и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) после эндопротезирования коленного сустава, 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) после остеолиза, 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) после эндопротезирования

тазобедренного сустава и 1 пациент ($n = 1$; 1,2%) после эндопротезирования коленного сустава, была обнаружена неблагоприятная тканевая реакция, вызванная износом, и крайне чувствительна в количественной оценке перипротезного остеолита и асептического расшатывания.

Внешний вид бесцементных протезов более разнообразен на MARS – MRI. На основании исследования утолщение кортикального слоя, наблюдаемое у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%), можно увидеть в нормальном нецементированном протезе, а также в областях, относительно неподверженных нагрузке. Силы передаются через бедренную ножку, и защита от напряжения рассматривается как остеопороз проксимального отдела бедренной кости с истончением кортикального слоя и резорбцией кости шейки бедра. Это видно латерально на большом вертеле у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) и медиально, как и резорбцию калька, наблюдаемую у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%). Другие видимые особенности включают в себя образование опоры (уплотнение эндоста на кончике ножки), наблюдаемое у 4 пациентов ($n = 4$, 4,9%), гипертрофию калька, наблюдаемую у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), «точечные сварные швы» (эндостальные новообразования) и образование костной ткани, соединяющей кортикальную часть кости с протезом), что наблюдалось у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%).

Ослабление вертлужного компонента обычно проявляется в виде краниальной миграции чашки или наклона. Положение «капля слезы» можно использовать как точку отсчета. Что касается бедренной ножки, варусный наклон был отмечен у 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%), а грубое проседание – это характеристика расшатывания, которая может привести к поломке любых фиксирующих винтов, наблюдалось у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%), что показано на Рисунке 29. В случае бесцементной ножки раннее проседание ножки бедра указывает на то, что проблема изначально заключалась в недостаточном размере ножки. Износ полиэтилена может проявляться в виде эксцентричного положения головки бедренной кости в вертлужной чашке, как было у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%).

Помимо перипротезного остеолита, гранулематозные реакции, вторичные по отношению к продуктам износа, также могут приводить к образованию мягких

тканей – псевдоопухолью, как произошло у 1 пациента (n = 1; 1,2%). МРТ позволило определить протяженность мягких тканей, толщину синовиальной оболочки у 2 пациентов (n = 2; 2,4%) и объем псевдоопухоли.

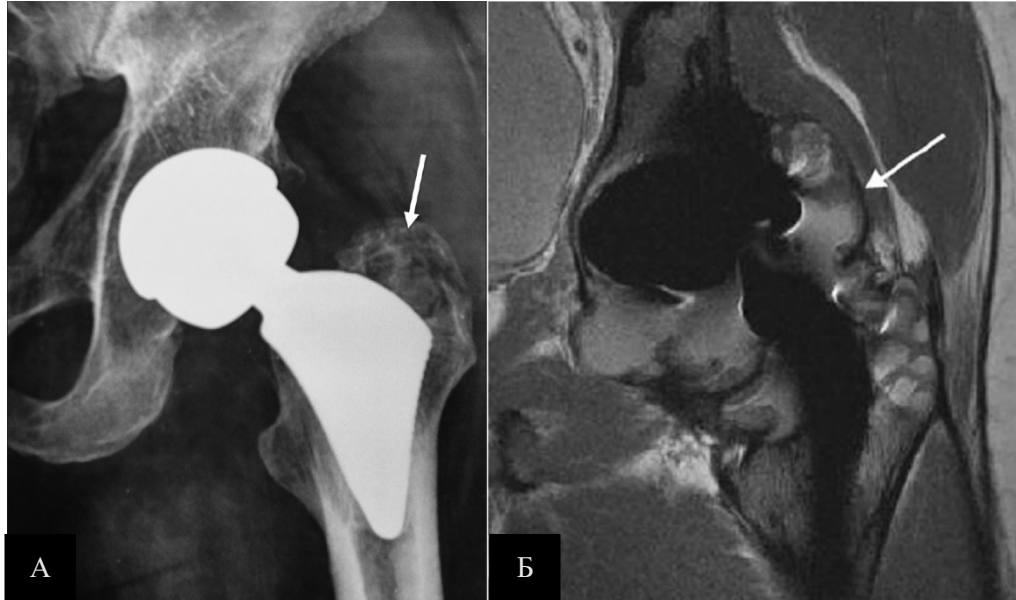


Рисунок 29 – А: рентгенограмма тазобедренного сустава. Тотальная артропластика тазобедренного сустава с левой стороны показывает остеолиз вокруг бедренного стержня, что приводит к ослаблению имплантата. Б: МРТ, остеолиз сопровождается псевдоопухолью (скопление жидкости в мягких тканях) вокруг большого вертела бедра

3.3.3. Результаты МРТ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года

Осложнениями через 1 год после операции являются миграция компонентов, перелом протеза и укорочение конечности. МРТ – очень важный метод диагностики миграции компонентов. Перелом протеза и укорочение конечности можно диагностировать с помощью рентгенографии и МСКТ, соответственно. Миграция компонентов была диагностирована у 3 пациентов (n = 3; 3,7%).

Наиболее явными признаками расшатывания бедренного протеза без цемента при МРТ являются прогрессирующая просадка (>10 мм), миграция вертлужной впадины или варусный наклон бедренной ножки, вместе известные как «миграция компонентов». Эти аномалии часто могут быть незамеченными без

рентгенологического вмешательства. Поэтому очевидна необходимость лучевой диагностики каждые 3 месяца. Факторы, оцениваемые при МРТ для оценки расшатывания вертлужной впадины, включают верхнюю миграцию (от вершины чашки до бугристости большеберцовой кости), наблюдаемую у 1 пациента (n = 1; 1,2%), что показано на Рисунке 30; медиальную миграцию (медиальную чашку в каплевидную каплю или другой медиальный ориентир), наблюдаемую у 1 пациента (n = 1; 1,2%) и боковой наклон, оцениваемый по измерению угла чашки относительно линии трансиллиального бугорка, что наблюдалось у 1 пациента (n = 1; 1,2%). Миграция компонентов наблюдалась у 3 пациентов (n = 3; 3,7%), все 3 пациента были после эндопротезирования бедра.



Рисунок 30 – МРТ. Левосторонний эндопротез бедра смещается вверх более чем на 10 мм, что приводит к дискомфорту и боли у пациента. Не отмечается явного поражения окружающих костей или мягких тканей

МРТ имеет высокую чувствительность (от 50 до 60%) при выявлении таких осложнений, как инфекция, септическое расшатывание, невропатия и остеолит. Единственный недостаток МРТ – артефакты от металлических имплантатов, которые искажают четкость изображений, поэтому данный метод имеет свои ограничения.

С целью применения наиболее оптимальных методов лучевой диагностики при различных послеоперационных осложнениях, нами был разработан лучевой алгоритм, который представлен в следующем разделе.

3.3.4. Лучевой алгоритм у пациентов после эндопротезирования с использованием рентгенографии, МСКТ и МРТ

У 21 пациента на послеоперационном этапе прогноз осложнений был проведен с использованием традиционных рентгенологических методов (рентген, МСКТ и МРТ). Был разработан план описания данных рентгеновского изображения, МСКТ, данных МРТ в послеоперационном периоде, что показано на Рисунке 31.

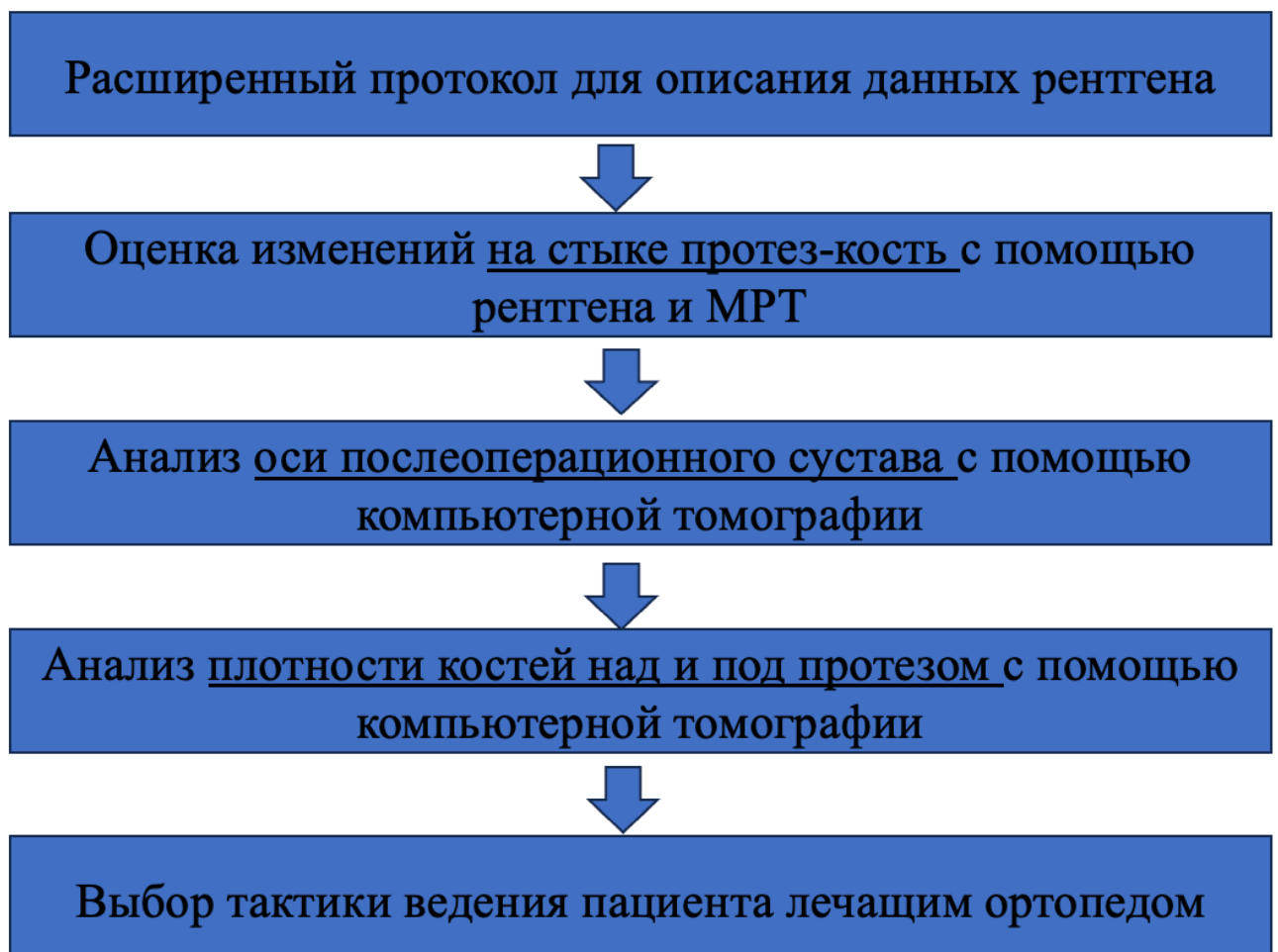


Рисунок 31 – План описания данных рентгенографии, МСКТ, МРТ в послеоперационном периоде

Оценка изменений на стыке протез - кость с помощью рентгена и МРТ

Прозрачность между протезом и границей раздела костей является важным параметром для оценки состояния здоровья пациента в послеоперационный период. Передний вид тазобедренного сустава и передний вид коленного сустава после эндопротезирования оценивали с помощью рентгенограмм. Последовательности T2W, T1W, STIR и PD использовались для тазобедренного и коленного суставов после эндопротезирования с помощью МРТ. На этом этапе был обследован 21 пациент (n = 21; 25,6%) после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов.

На рентгенограммах бедра AP оценивали конфигурацию протеза, прозрачность кости латерально, медиально, сверху и снизу протеза, угол между шейкой протеза и диафизом бедренной кости (нормальные значения угла $127 \pm 7^\circ$), также был проведен анализ зазора между протезом вертлужной впадины и колена (в норме $1 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), отмечалось наличие дегенеративно-дистрофических изменений.

На рентгенограммах коленного сустава оценивалась конфигурация протеза, прозрачность кости латерально, медиально, сверху и снизу колена и протеза большеберцовой кости, анализировался зазор между протезом колена и большеберцовой кости (нормальное значение составляет $1 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ на уровне мышечка), отмечалось наличие дегенеративно-дистрофических изменений. На боковых рентгенограммах коленного сустава после эндопротезирования оценивалась просветность передней и задней сторон бедренного протеза, передней и задней сторон большеберцового протеза (нормальные значения просвета, как описано выше, менее 2 мм).

Наличие или отсутствие дегенеративно-дистрофических изменений в протезах бедра и колена оценивали с помощью двух типов изменений на рентгенограммах: субхондрального склероза на границе протеза и кости и снижения плотности визуализированных костей над и под протезом.

МРТ бедра и колена оценивала конфигурацию интерфейса протез-кость с помощью программного обеспечения MAVRIC для уменьшения металлических

артефактов, последовательность STIR использовалась для анализа любого скопления жидкости на границе протез-кость, набухания мягких тканей вокруг протеза, отека вокруг протеза. Последовательность PD была использована для анализа гиалинового суставного хряща вокруг протеза. Механическое ослабление является наиболее частым показанием к повторной операции. Типы рентгенопрозрачности: физиологическая толщина менее 2 мм, хорошо выраженная, сопровождается параллельной радиоплотной линией и патологическая толщина более 2 мм, слабовыраженная, с отсутствующими радиоплотными линиями.

Хотя точные определения затухания могут варьироваться, тазобедренный или коленный сустав, вероятно, ослабнет, если на изображении видна рентгенопрозрачная область более 2 мм, которая может включать поверхность контакта протез / кость, поверхность раздела цемент / кость или цемент / протез. Интерфейс в зависимости от вида артропластики:

- интерфейс протез / кость (n = 6; 7,3 %) (показан на Рисунке 32);
- граница раздела цемент / кость (n = 3; 3,6%);
- граница раздела цемент / протез (n = 1; 1,2 %).

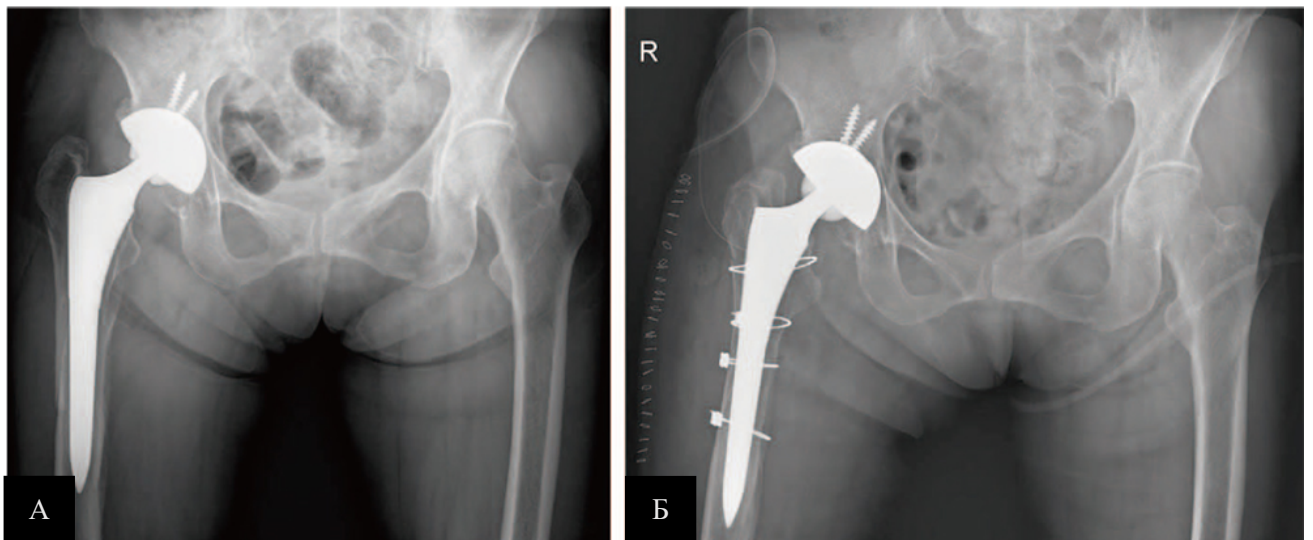


Рисунок 32 – Рентгенограммы тазобедренных суставов, прямая проекция, состояние после операции по замене правого тазобедренного сустава. Отмечается прозрачность более 2 мм на медиальной стороне бедренного протеза, что указывает на асептическое расшатывание (А) и на фиксацию с помощью проволоки (Б)

Для простоты измерения прозрачность более 2 мм на любом из вышеупомянутых интерфейсов, таких как контакт протез / кость, граница раздела цемент / кость или цемент / протез, считалась положительной, следовательно, всего 10 пациентов ($n = 10$; 12,2%) имели прозрачность более 2 мм, и 11 пациентов ($n = 11$; 13,4%) имели прозрачность менее 2 мм.

В послеоперационном периоде было установлено, что толщина просвета между костным веществом и протезом превышала 2 мм у 11 пациентов ($n = 11$; 13,4%), из которых 8 пациентов ($n = 8$; 9,8%) имели осложнение асептического расшатывания и 3 пациента ($n = 3$; 3,6%) имели осложнение остеолита, поэтому была обнаружена положительная корреляция между соединением кость-протез и осложнениями асептического расшатывания и остеолита.

Анализ оси сустава после операции с помощью компьютерной томографии

Стабильность протеза коленного сустава зависит от многих механических факторов, среди которых очень важна ось протеза, поскольку правильная ось протеза обеспечивает стабильность кости, протеза и всей конечности. Под наблюдением находился 21 пациент ($n = 21$; 25,6%): 11 пациентов ($n = 11$; 17,7%) с вывихом и 10 пациентов ($n = 10$; 16,1%) с перипротезными переломами. Была обнаружена положительная корреляция с этими осложнениями и осью коленного протеза, что описано ниже.

Правильное выравнивание колена считается одним из наиболее влиятельных факторов в определении долгосрочных результатов после операции по полной замене коленного сустава и снижает механические и сдвиговые напряжения, воздействующие на опорные поверхности, а также на границы кость/протез. По этому протоколу была проанализирована ось протеза коленного сустава, то есть была проведена прямая линия от центра головки бедренной кости до центра дистального отдела большеберцовой кости, что показано на Рисунке 33 А.

Было обнаружено, что у 8 пациентов ($n = 8$; 38,1%) с коленными протезами данная линия проходила на 2 мм медиальнее фактического места (центра), как показано на Рисунке 33 Б, у 7 пациентов ($n = 7$; 33,3%) линия проходила на 2 мм

латеральнее центра протеза, а у 6 пациентов ($n = 6$; 28,5%) линия проходила от центра протеза, как показано в Таблице 12.

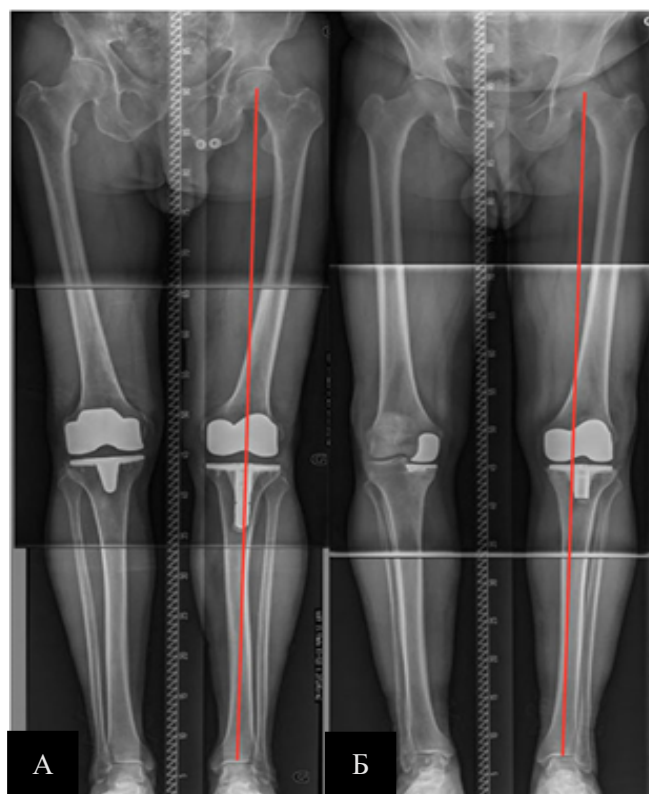


Рисунок 33 – Топограммы. Показана красная линия от центра бедренной кости до дистального отдела голеностопного сустава, которая проходит через центр эндопротеза левого коленного сустава (А) и 2 мм медиальнее эндопротеза левого коленного сустава (Б)

Таблица 12 – Распределение пациентов в зависимости от оси линии эндопротезирования бедренной кости

Количество пациентов	Увеличение или уменьшение угла оси протеза коленного сустава	
	Оценка оси медиальнее центральной линии на 2 мм	Оценка оси поперек центральной линии на 2 мм
8 пациентов (38,1%)	+	-
7 пациентов (33,3%)	-	+
6 пациентов (28,5%)	-	-

Аналогично продольной линии от бедренной кости до дистального отдела большеберцовой кости, углы рассчитывались с осью бедренной кости до горизонтального бедренного протеза полного эндопротеза коленного сустава (угол альфа), углом с осью большеберцовой кости к горизонтальному компоненту большеберцовой кости полного коленного протеза (угол бета). Аналогично на виде сбоку от оси большеберцовой кости к горизонтальному протезу большеберцовой кости (тета-угол) и от заднего бедренного протеза к оси бедренной кости (углом лямбда), что показано на Рисунке 34. Обычно ось кости и горизонтальная часть протеза должны быть перпендикулярны друг другу (90 градусов). Однако было обнаружено отклонение более чем на 3 градуса в обе стороны, то есть отклонение составляло менее 87 градусов или более 93 градусов, что связано с такими осложнениями, как вывих и перипротезный перелом, как показано в Таблице 13.

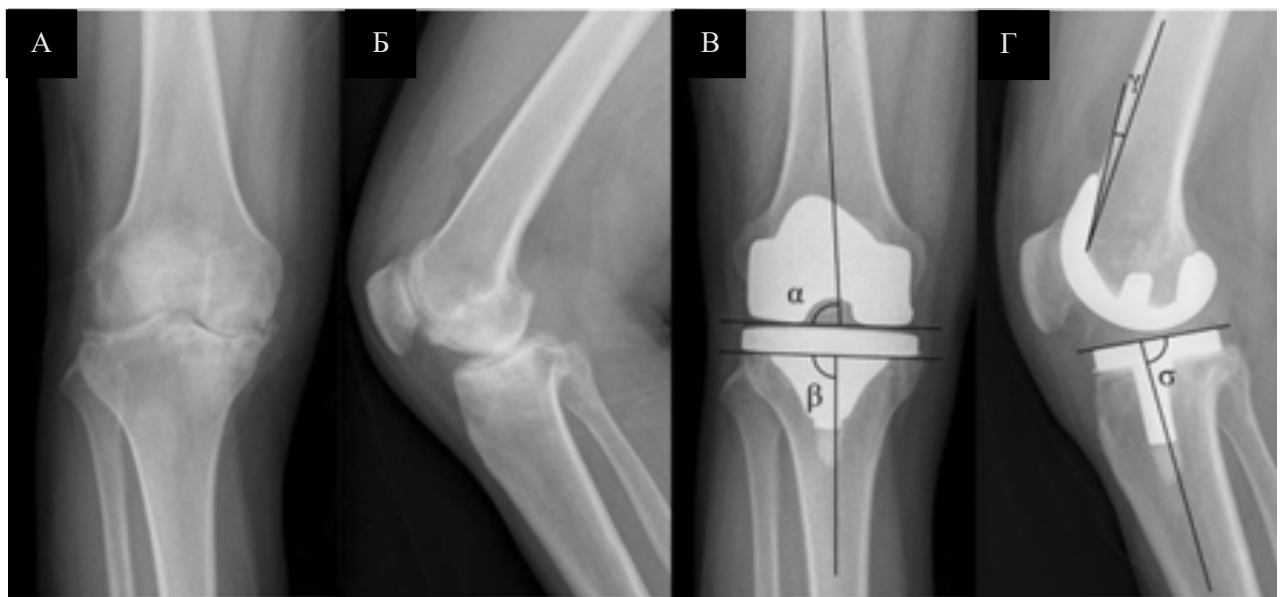


Рисунок 34 – Рентгенограммы коленных суставов. Показано дооперационное переднее положение (А) и вид сбоку (Б), а также послеоперационное вычисление угла альфа и угла бета на виде AP с осью бедренной кости и горизонтальным аспектом бедренного протеза (В), осью большеберцовой кости и горизонтальным протезом большеберцовой кости (В). Аналогично на боковом угле обзора тета и угле гамма с горизонтальным большеберцовым протезом с большеберцовой костью (Г) и задним бедренным протезом и осью бедра (Г)

Таблица 13 – Распределение пациентов в зависимости от оси угла эндопротеза бедренной кости

Количество пациентов	Увеличение или уменьшение угла оси протеза коленного сустава	
	Оценка оси меньше на 3 градуса	Оценка оси больше на 3 градуса
11 пациентов (52,3%)	+	-
6 пациентов (28,5%)	-	+
4 пациента (19,1%)	-	-

Таким образом, в общей сложности у 11 пациентов был диагностирован угол отклонения на 3 градуса меньше, чем положенный перпендикуляр в 90 градусов, и у 6 пациентов был диагностирован угол на 3 градуса больше, чем требуемый. Только у 4 пациентов в послеоперационном периоде угол составлял 90 градусов, необходимых для стабильности колена. Таким образом, у 21 пациента была обнаружена положительная корреляция между медиальным или латеральным и центральным протезом и отклонение более 3 градусов на AP или боковой проекции в любом из углов. В послеоперационном периоде было обнаружено, что у пациентов с эндопротезом коленного сустава линия продольной оси проходила либо на 2 мм медиальнее, либо латеральнее центрального протеза и отклонялась более чем на 3 градуса на AP или боковой проекции в любом из углов. 10 пациентов из 21 имели вероятность перипротезного перелома 47,6%, и 5 пациентов из 21 имели вероятность вывихов 23,8%.

Анализ минеральной плотности костей над и под протезом с помощью компьютерной томографии

На минеральную плотность костей могут влиять системные факторы, принимаемые лекарства, упражнения и механическая нагрузка. В этом исследовании анализировались протезы тазобедренного сустава. Плотность кости над и под протезом была проанализирована после эндопротезирования поэтапно.

Каждый отсек помечался следующим образом: R1 – отсек выше бедренной кости, R2 – отсек, расположенный латеральнее и медиальнее шейки бедренной кости, под ним находится отсек R3, а отсек R4 – это соединение костного протеза бедренной кости. Преимущество использования компьютерной томографии для оценки структуры кортикальной и губчатой кости является неоспоримым. Плотность костного мозга от 0,75 до 0,84 г/см² и оценка губчатой кости от 1,0 до 1,2 считались нормальным диапазоном в соответствии с международными стандартами. С помощью компьютерной томографии плотность костной ткани была рассчитана для отделов над и под протезом, что показано на Рисунке 35.



Рисунок 35 – МСКТ. Плотность костной ткани правостороннего эндопротеза тазобедренного сустава продемонстрирована в 4 различных типах эндопротезов с маркировкой отсеков R1, R2, R3 и R4

21 пациент (n = 21; 25,6%) был обследован на предмет плотности костной ткани. В результате было обнаружено, что 9 пациентов из 21 (n = 9; 42,8%) имели нормальную плотность костной ткани и губчатой кости, 11 пациентов (n = 11; 52,3%) имели оценку ниже нормы, и только у 1 пациента (n = 1; 4,7%) оценка была выше нормы, что показано в Таблице 14.

Таблица 14 – Распределение пациентов в зависимости от плотности кости над и под протезом

Количество пациентов	Плотность кости и оценка губчатой кости вокруг протеза	
	Плотность костного мозга более 0,75–0,84 г/см ² и оценка губчатой кости более 1,0–1,2	Плотность костного мозга менее 0,75–0,84 г/см ² и оценка губчатой кости менее 1,0–1,2
9 пациентов (42,8%)	-	-
11 пациентов (52,3%)	-	+
1 пациент (4,7%)	+	-

Исследование показало, что осложнение асептического расшатывания (расшатывание протеза без инфекции) возникло у 5 пациентов ($n = 5$; 23,8%) с более низкими, чем обычно, значениями плотности костной ткани и с миграцией компонентов протеза (смещение протеза вверх). У 4 пациентов ($n = 4$; 19,1%) со значением плотности костной ткани ниже нормального наблюдалось иное осложнение – укорочение конечности.

Осложнения

Процент осложнений представлен на Рисунке 36. Оценка изменений на стыке протез / кость с помощью рентгена и МРТ приводит к следующим результатам: асептическое разрыхление (35,3%) и остеолиз (23,7%). Анализ оси послеоперационного сустава с помощью компьютерной томографии приводит к результатам: перипротезный перелом (40,7%) и вывих (34,5%). Анализ плотности костей над и под протезом с помощью компьютерной томографии приводит к результатам: асептическое разрыхление (34,7%), миграция компонентов (26,7%) и укорочение конечности (27,1%).



Рисунок 36 – Оценка изменений на стыке протез / кость с помощью рентгена и МРТ

Другим важным лучевым методом, который также применяется во всех клиниках, является ультразвуковое исследование, что представлено в следующем разделе.

3.4. Результаты ультразвукового исследования у пациентов после эндопротезирования суставов

Ультразвуковое исследование (УЗИ) не рекомендуется в качестве первоочередного обследования для оценки перипротезных костных осложнений из-за глубокого расположения протеза бедра и колена и неспособности звука проникнуть в кость или металл. Однако ультразвуковое исследование по-прежнему играет важную роль в выявлении скоплений перипротезной жидкости и наличия пазух мягких тканей. Он также имеет дополнительное преимущество, позволяя осуществить непосредственный контакт датчика с кожей, что может помочь локализовать боль или болезненность в анатомическом месте. Ультразвуковое исследование также можно использовать для направленной аспирации жидкости с целью выявления инфекции и визуализации окружающих мягких тканей и бурсы.

3.4.1. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде до 2 месяцев

Осложнениями в период до 2 месяцев после эндопротезирования, при которых УЗИ играет важную роль, являются гематома и абсцесс. Гематома наблюдалась у 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%), из которых 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) были после эндопротезирования бедра и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) – после эндопротезирования коленного сустава. Абсцессы наблюдались у 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%), из которых 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) были после эндопротезирования тазобедренного сустава и 2 пациента ($n = 2$; 2,4%) – после эндопротезирования коленного сустава. Абсцессы были обнаружены в латеральной части тазобедренного сустава у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%), как показано на Рисунке 37, и латеральной части коленного сустава у 1 пациента ($n = 1$; 1,2%). Объем абсцесса определяет последующее необходимое лечение, которому необходимо следовать. 4 пациента ($n = 4$; 4,9%) имели объем более 10 см^3 , и всем этим пациентам была проведена немедленная аспирация абсцесса с последующим приемом антибиотиков. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) был выявлен глубокий абсцесс около эндопротеза тазобедренного сустава, и в этом случае для диагностики абсцесса использовалась МРТ. Объем составлял 6 см^3 , и только прием антибиотиков имел положительный эффект. Абсцесс является прямым признаком инфекции в мягких тканях, окружающих эндопротез, с ним следует обращаться очень осторожно и начинать лечение как можно раньше. У 1 пациента ($n = 1$; 1,2%) наблюдался абсцесс на латеральной стороне коленного сустава рядом с винтами, диагностированный с помощью УЗИ с доплером. Его немедленно дренировали, после чего была начата антибактериальная терапия

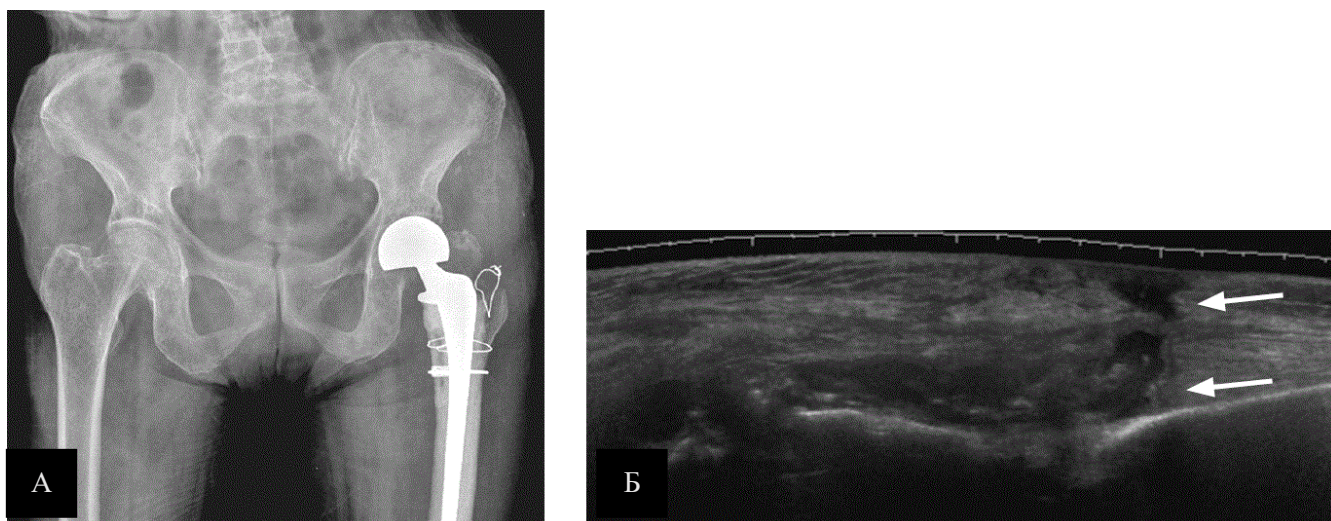


Рисунок 37 – 74-летняя женщина с инфекцией через 10 месяцев после гемиартропластики. А: на рентгенограмме показана гемиартропластика левого бедра с отеком мягких тканей. Б: сонограмма проксимального отдела бедренной кости показывает субпериостальное гипоэхогенное повреждение и безэховый абсцесс, содержащий инородные тела (стрелки)

Аномалии мягких тканей, такие как большой вертельный бурсит, наблюдались у 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%). Другие скопления жидкости, тендинопатии, включая импинджмент подвздошно-поясничной мышцы, а также неблагоприятные местные тканевые реакции, вторичные по отношению к металлу на металлических имплантатах, могут проявляться в виде болезненных ощущений в бедре. Ишио-ягодичный бурсит наблюдался у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), как показано на Рисунке 38, где приведен исходный рентгеновский снимок, который не смог диагностировать какие-либо отклонения, с последующим МРТ, который диагностировал ишио-ягодичный бурсит, однако для этого использовалось ультразвуковое исследование. После точного определения местонахождения бурсита в бурсу под контролем УЗИ была сделана инъекция стероидов.

Большой вертелный бурсит может возникнуть после операции по эндопротезированию бедра, однако он относительно неопасен и легко поддается лечению по сравнению с другими вышеупомянутыми осложнениями. Он может проявляться в виде боли в боковой части бедра, в результате разрыва или тендиноза ягодичных мышц, что наблюдалось у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%). Использование ультразвука при этих осложнениях позволило визуализировать скопления

жидкости. Инъекции под контролем УЗИ были сделаны 4 пациентам ($n = 4$; 4,9%) для облегчения симптомов.

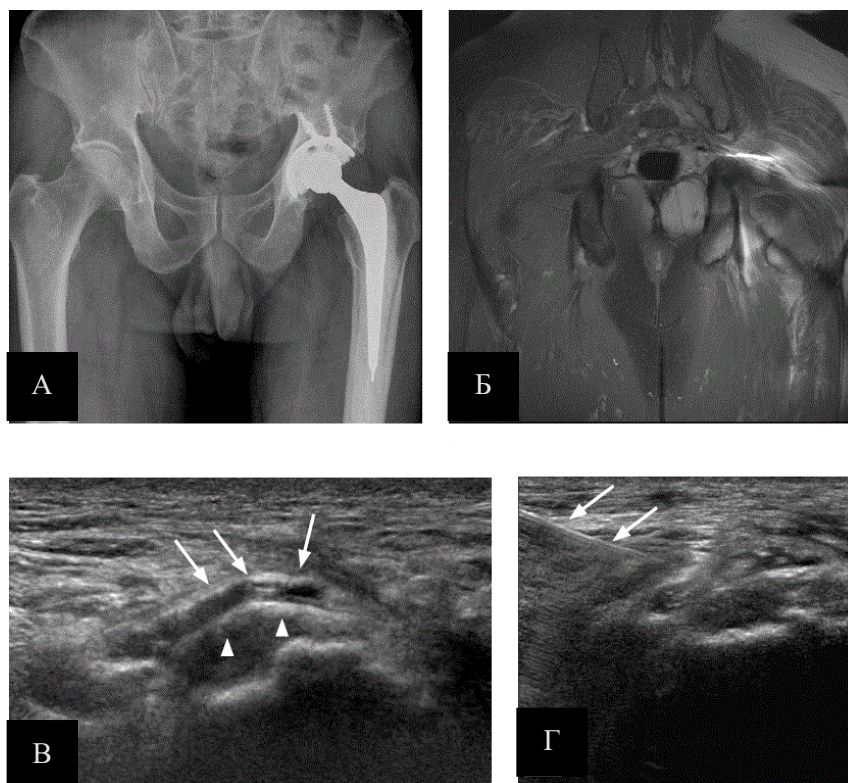


Рисунок 38 – 69-летний мужчина с болью в левой ягодице после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. А: рентгенограмма показывает полную арthroпластику бедра без определенной аномалии. Б: магнитно-резонансное изображение показывает плохое разграничение структур из-за артефакта. В: сонограмма показывает скопление безэховой жидкости (стрелки) сразу после седалищного бугра (стрелки), что указывает на ишиоглутеальный бурсит – Г.

В данной ситуации показана инъекция стероидов (стрелки) в бурсу под УЗ-контролем

Падение сухожилия подвздошно-поясничной мышцы, наблюдаемое у 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%), также является возможной причиной стойкой боли в бедре после эндопротезирования. В большинстве случаев это происходит в результате трения между сухожилием и слишком большой или неправильно расположенной вертлужной впадиной. Ультразвук часто используется в качестве предпочтительного метода визуализации при подозрении на патологию сухожилий, поскольку он позволяет динамически оценить сустав и решить вопрос об использовании инъекции стероидов под контролем УЗИ всем 3 пациентам ($n = 3$; 3,7%) для краткосрочного наблюдения и симптоматического облегчения.

Важной аномалией мягких тканей, которую необходимо идентифицировать, являются неблагоприятные реакции мягких тканей, которые могут возникнуть в результате эндопротезирования бедра «металл на металле». Неблагоприятные реакции мягких тканей вызваны воспалительной реакцией на мелкие металлические осколки, создаваемые металлом на металлической несущей поверхности. Этот воспалительный ответ может привести к образованию разрастания мягкой ткани бурсальной сумки, известному как псевдоопухоль, генерализованному синовиту и к повреждению тканей, что наблюдалось у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%). Эти реакции могут впоследствии вызвать разрушение окружающих мягких тканей, сустава и капсулы, поэтому ранняя диагностика крайне важна для своевременной повторной операции.

Ультразвук является ключом к диагностике нежелательной реакции мягких тканей, поскольку исследования показывают слабую корреляцию между наличием симптомов и изменениями в анализах крови.

3.4.2. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года

Осложнениями в период от 2 месяцев до 1 года являются перелом перипротеза, асептическое расшатывание, тромбоэмболия и остеолит. Ультразвуковое исследование не играет жизненно важной роли ни при одном из вышеупомянутых осложнений, за исключением разрыва перипротезных мышечных сухожилий, которое наблюдалось у 2 пациентов ($n = 2$; 2,4%) после эндопротезирования коленного сустава с перипротезным переломом.

3.4.3. Результаты УЗИ у пациентов после эндопротезирования суставов в послеоперационном периоде более 1 года

Осложнениями через 1 год являются миграция компонентов, перелом протеза и укорочение конечности. Ультразвуковое исследование не играет

решающей роли ни при одном из вышеупомянутых осложнений. Только первоначальная оценка может быть дана с помощью ультразвука в соответствии с алгоритмом, чтобы исключить любую патологию мягких тканей вокруг протеза.

Ультразвуковое исследование не информативно при обнаружении серьезных осложнений после операций по замене суставов, однако данный метод помогает диагностировать абсцесс и гематому. Чувствительность ультразвукового исследования была ниже (от 10 до 30%) по сравнению с МСКТ и МРТ, поэтому УЗИ следует использовать только при обнаружении поверхностных осложнений.

Далее было проанализировано несколько передовых методов лучевой диагностики для выявления или прогнозирования осложнений после операции по замене сустава, что представлено в следующем разделе.

3.4.4. Лучевой алгоритм у пациентов после эндопротезирования с использованием УЗИ, количественной КТ, МРТ высокого разрешения и МР-спектроскопии

У 52 пациентов на послеоперационном этапе для прогнозирования осложнений после операции использовались низкочастотный ультразвук, количественная КТ и МРТ высокого разрешения (3 тесла) для оценки структуры кости, что показано на Рисунке 39. 15 пациентам было выполнено низкочастотное ультразвуковое исследование, 16 пациентам – количественная компьютерная томография, 21 пациенту – МРТ высокого разрешения, в том числе 10 пациентам – с помощью МР-спектроскопии. Целью разработки алгоритма являлось прогнозирование осложнений или обнаружение осложнений на самой ранней стадии с целью предотвращения повторной операции.



Рисунок 39 – Прогнозирование осложнений после операции с использованием радиологических методов. План состоит в том, что пациент приходит на регулярный контрольный осмотр после операции по эндопротезированию сустава, проводится первичное клиническое обследование и даётся лабораторная оценка. Может быть проведена оценка одного или двух из четырех данных лучевых методов в зависимости от опыта ортопедов и возраста пациента

Низкочастотное ультразвуковое исследование

15 пациентам ($n = 15$; 18,3%) проводилось УЗИ низкой частоты. Низкочастотный ультразвук вызвал интерес в качестве альтернативного метода рентгеновской визуализации для измерения состояния костей. Существует ряд различных методов, которые использовались для оценки состояния костей и оценки риска переломов. Преимущества ультразвука – это относительно низкая стоимость и портативная техника без ионизирующего излучения. Аппарат, используемый для измерения плотности костной ткани с помощью низкочастотного ультразвука, показан на Рисунке 40.



Рисунок 40 – Низкочастотный ультразвуковой аппарат, показывающий размещение стопы в тренажере и способ вычисления плотности кости на уровне пяточной кости

Было замечено, что метод низкочастотной осевой передачи для оценки свойств кортикальной кости отражает плотность кости и толщину кортикального слоя. Оценка показала, что снижение скорости ультразвука, измеренной на пяточной кости, связано с повышенным риском перелома бедра у пожилых женщин. Низкочастотное ультразвуковое исследование имеет два основных параметра: скорость звука (VOS) и затухание широкополосного ультразвука (BUA). Нормальные значения составляют 1,69 (95% ДИ: 1,43–2,00) BUA и 1,96 (95% ДИ: 1,64–2,34) VOS. У 5 пациентов ($n = 5$; 6,1%) с осложнением остеолита скорость звука и значение ослабления широкополосного звука были меньше: 1,01 и 1,12, соответственно. У 4 пациентов ($n = 4$; 4,9%) с осложнением перелома перипротеза значения скорости звука и широкополосного затухания были меньше: 1,14 и 1,22, соответственно. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) с осложнением асептического расшатывания скорость звука и значение затухания широкополосной связи были меньше: 1,31 и 1,52, соответственно. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) с осложнением вывиха скорость звука и значение ослабления широкополосного звука были меньше: 1,48 и 1,67, соответственно. Положительная корреляция была обнаружена между 1 стандартным отклонением ниже нормы и осложнениями остеолита у 50,2% пациентов, перипротезными переломами у 60,1% пациентов, асептическим расшатыванием у 38,7% пациентов и вывихами у 22,1% пациентов.

Диагностическая эффективность низкочастотного ультразвука показана на Рисунке 41.

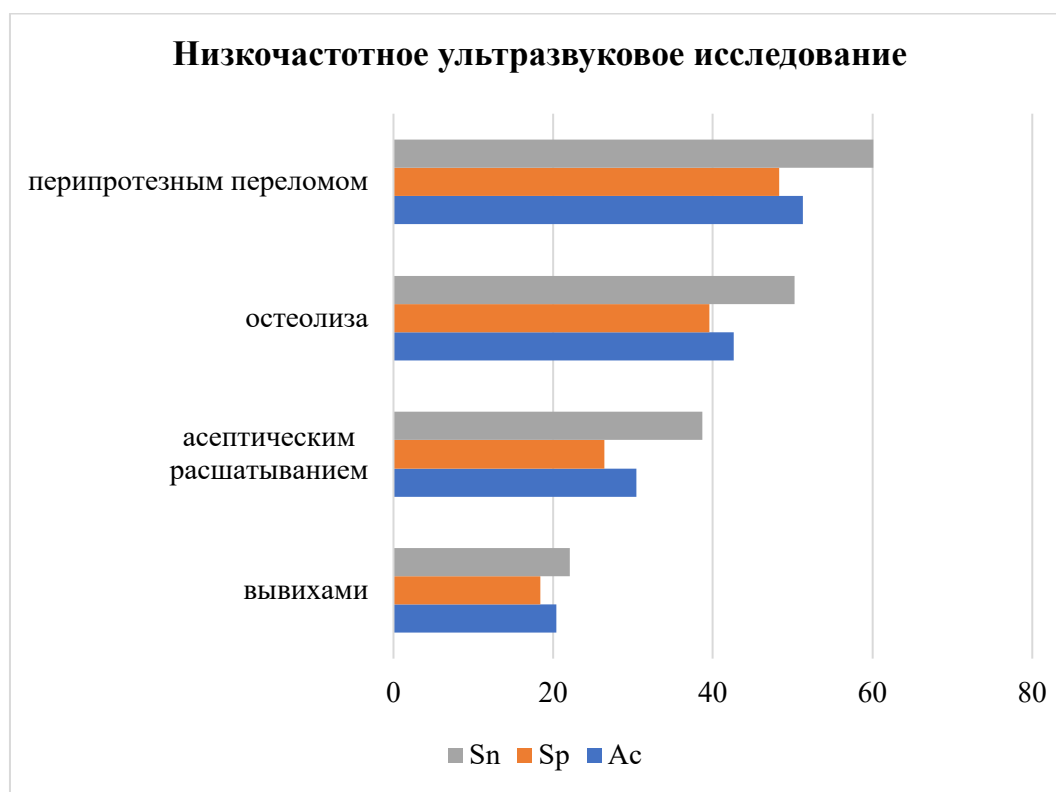


Рисунок 41 – Диагностическая эффективность (чувствительность, специфичность и точность) низкочастотного ультразвука при различных осложнениях, таких как остеолиз, асептическое расшатывание, вывих и перипротезный перелом

Он имеет наивысшую чувствительность при перипротезных переломах, которая составляет около 60,1%, следовательно, используя данный лучевой метод с параметрами, описанными выше, мы можем спрогнозировать осложнение перипротезного перелома и избежать его. Хирург-ортопед может использовать протез с длинной ножкой.

Количественная КТ

Количественная компьютерная томография (QCT) при визуализации костей – это метод измерения минеральной плотности костной ткани (МПК), при котором КТ-сканер калибруется с использованием твердых фантомов (изготовленных из гидроксиапатита кальция, представляющих различную минеральную плотность костной ткани), помещаемых под пациентом в подушечке. С помощью этой

калибровки единицы Хаунсфилда преобразуются в значения минеральной плотности кости. Этот метод можно использовать как для периферических, так и для центральных измерений МПК, при этом предпочтительными являются поясничный отдел позвоночника и бедро. 16 пациентов ($n = 16$; 19,5%) прошли количественную компьютерную томографию, и необходимая информация была получена после оценки КТ.

Количественная компьютерная томография обеспечивает трехмерные объемные измерения, позволяющие проводить более сложный анализ параметров кортикальной и трабекулярной кости, визуализировать трабекулярную структуру, проводить измерения $vBMD$ и $aBMD$ на основе компьютерной томографии, а также использовать анализ конечных элементов (FEA) для моделирования биомеханических характеристик и прочности костей. Пороговое значение или нормальный диапазон прочности позвоночника составляет 4000 Н для женщин и 6500 Н для мужчин на основе оценки СТ-Т -2,5 и СТ на основе $vBMD$ 80 мг/см³ в соответствии с международными стандартами.

6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) с осложнением перипротезного перелома имели прочность позвоночника менее 3000 Н для женщин ($n = 4$; 4,8%) и менее 4000 Н для мужчин ($n = 2$; 2,4%), как показано на Рисунке 42. 4 пациента ($n = 4$; 4,8%) с осложнением укорочения конечности имели значение $vBMD$ менее 60 мг/см³. 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) с миграцией компонентов и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) с асептическим расшатыванием имели показатель СТ-Т -3,5.

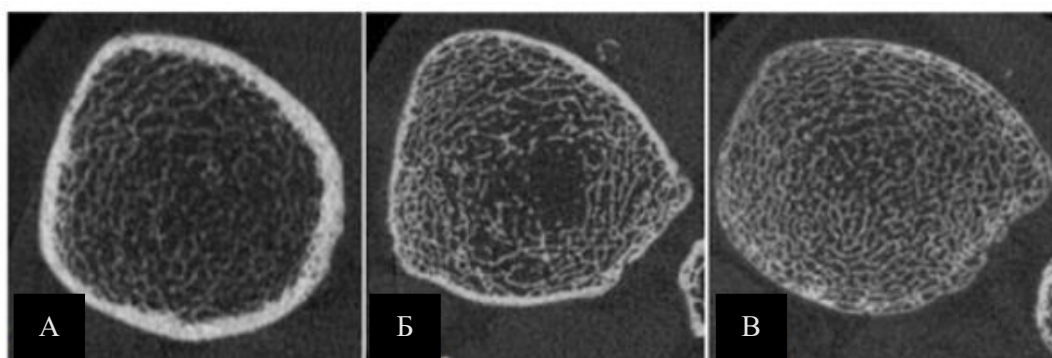


Рисунок 42 – Количественная КТ показывает нормальный костный паттерн в точке (А), прочность позвоночника менее 3000 Н для женщин (Б) и менее 4000 Н для мужчин (В)

Диагностическая эффективность количественной КТ показана на Рисунке 43. Было обнаружено, что перипротезный перелом и миграция компонентов имеют более сильную взаимосвязь между параметрами менее 4000 Н для мужчин и менее 3000 Н для женщин, значением $vBMD$ менее 60 мг/см^3 и СТ-Т оценка -3,5. Чувствительность к осложнениям, таким как перипротезный перелом, составила 60,3%, миграция компонентов – 45,2%, укорочение конечности – 32,3% и асептическое расшатывание – 24,2% при вышеуказанных параметрах.

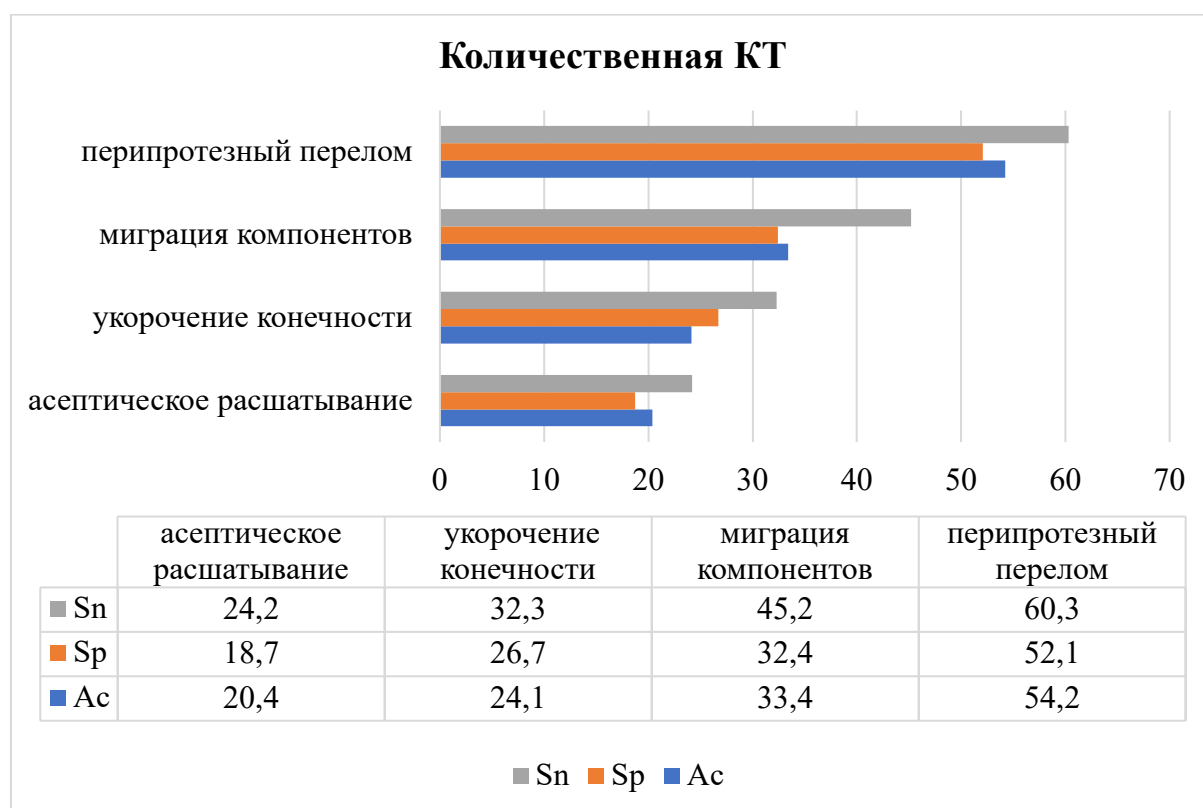


Рисунок 43 – Диагностическая эффективность (чувствительность, специфичность и точность) количественной компьютерной томографии при различных осложнениях, таких как укорочение конечности, миграция компонента, асептическое расшатывание и перипротезный перелом

МРТ высокого разрешения

МРТ с высоким разрешением показывает преобладание большего количества ламеллярных трабекул, более высокое отношение поверхности к изгибу с более неповрежденной микроструктурой кости. Жир костного мозга может быть поражен в результате остеопороза и хирургического вмешательства после артропластики.

Средний коэффициент вариации жировой фракции костного мозга позвоночника при спектроскопии составил 1,7%. Содержание позвоночного жира значительно увеличивается при остеопорозе по сравнению с остеопенией или нормальной плотностью костей, что измеряется по более высоким фракциям жира на MRS и более низкому ADC на диффузионно-взвешенной MR. МРТ с количественным химическим сдвигом Dixon (QCSI) может использоваться для измерения содержания жира в костном мозге, и это измерение не зависит от DXA-BMD.

21 пациенту (n = 21; 25,6%) была выполнена МРТ высокого разрешения (3 тесла). Преимущества МРТ высокого разрешения описаны выше. 10 пациентов (n = 10; 12,2%) из 21 также прошли МР-спектроскопию. Плотность костного мозга рассчитывается с использованием значения пикселя МРТ, значения от 0,5 до 1,5 считаются нормой. 9 пациентов (n = 9; 10,9%) имели значение пикселя менее 0,5. Основная цель МРТ высокого разрешения – раннее обнаружение серьезных осложнений, таких как инфекция. Было обнаружено, что МРТ имеет высокую чувствительность при подозрении на инфекцию. У 2 пациентов (n = 2; 2,4%) МРТ и КТ сравнивались, как показано на Рисунке 44.

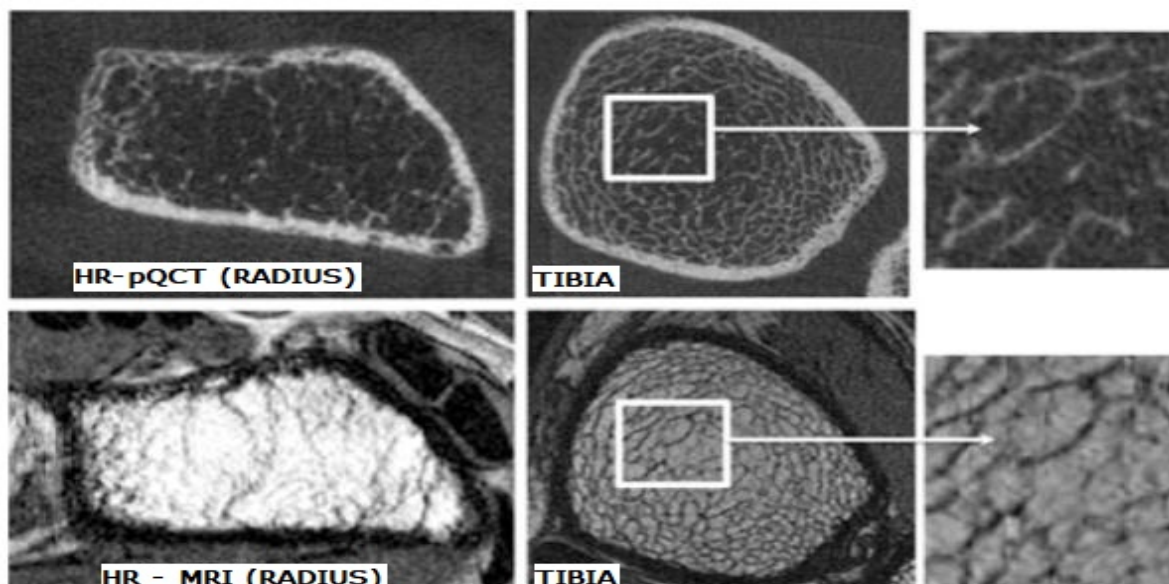


Рисунок 44 – МРТ с высоким разрешением, показывающая четкий трабекулярный паттерн кости в лучевой и большеберцовой областях, что упрощает диагностику остеопороза и остеопении

Было обнаружено, что МР-спектроскопия очень эффективна для определения содержания жира в костном мозге, которое обычно увеличивается у пожилых пациентов с остеопорозом. Повышенное содержание жира также означает, что у таких пациентов может быть повышена вероятность жировой эмболии. 10 пациентам ($n = 10$; 12,2%) была выполнена МР-спектроскопия. Средний коэффициент вариации жировой фракции костного мозга позвоночника при спектроскопии составил 1,7% от нормы. У 7 пациентов ($n = 7$; 8,5%) жирная фракция была выше 3,2% с осложнением асептического разрыхления. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) с осложнением тромбоэмболии жировая фракция составляла более 4,5%, как показано на Рисунке 45.

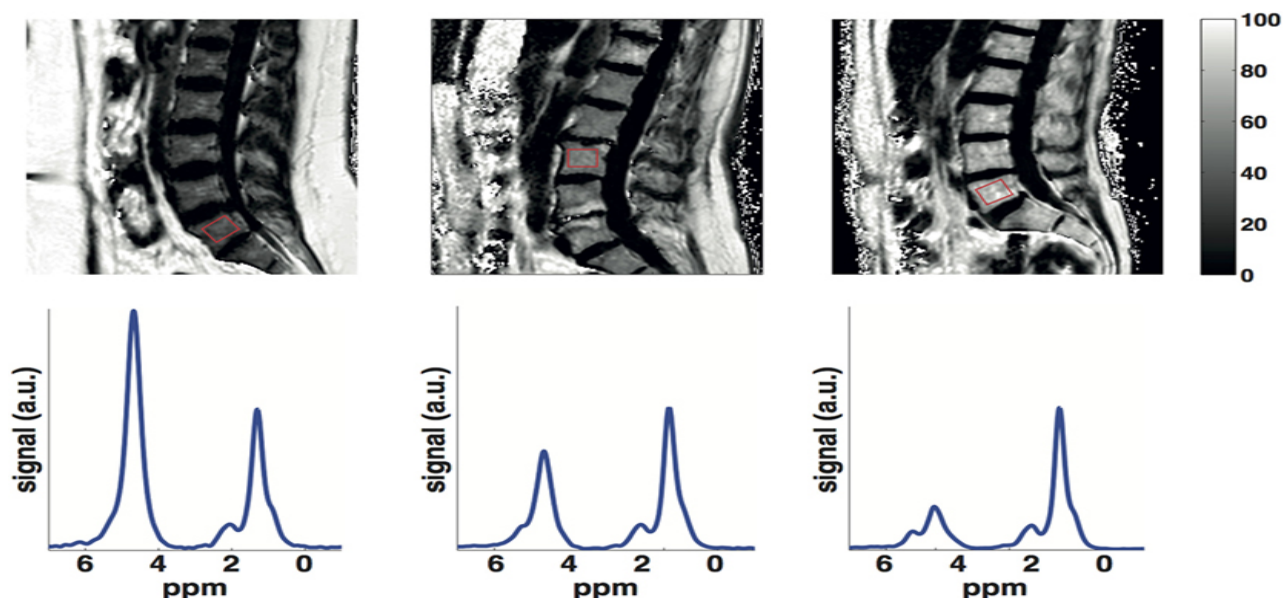


Рисунок 45 – PDFF-карты костного мозга поясничного отдела позвоночника (первый ряд) и спектры одноаксельной МРТ (второй ряд) у молодого пациента (25 лет), пожилого пациента (60 лет) с нормальной МПК (t -оценка позвоночника = 3,7) и пожилого пациента (60 лет) с остеопорозом (t -балл позвоночника = -3). Жировая фракция является нормальной для молодого пациента 25 лет (1,7%) и высокой (4,5%) для пациента 60 лет

Диагностическая эффективность МРТ высокого разрешения вместе с МРТ-спектроскопией показана на Рисунке 46. Чувствительность ее крайне высока (94,2%), поэтому МРТ высокого разрешения может использоваться для раннего обнаружения инфекции.

МРТ высокого разрешения

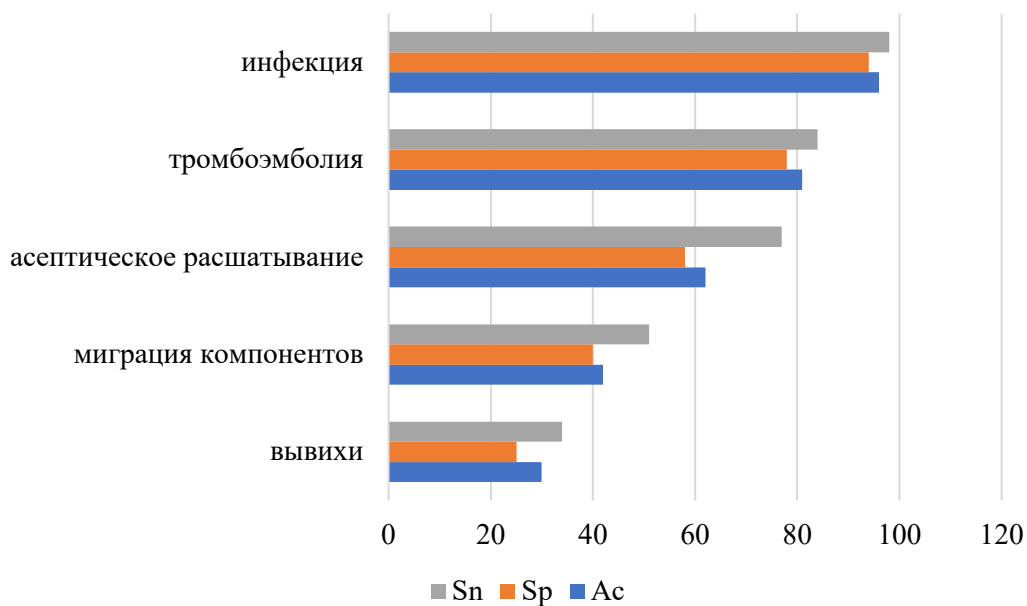


Рисунок 46 – Диагностическая эффективность (чувствительность, специфичность и точность) МРТ высокого разрешения для различных осложнений, таких как инфекция, тромбоз, асептическое расшатывание, миграционный компонент и вывих

3.5. Диагностическая эффективность лучевых методов (рентгенографии, МСКТ, МРТ, УЗИ) у пациентов на послеоперационных этапах

На основании исследования проанализированы возможности следующих лучевых методов исследования – рентгенография, УЗИ, МСКТ и МРТ – в оценке пациентов с осложнениями после операции эндопротезирования сустава.

В послеоперационном периоде различные осложнения оценивались в разный период времени: до 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года и более 1 года. Были проанализированы 82 пациента с осложнениями. Таким образом, мы определили диагностическую эффективность каждого лучевого метода (рентгенография, УЗИ, МСКТ и МРТ) в каждый послеоперационный период времени.

Ранняя стадия осложнения длилась до 2 месяцев, и большинство осложнений было вызвано непосредственно хирургом или процедурой. Осложнениями на данном этапе были абсцесс, гематома, инфекция, невропатия и вывих. Рентгенография не играет важной роли в диагностике абсцесса, гематомы и

невропатии. При абсцессе и гематомы УЗИ имеет лучшую чувствительность (Sn), специфичность (Sp), точность (Ac), положительную прогностическую ценность (PVP) и отрицательные (PVN) результаты. Рентгенография, УЗИ и МСКТ не играют большой роли в диагностике инфекции по сравнению с МРТ, которая имеет лучшую чувствительность и специфичность для ранней диагностики инфекции. Точно так же в случае невропатии МРТ имеет лучшую чувствительность и специфичность. Вывих же можно легко диагностировать с помощью рентгенографии и МСКТ, а УЗИ и МРТ при вывихе не информативны. Диагностическая эффективность лучевых методов показана на Рисунке 47.

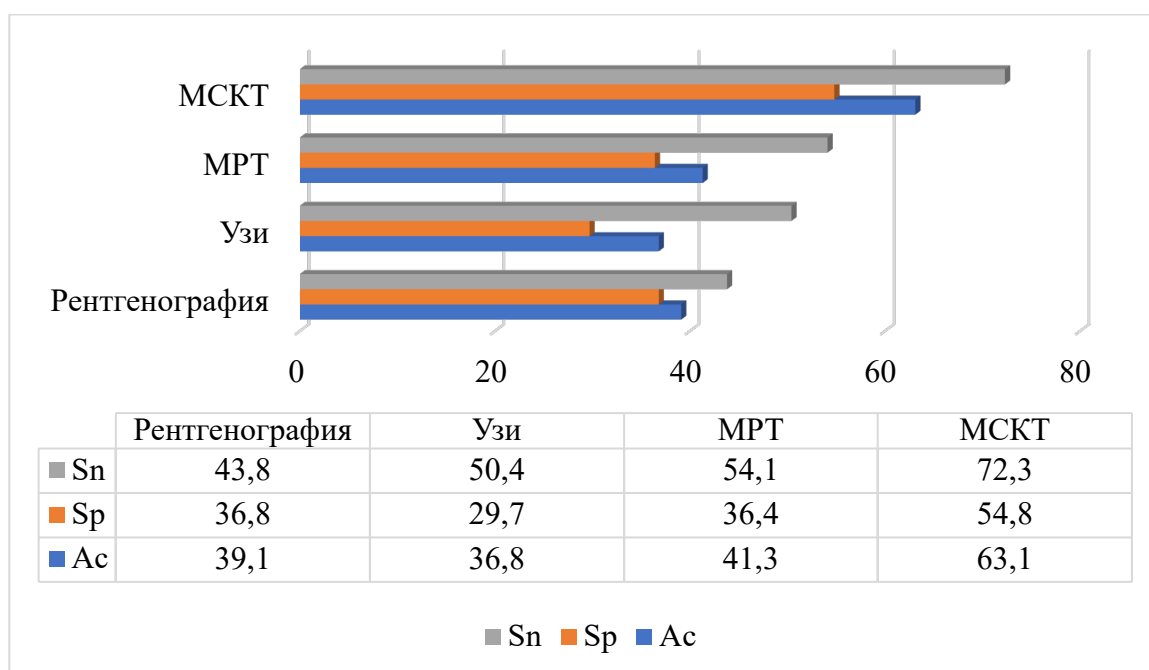


Рисунок 47 – Диагностическая эффективность лучевых методов при осложнениях в послеоперационном периоде до 2 месяцев

Как видно, все лучевые методы чувствительны, специфичны и точны. МСКТ имеет лучшую чувствительность и специфичность, однако нельзя пренебрегать другими методами диагностики при возникновении осложнений. Поэтому все четыре метода важны в эти 2 месяца после эндопротезирования.

Второй этап осложнения – от 2 месяцев до 1 года после эндопротезирования. Осложнениями на данном этапе были перелом перипротеза, асептическое расшатывание, тромбоэмболия и остеолит. УЗИ не информативно в диагностике

любого из вышеупомянутых осложнений. Установлено, что МСКТ превосходит рентгенографию при переломах перипротеза, поскольку при рентгенографии можно пропустить небольшие переломы вокруг протеза, которые можно легко диагностировать с помощью МСКТ. Установлено, что МСКТ превосходит рентгенографию и МРТ в обнаружении асептического расшатывания и остеолита. Также МСКТ превосходит МРТ в диагностике тромбоэмболии. Однако МРТ с разработанным алгоритмом может предсказать, у какого пациента с высоким содержанием жира в костях может развиться тромбоэмболия. Таким образом, МРТ имеет лучшую прогностическую ценность, а МСКТ – лучшую диагностическую ценность при тромбоэмболии. Диагностическая эффективность каждого лучевого метода показана на Рисунке 48.

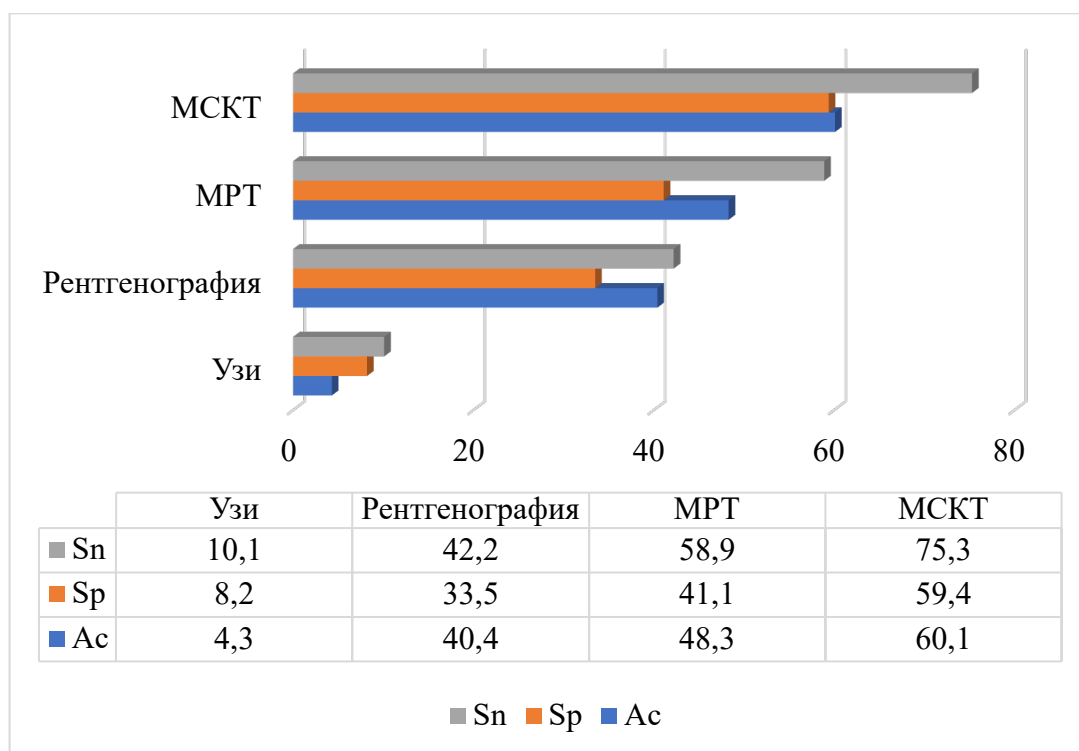


Рисунок 48 – Диагностическая эффективность лучевых методов при осложнениях в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года

Как видно, в послеоперационном периоде от 2 месяцев до 1 года очень важны такие методы лучевой диагностики, как МРТ и МСКТ, а УЗИ не играет важной роли на этой стадии.

Осложнения третьей фазы (миграция компонентов, перелом протеза и укорочение конечности) наступили через 1 год после операции. Было обнаружено, что при этих осложнениях рентген оказался информативнее УЗИ. Было также обнаружено, что МСКТ превосходит МРТ в оценке данных осложнений, а именно по чувствительности (Sn), специфичности (Sp), точности (Ac), положительной (PVP) и отрицательной (PVN) прогностической ценности. Укорочение конечности можно выявить только с помощью МСКТ, так как всю длину конечности, включая протез, можно рассчитать только на скаут-изображениях МСКТ. Для анализа перелома протеза МСКТ оказалась лучше МРТ. Миграцию компонентов можно оценить, используя МСКТ и МРТ. Рентгенография и ультразвукография не являются важными методами исследования в данном послеоперационном периоде, что показано на Рисунке 49.

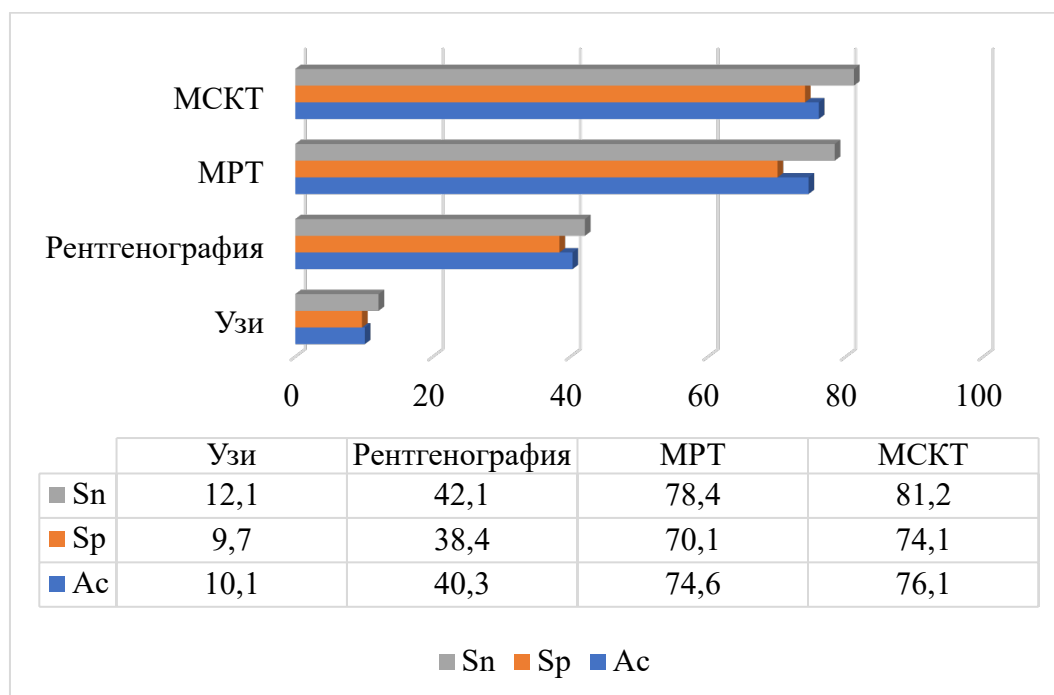


Рисунок 49 – Показатели диагностической эффективности лучевых методов исследования через 1 год после эндопротезирования

Отдельно на основе разработанного протокола была проанализирована диагностическая эффективность передовых лучевых методов, изученных с помощью разработанного алгоритма, а именно: УЗИ низкой частоты,

количественная КТ и МРТ высокого разрешения (ЗТ) при осложнениях после эндопротезирования. Определение диагностической эффективности рентгенографии не проводилось, так как в рентгенографии отсутствуют существенные передовые методы анализа осложнений. Диагностическая эффективность передовых методов облучения показана на Рисунке 50.

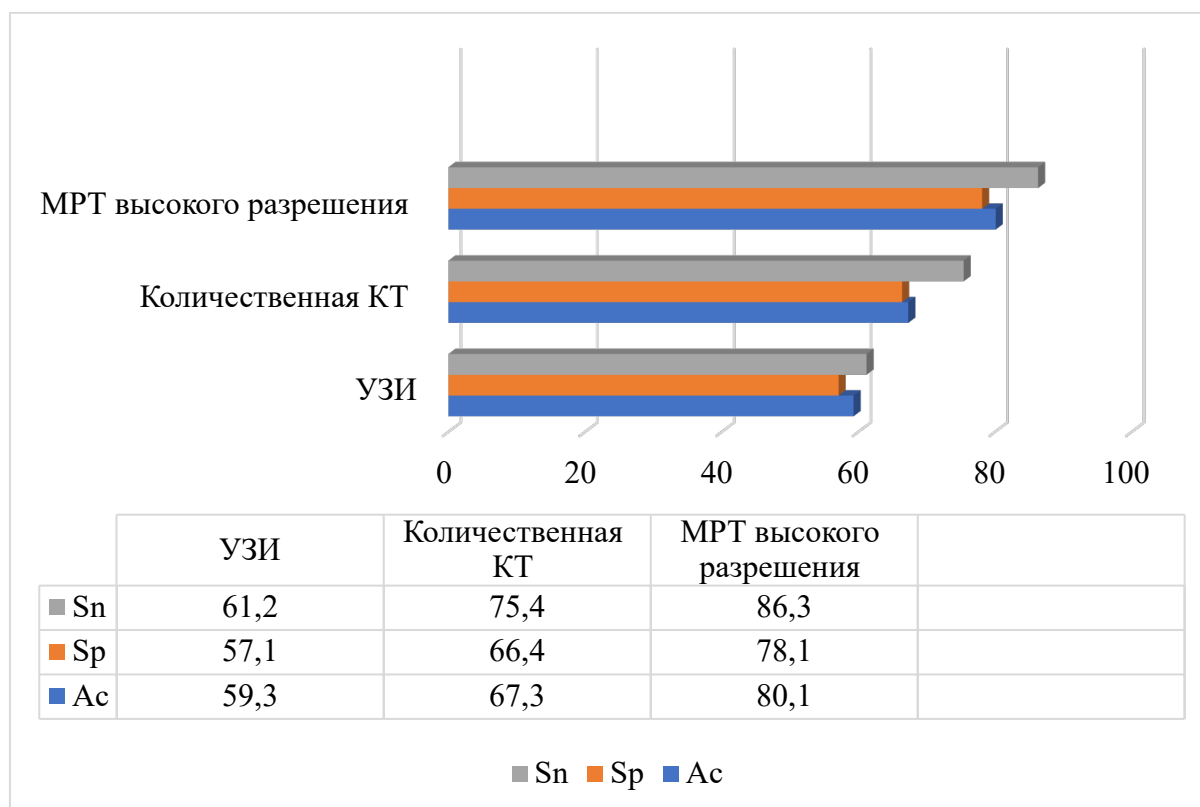


Рисунок 50 – Диагностическая эффективность методов лучевой диагностики (УЗИ, количественная КТ и МРТ высокого разрешения)

Диагностическая эффективность современных лучевых методов ясно показывает высокий уровень чувствительности, специфичности и точности по сравнению с классическими рентгенологическими методами. Использование передовых лучевых методов – гарантия раннего выявления осложнений, что особенно важно для оперирующего хирурга-ортопеда.

На основании данного исследования было установлено, что на раннем послеоперационном периоде (до 2 месяцев) диагностическая эффективность всех лучевых методов (рентгенография, УЗИ, МСКТ и МРТ) одинаково важна. Во второй фазе послеоперационного периода (от 2 месяцев до 1 года) МРТ явно

превосходит МСКТ и рентгенографию, а роль УЗИ незначительна. Однако в третьей фазе, которая наступает через 1 год после операции, МСКТ превосходит МРТ. С помощью алгоритма исследования рентгенопрозрачности, оси костного протеза и плотности костной ткани вокруг протеза диагностическая эффективность при выявлении осложнений после эндопротезирования сустава была увеличена на 17%. С помощью второго алгоритма низкочастотной ультрасонографии, количественной КТ и МРТ высокого разрешения диагностическая эффективность в выявлении осложнений после эндопротезирования сустава была увеличена на 39%.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема осложнений после эндопротезирования сустава становится предметом научных дискуссий в таких областях медицины, как ортопедия, спортивная медицина и лучевая диагностика. Проблематика этого вопроса глубоко затрагивает различные темы, в силу своей актуальности создает благоприятные условия для появления новых методов диагностики осложнений после эндопротезирования сустава.

Основой нашего исследования стали данные пациентов, которым были проведены операции по замене суставов. В исследование были включены пациенты с эндопротезами двустороннего коленного сустава и двустороннего тазобедренного сустава. Все осложнения после эндопротезирования были разделены согласно временным рамкам: осложнения, возникшие в послеоперационный период до 2 месяцев, в период от 2 месяцев до одного года и в период более 1 года после операции.

Ежегодно миллионам людей во всем мире проводятся операции по замене тазобедренного и коленного суставов. Тяжелые осложнения, такие как инфекция, встречаются редко, менее чем в 2% случаев. Относительно немного осложнений случается у пациентов во время их пребывания в больнице после операции. Healthline проанализировал данные более 1,5 миллионов пациентов, чтобы лучше изучить статистику по этому вопросу. Было выявлено, что 4,5% людей в возрасте до 65 лет испытывают осложнения в больнице после эндопротезирования коленного сустава. Однако для более пожилых людей риск осложнений был выше более чем в два раза. Около 1% людей имеют инфекционные осложнения после операции. Тромбы образуются менее чем у 2% оперируемых.

В редких случаях у человека может быть выявлен остеолиз. Это воспаление, которое возникает из-за микроскопического износа пластика имплантата колена или бедра. Воспаление приводит к тому, что кость, по существу, растворяется и ослабевает [2, 12, 23, 84, 89].

Артропластика – это ортопедическая хирургическая процедура, при которой суставная поверхность заменяется или реконструируется с помощью остеотомии с целью частичного или полного восстановления функции сустава, утраченной из-за воспаления, травмы или других причин [11, 22, 73, 88, 98].

Последние 45 лет наиболее успешной и распространенной формой артропластики является хирургическая замена всего пораженного сустава или суставной поверхности эндопротезом. Например, тазобедренный сустав можно полностью заменить эндопротезом, а также частично в виде замены вертлужной впадины, головки и шейки бедра [10, 20, 73, 110].

Артропластика ставит перед хирургом-ортопедом разные задачи. Материал, из которого состоит эндопротез, должен быть биосовместимым, износостойким и выдерживать большие нагрузки. Соблюдение всех этих критериев, как правило, позволяет использовать протез от 10 до 20 лет. В среднем 35% эндопротезов коленного сустава при правильной установке не требуют повторной имплантации до 20 лет, а 65% – до 10 лет [12, 22, 25].

В последние годы значительно улучшилась техника хирургического лечения благодаря появлению современных протезов с пористым покрытием, обеспечивающим более прочную адгезию к костным структурам, а также значительные улучшения наблюдались в результате повсеместного внедрения компьютерных технологий 3D моделирования (системы CAD/CAM – системы автоматизированного проектирования / автоматизированного производства). Использование технологий CAD/CAM в травматологии позволяет сократить этапы подготовки к изготовлению анатомически адаптированных эндопротезов. Для создания математических 3D-моделей суставных элементов необходимы точные размеры и детальная геометрия формы костей пациента, которые могут быть получены только при предварительном высокоинформативном мультиспиральном компьютерном томографическом исследовании соответствующего сустава [21, 62, 88, 97].

Однако несмотря на доступный спектр современных высокотехнологичных методов лучевой диагностики, таких как мультиспиральная компьютерная

томография (МСКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), применяемых на предоперационном этапе у пациентов с патологией суставов, присутствует достаточно большое количество случаев с развитием осложнений на различных этапах послеоперационного периода, что впоследствии приводит к формированию стойких деформаций суставов, функциональным нарушениям, снижению качества жизни и социальной адаптации пациентов в целом [10, 24, 112].

Таким образом, представленная диссертационная работа направлена на совершенствование медицинских методов лечения при осложнениях после артропластики крупных суставов в послеоперационном периоде с использованием различных методов лучевой диагностики: рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии, магнитно-резонансной компьютерной томографии, ультразвукового исследования (УЗИ) [24, 47, 99].

Научно-исследовательские цели:

1. Оценить диагностическую эффективность классических методов лучевой диагностики (рентген, УЗИ, МСКТ) при оценке осложнений после операции по замене сустава.
2. Оценить диагностическую эффективность передовых методов лучевой диагностики (УЗИ низкой частоты, количественная КТ и МРТ высокого разрешения) при оценке осложнений после операции по замене сустава.
3. Своевременное сравнение эффективности каждого лучевого метода: в послеоперационный период менее 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года и более 1 года.
4. Подготовить алгоритмы на послеоперационных этапах с использованием прозрачности вокруг протеза, оси протеза и плотности кости вокруг протеза, чтобы выявить возможные осложнения на самой ранней стадии.

Для решения поставленных задач были проанализированы данные комплексного лучевого обследования 82 пациентов в возрасте от 55 до 70 лет с различными патологическими изменениями тазобедренных и коленных суставов. Все осложнения после замены сустава были разделены на три послеоперационных периода: менее 2 месяцев, от 2 месяцев до 1 года и более 1 года. Все пациенты,

включенные в исследование, были обследованы с использованием стандартных методов клинико-лабораторной диагностики.

На раннем послеоперационном этапе контроля (первые 2 месяца) вывих был наиболее частым осложнением и наблюдался у 15 пациентов ($n = 15$; 18,3%), а МСКТ оказалась наиболее чувствительной для диагностики этого осложнения (72,3%). Другими осложнениями были абсцесс и гематома, которые легко диагностировались с помощью УЗИ (чувствительность 50,4%). Инфекция наблюдалась у 6 пациентов ($n = 6$; 7,4%), и МРТ была наиболее чувствительным лучевым методом для ее диагностики (54,1%). Таким образом, на ранних стадиях осложнений МСКТ, рентгенография, УЗИ и МРТ были одинаково важны.

В следующем послеоперационном периоде (от 2 месяцев до 1 года) преобладали такие осложнения, как перипротезный перелом ($n = 17$; 20,7%), асептическое расшатывание ($n = 10$; 12,2%), у меньшего числа пациентов наблюдались тромбоэмболия и остеолит. МСКТ снова имеет самую высокую чувствительность (75,3%) для обнаружения перипротезного перелома, а МРТ имеет самую высокую чувствительность (58,9%) для выявления асептического расшатывания. МСКТ являлась методом выбора в выявлении всех случаев тромбоэмболии. Следовательно, рентгенография, МСКТ и МРТ были одинаково важны на данном послеоперационном этапе.

В позднем послеоперационном периоде (более 1 года) выявлены следующие осложнения: миграция компонентов ($n = 3$; 3,7%), укорочение конечности ($n = 4$; 4,9%) и перелом протеза. На этом этапе МСКТ имела более высокую чувствительность (75,3%), чем рентгенологический метод или МРТ, чувствительность которых составила 58,9% для МРТ и 42,2% для рентгенологического метода.

Таким образом, на каждом этапе послеоперационного лечения анализировались все классические методы лучевой диагностики и сравнивалась диагностическая эффективность каждого из них. Рентгенологический метод, МСКТ, УЗИ и МРТ были выполнены на ранней стадии. На средних и поздних

стадиях осложнений в равной степени использовались рентгенография, МСКТ и МРТ.

Алгоритм был разработан в послеоперационном периоде, где пациенты были проанализированы по трем критериям: рентгенопрозрачность вокруг протеза, ось протеза и плотность кости вокруг протеза.

После операции по эндопротезированию тазобедренного и коленного суставов была проанализирована радиопрозрачность со всех сторон протеза, и было установлено, что радиопрозрачность менее 2 мм является физиологической, а измерения, превышающие 2 мм, имеют более высокую вероятность возникновения таких осложнений, как остеолит и асептическое расшатывание.

Ось протеза была проанализирована путем соединения линии от тазобедренного сустава до середины голеностопного сустава, с воображаемой линией, проходящей через центр протеза. Отклонение на 2 мм медиально или латерально свидетельствовало о большой вероятности вывиха и перипротезного перелома. Аналогичным образом был проанализирован угол, где 90 градусов \pm 3 градуса считалось нормой, а углы менее 87 и более 93 градусов также свидетельствовали о большой вероятности вывиха и перипротезного перелома.

Была проанализирована плотность костной ткани вокруг протеза и плотность костного мозга (от 0,75 до 0,84 г/см²), и дана оценка губчатой кости, где показатели от 1,0 до 1,2 считались нормальным диапазоном. У любого пациента со значениями ниже этих параметров присутствовала высокая вероятность осложнений асептического расшатывания, миграции компонентов и укорочения конечности.

Пациенты были обследованы с использованием передовых методов лучевой терапии, таких как низкочастотная УЗИ, количественная КТ и МРТ высокого разрешения.

Низкочастотный ультразвук имеет два основных параметра: скорость звука (VOS) и затухание широкополосного ультразвука (BUA). Нормальные значения составляют 1,69 (95% ДИ: 1,43–2,00) BUA до 1,96 (95% ДИ: 1,64–2,34) VOS. У 5 пациентов (n = 5; 6,1%) с осложнениями остеолита скорость звука и величина затухания широкополосного звука были менее 1,01 и 1,12, соответственно. У 4

пациентов ($n = 4$; 4,9%) с осложнениями в виде перелома перипротеза скорость звука и широкополосное затухание были менее 1,14 и 1,22, соответственно. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) с осложнениями в виде асептического расшатывания скорость звука и величина затухания широкополосной связи были менее 1,31 и 1,52, соответственно. У 3 пациентов ($n = 3$; 3,7%) с осложнениями в виде вывиха скорость звука и величина затухания широкополосного звука были менее 1,48 и 1,67, соответственно. Положительная корреляция была обнаружена между 1 стандартным отклонением ниже нормы и осложнениями остеолита у 50,2% пациентов, перипротезными переломами у 60,1% пациентов, асептическим расшатыванием у 38,7% пациентов и вывихами у 22,1% пациентов.

Пороговый или нормальный диапазон прочности позвоночника при применении количественной компьютерной томографии (ККТ) составляет 4000 Н для женщин и 6500 Н для мужчин на основе оценки СТ-Т -2,5 и СТ на основе $vBMD$ 80 мг/см³. 6 пациентов ($n = 6$; 7,3%) с осложнениями в виде перипротезного перелома имели прочность позвоночника менее 3000 Н для женщин ($n = 4$; 4,8%) и менее 4000 Н для мужчин ($n = 2$; 2,4%). У 4 пациентов ($n = 4$; 4,8%) с осложнениями в виде укорочения конечности значение $vBMD$ было менее 60 мг/см³. 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) с миграцией компонентов и 3 пациента ($n = 3$; 3,7%) с асептическим расшатыванием имели показатель СТ-Т -3,5. Было обнаружено, что перипротезный перелом и миграция компонентов имеют более сильную взаимосвязь между параметрами менее 4000 Н для мужчин и менее 3000 Н для женщин, значением $vBMD$ менее 60 мг/см³ и СТ-Т. оценкой -3,5. Чувствительность в отношении осложнений таких, как перипротезный перелом, при вышеуказанных параметрах составила 60,3%, миграция компонентов – 45,2%, укорочение конечности – 32,3% и асептическое расшатывание – 24,2%.

МРТ высокого разрешения показало, что средний коэффициент вариации жировой фракции спинного мозга при спектроскопии составил 1,7%. Содержание жира в позвонках значительно увеличивается при остеопорозе по сравнению с остеопенией или нормальной плотностью костей, что измеряется по более высоким фракциям жира на MRS и более низкому ADC на диффузионно-взвешенной MR.

МРТ с количественным химическим сдвигом Dixon (QCSI) может использоваться для измерения содержания жира в костном мозге, и это измерение не зависит от DXA-BMD. МРТ высокого разрешения (3 тесла) была выполнена 21 пациенту ($n = 21$; 25,6%). 10 пациентам ($n = 10$; 12,2%) из 21 также была выполнена МР-спектроскопия. Плотность костного мозга рассчитывается с использованием значения пикселя МРТ, от 0,5 до 1,5 считается нормальной. 9 пациентов ($n = 9$; 10,9%) имели значение пикселя менее 0,5. Но основной целью МРТ высокого разрешения является раннее обнаружение серьезных осложнений, таких как инфекция. Также было обнаружено, что МРТ крайне чувствительна при подозрении на осложнение инфекции.

Диагностическая эффективность и чувствительность МРТ высокого разрешения составляет 86,3%, специфичность – 78,1% и точность – 80,1%. Диагностическая эффективность и чувствительность количественной КТ составляет 75,4%, специфичность – 66,4% и точность – 67,3%. Диагностическая эффективность и чувствительность низкочастотного УЗИ составляет 61,2%, специфичность – 57,1% и точность – 59,3%.

ВЫВОДЫ

1. Определена диагностическая эффективность (чувствительность, специфичность и точность) методов лучевой диагностики на каждом этапе послеоперационной фазы:

- В раннем послеоперационном периоде (менее 2 месяцев): чувствительность МСКТ составила 72,3%, специфичность – 54,8% и точность – 63,1%; чувствительность МРТ составила 54,1%, специфичность – 36,4% и точность – 41,3%; чувствительность УЗИ составила 50,4%, специфичность – 29,7% и точность – 34,1%; чувствительность рентгенографии составила 43,8%, специфичность – 36,8% и точность – 39,1%.

- В среднем послеоперационном периоде (от 2 месяцев до 1 года): чувствительность МСКТ составила 75,3%, специфичность – 59,4% и точность 60,1%; чувствительность МРТ составила 58,9%, специфичность – 41,1% и точность – 48,3%; чувствительность УЗИ составила 42,2%, специфичность – 33,5% и точность – 40,4%; чувствительность рентгенографии составила 10,1%, специфичность – 8,2% и точность – 4,3%.

- В позднем послеоперационном периоде (более 1 года): чувствительность МСКТ составила 81,2%, специфичность – 71,4% и точность – 76,1%; чувствительность МРТ составила 78,4%, специфичность – 70,1% и точность – 74,6%; чувствительность УЗИ составила 12,1%, специфичность – 9,7% и точность – 10,1%; чувствительность рентгенографии составила 42,1%, специфичность – 38,4% и точность – 40,3%.

2. Лучевые методы исследования (рентгенография, МСКТ и МРТ) на послеоперационных этапах лечения дали возможность получить дополнительную диагностическую информацию об определении прозрачности вокруг соединения кость-протез, измерении плотности костной ткани над и под протезом, а также возможности определения послеоперационных осложнений в 17% случаев. С помощью второго алгоритма (УЗИ, количественной КТ и МРТ высокого

разрешения) диагностическая эффективность в выявлении осложнений после эндопротезирования сустава была увеличена на 39%.

3. Разработанный расширенный протокол с использованием низкочастотного ультразвука, количественной КТ и МРТ высокого разрешения, включающий подробное описание пациентов и анатомических структур, позволил оценить послеоперационные осложнения.

4. Увеличение просвета на 2 мм, отклонение оси на 2 мм медиально или латерально и снижение плотности костной ткани на 1 стандартное отклонение по данным рентгенографии, МСКТ, МРТ являются прогностическими признаками статистически значимого увеличения вероятности в послеоперационном периоде таких осложнений, как остеолит, перипротезирование, перелом, асептическое расшатывание, вывих и миграция компонентов (точность прогноза осложнений до 81,3%, $p < 0,001$).

5. У пациентов с осложнениями в раннем послеоперационном периоде (до 2 месяцев) МСКТ, рентгенологический метод и УЗИ были наиболее информативными методами диагностики. При осложнениях в среднем послеоперационном периоде (от 2 до 1 года) МСКТ более чувствительна, чем МРТ. С осложнениями на более позднем послеоперационном этапе (от года и более) МСКТ и МРТ имели схожее и большее значение.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В целях улучшения качества диагностики, сокращения сроков применения методов лучевого исследования и методов выявления осложнений после артропластики на самой ранней стадии рекомендуется:

1. Всем пациентам со стойкими болями в послеоперационном периоде необходимо пройти последовательное обследование с использованием разработанного протокола рентгенографии, УЗИ, МСКТ и МРТ (с определением прозрачности, оси протеза и плотности костной ткани вокруг протеза).
2. Послеоперационный рентгенологический контроль у пациентов с осложнениями после артропластики должен проводиться в несколько этапов: в период менее 2 месяцев, в период от 2 месяцев до 1 года и в период более 1 года после операции.
3. Пациенты должны быть обследованы с целью оценки плотности и прочности костной ткани (оценка губчатой кости) с использованием низкочастотного ультразвука, количественной компьютерной томографии и МРТ высокого разрешения перед самой операцией, чтобы оценить возможные дальнейшие осложнения с целью последующего внимательного контроля за ними в послеоперационном периоде.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

MPT – магнитно-резонансная томография

МПК – минеральная плотность костной ткани

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ОФЕКТ-КТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография

ПЭТ-КТ – позитронно-эмиссионная компьютерная томография

УЗИ – ультразвуковое исследование

Ac – точность

BUA – широкополосное затухание ультразвука

DXA BMD – двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия минеральной
плотности кости

FEA – анализ конечных элементов

MARS – последовательность уменьшения металлических артефактов

MAVRIC – комбинация изображений с переменным резонансом и множественным
захватом

MAVRIC - SL – выборочная комбинация изображений с переменным резонансом и
множественным захватом

PDFF – жировая фракция плотности протонов

PVN – отрицательная прогностическая ценность

PVP – положительная прогностическая ценность

QCSI – количественная визуализация химического сдвига

QCT, ККТ – количественная компьютерная томография

SEMAR – уменьшение артефактов металла единой энергии

Sn – чувствительность

Sp – специфичность

STIR – восстановление с инверсией короткого тау-белка

UCS – единая система классификации

VOS – скорость звука

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абельцев, В.П. Десятилетний опыт эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе / В.П. Абельцев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2002. – Т. 9. – № 1. – С. 54–57.
2. Ахтямов, И.Ф. Ошибки и осложнения при эндопротезировании тазобедренного сустава: Руководство для врачей / И.Ф. Ахтямов, И.И. Кузьмин. – Казань: Центр оперативной печати, 2006. – 324 с. – ISBN: 5-94541-047-0. – Текст: непосредственный.
3. Бабкова, А.А. Комплексная лучевая диагностика остеонекрозов лицевого скелета у пациентов с наркотической зависимостью на до- и послеоперационном этапах лечения: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия / Бабкова Анна Анатольевна; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2018. – 189 с.
4. Баймагамбетов, Ш.А. Парапротезные осложнения после эндопротезирования тазобедренного сустава (обзор литературы) / Ш.А. Баймагамбетов, А.Н. Батпен // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2013. – № 4 (1). – С. 279–282.
5. Беляев, А.С. Функциональная мультиспиральная компьютерная томография приобретенных деформаций стопы: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия / Беляев Андрей Сергеевич; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2021. – 142 с.
6. Буачидзе, О.Ш. Эндопротезирование тазобедренного сустава / О.Ш. Буачидзе // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 169.
7. Волокитина, Е.А. Лазерная проточная цитометрия в лабораторном иммунологическом мониторинге эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов / Е.А. Волокитина, М.В. Чепелева // Гений ортопедии. – 2011. – № 3. – С. 131–135.

8. Воронович, И.Р. Эндопротезирование тазобедренного сустава / И.Р. Воронович, Г.М. Никитин, А.И. Воронович // *Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ.* – Ярославль, 1993. – С. 170.
9. Глубокие нагноения после эндопротезирования тазобедренного сустава / Н.Е. Махсон, З.И. Фразгильдеев, А.А. Покрывалов, Э.Ш. Савадян // *Эндопротезирование в травматологии и ортопедии.* – Саратов, 1987. – С. 73–78.
10. Грязнухин, Э.Г. Гнойные осложнения после эндопротезирования тазобедренного сустава / Э.Г. Грязнухин, В.И. Кулик, В.Д. Мамонтов // *Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ.* – Ярославль, 1993. – С. 174.
11. Демьянов, В.М. Гнойные осложнения при эндопротезировании тазобедренного сустава протезом Сиваша / В.М. Демьянов, В.В. Долгополов, В.М. Машков // *Ортопедия, травматология и протезирование.* – 1983. – № 9. – С. 24–28.
12. Диагностика инфекционных осложнений после эндопротезирования суставов / Д.В. Евдокимов, К.М. Кубраков, К.Б. Болобошко, В.М. Семенов // *Вестник Витебского государственного медицинского университета.* – 2018. – Т. 17. – № 3. – С. 16–24.
13. Дмитриева, Л.А. Осложнения при эндопротезировании тазобедренного сустава и способы их прогнозирования (обзор литературы) / Л.А. Дмитриева, В.Ф. Лебедев, Е.Ю. Коршунова // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* – 2013. – № 2–1 (90). – С. 153–158.
14. Журавлев, К.Н. Применение стандартной и низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки в сочетании с подсчетом кальциевого индекса: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия / Журавлев Кирилл Николаевич; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2021. – 124 с.
15. Зайцева, О.П. Ошибки и осложнения эндопротезирования тазобедренного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Зайцева Ольга Павловна; ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная

- травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи». – Курган, 2009. – 167 с.
16. Захарян, Н.Г. Вывихи после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Захарян Норайр Грайрович; ГОУ ВПО «Российский университет дружбы народов». – Москва, 2008. – 126 с.
17. Имамалиев, А.С. 25-летний опыт тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / А.С. Имамалиев, В.И. Зоря // Материалы научной конференции «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Москва, 1999. – С. 121.
18. Карякина, Е.В. Асептическая нестабильность эндопротеза тазобедренного сустава у больных коксартрозом / Е.В. Карякина, Е.А. Персова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 375–378
19. Колесников, Я.П. Обоснованность эндопротезирования в условиях ортопедического отделения областной больницы / Я.П. Колесников, В.Г. Богданов, В.А. Кирчанов // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 180.
20. Комплексное клиничко-лучевое исследование больных с травматическими повреждениями тазобедренного сустава до и после эндопротезирования / Н.А. Карлова, М.Г. Бойцова, Я.П. Зорин, Е.В. Севрюкова // Лучевая диагностика и терапия. – 2018. – № 4 (9). – С. 81–88.
21. Корнилов, Н.В. Исходы тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / Н.В. Корнилов, В.М. Машков // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 181.
22. Корнилов, Н.В. О состоянии эндопротезирования суставов в России / Н.В. Корнилов Н.В., Карпцов В.И., Шапиро К.И. // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 183.
23. Кузьменко, В.В. Современное эндопротезирование тазобедренного сустава / В.В. Кузьменко // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 188.

24. Кузьмин, И.И. Методологические основы профилактики и лечения осложнений при эндопротезировании тазобедренного сустава: дис. ... док. мед. наук: 14.01.17 – Хирургия; 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Кузьмин Игорь Иванович; Государственный институт усовершенствования врачей Министерства обороны Российской Федерации. – Москва, 2010. – 373 с.
25. Кулиш, Н.И. Тактика в лечении нагноений после протезирования тазобедренного сустава / Н.И. Кулиш, В.А. Уанькут, В.А. Филиппенко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1982. – № 2. – С. 27–31.
26. Лечение гнойных осложнений после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов / З.И. Фразгильдеев, Н.Е. Махсон, В.М. Мельников, А.А. Петраков // Эндопротезирование в травматологии и ортопедии. – Москва, 1993. – С. 61–66.
27. Локальные интраоперационные и ранние послеоперационные осложнения эндопротезирования тазобедренного сустава / Е.А. Волокитина, О.П. Зайцева, Д.А. Колотыгин, А.А. Вишняков // Гений ортопедии. – 2009. – № 3. – С. 71–77.
28. Мамонтов, В.Д. Гнойные осложнения после эндопротезирования тазобедренного сустава / В.Д. Мамонтов, В.И. Кулик, Э.Г. Грязнухин // Сборник научных трудов. Плановые оперативные вмешательства в травматологии и ортопедии. – Санкт-Петербург, 1992. – С. 109–120.
29. Махсон, Н.Е. Некоторые аспекты лечения больных с нагноительным процессом после эндопротезирования суставов / Н.Е. Махсон, А.А. Покрывалов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 1994. – Т. 1. – № 4. – С. 24–26.
30. Новые способы профилактики интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений при эндопротезировании тазобедренного сустава / И.Ф. Ахтямов, Г.Г. Гарифуллов, А.Н. Коваленко [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2010. – Т. 17. – № 1. – С. 25–28.
31. Осложнения после эндопротезирования тазобедренного сустава / А.Б. Слободской, Е.Ю. Осинцев, А.Г. Лежнев [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2011. – Т. 18. – № 3. – С. 59–63.

32. Осложнения при эндопротезировании больных с опухолями костей / М.Д. Алиев, В.А. Соколовский, Н.В. Дмитриева [и др.] // Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. – 2003. – Т. 14. – № 2-1. – С. 35–39.
33. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы) / О.М. Лесняк, И.А. Баранова, К.Ю. Белова [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 1. – С. 155–168.
34. Павлова, О.Ю. Лучевая диагностика травматических повреждений средней зоны челюстно-лицевой области на до- и послеоперационном этапах лечения: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия / Павлова Ольга Юрьевна; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2019. – 162 с.
35. Послеоперационный гнойный коксит / А.С. Имамалиев, В.М. Лирцман, Н.В. Бурлаков, А.И. Шаповал // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1992. – № 1. – С. 42–46.
36. Прохоренко, В.М. Инфекционные осложнения при эндопротезировании тазобедренного сустава / В.М. Прохоренко, В.В. Павлов. – Новосибирск: Наука, 2010. – 175 с. – ISBN: 978-5-02-023327-0. – Текст: непосредственный.
37. Рентгеновские методы исследования в оценке состояния тазобедренного сустава у больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями при лечении методом эндопротезирования / Н.А. Карлова, Е.В. Севрюкова, М.Г. Бойцова, Я.П. Зорин // Лучевая диагностика и терапия. – 2014. – № 3 (5). – С. 74–78.
38. Румянцев, Ю.И. Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов / Ю.И. Румянцев // Радиология - практика. – 2013. – № 1. – С. 37–45.
39. Сафаров, Д.М. Осложнения при эндопротезировании тазобедренного сустава / Д.М. Сафаров // Вестник Авиценны. – 2017. – Т. 19. – № 4. – С. 528–531.
40. Семиотика и проблемы терминологии патологических состояний, ассоциированных с тотальным эндопротезированием тазобедренного сустава /

- А.Д. Синеокий, Д.В. Чугаев, И.И. Шубняков [и др.] // *Гений ортопедии*. – 2019. – Т. 25. – № 3. – С. 393–399.
41. Современный подход в лечении перипротезных переломов бедренной кости / Р.В. Малыгин, В.С. Сивков, А.В. Цыбин [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2020. – № 1. – С. 103.
42. Стогов, М.В. Лабораторные методы диагностики и оценки риска осложнений после эндопротезирования крупных суставов. Аналитический обзор / М.В. Стогов, Е.Н. Овчинников // *Гений ортопедии*. – 2016. – № 3. – С. 87–93.
43. Функциональная компьютерная томография для диагностики расшатывания эндопротеза коленного сустава / А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, Г.Г. Захарова, Н.С. Серова, В.А. Бахвалова, Х.С. Диллон // *REJR*. – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 134–142.
44. Шерматов, К.Р. Комплексный подход в выборе пары трения эндопротеза тазобедренного сустава молодым и активным пациентам: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Шерматов Кымбатбек Рустанбекович; ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов». – Москва, 2012. – 139 с.
45. Щекотуров, И.О. Комплексная лучевая диагностика у пациентов с реконструктивно-пластическими операциями урогенитальной области: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия; 14.01.17 – Хирургия / Щекотуров Игорь Олегович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2021. – 131 с.
46. A prospective, randomized study of cross-linked and non-cross-linked polyethylene for total hip arthroplasty at 10-year follow-up / C.A. Engh Jr, R.H. Hopper Jr, C. Huynh [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2012. – Vol. 27, No 8, Suppl. – P. 2–7.
47. A randomised controlled trial of total hip arthroplasty versus resurfacing arthroplasty in the treatment of young patients with arthritis of the hip joint / J. Achten, N.R. Parsons, R.P. Edlin [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord*. – 2010. – Vol. 11. – P. 8.
48. A randomized prospective evaluation of outcomes after total hip arthroplasty using cross-linked marathon and non-cross-linked Enduron polyethylene liners / C.A. Engh Jr,

A.S. Stepniewski, S.D. Ginn [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2006. – Vol. 21, No 6, Suppl. 2. – P. 17–25.

49. Alumina ceramic bearings for total hip arthroplasty: five-year results of a prospective randomized study / J. D'Antonio, W. Capello, M. Manley [et al.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 2005. – No 436. – P. 164–171.

50. Amstutz, H.C. Metal on metal bearings in hip arthroplasty / H.C. Amstutz, P. Grigoris // *Clin Orthop Relat Res*. – 1996. – Vol. 329, Suppl. – P. S11–34.

51. Angadi, D.S. Cemented polyethylene and cementless porous-coated acetabular components have similar outcomes at a mean of seven years after total hip replacement: a prospective randomised study / D.S. Angadi, S. Brown, E.J. Crawford // *J Bone Joint Surg Br*. – 2012. – Vol. 94, No 12. – P. 1604–1610.

52. Aseptic loosening after total hip arthroplasty. Incidence, clinical significance, and etiology / J.P. Iannotti, R.A. Balderston, R.E. Booth [et al.] // *J Arthroplasty*. – 1986. – Vol. 1, No 2. – P. 99–107.

53. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. 2012 Annual Report. – Adelaide: AOA, 2012. – URL: <https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/60142/Annual+Report+2012.pdf/15d51771-f52a-471b-86b4-97aceaa33514?version=1.3&t=1361264343156&download=false> – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)

54. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test / M. Egger, G. Davey Smith, M. Schneider, C. Minder // *BMJ*. – 1997. – Vol. 315, No 7109. – P. 629–634.

55. Böhm, P. Femoral revision with the Wagner SL revision stem: evaluation of one hundred and twenty-nine revisions followed for a mean of 4.8 years / P. Böhm, O. Bischel // *J Bone Joint Surg Am*. – 2001. – Vol. 83, No 7. – P. 1023–1031.

56. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty: update / W.N. Capello, J.A. D'Antonio, J.R. Feinberg [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2008. – Vol. 23, No 7, Suppl. – P. 39–43.

57. Clift, B. Periprosthetic fracture of the femur / B. Clift // *J Bone Joint Surg Am*. – 2000. – Vol. 82, No 3. – P. 446–447.

58. Correlation between inclination of the acetabular component and metal ion levels in metal-on-metal hip resurfacing replacement / R. De Haan, C. Pattyn, H.S. Gill [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* – 2008. – Vol. 90, No 10. – P. 1291–1297.
59. DerSimonian, R. Meta-analysis in clinical trials / R. DerSimonian, N. Laird // *Control Clin Trials.* – 1986. – Vol. 7, No 3. – P. 177–188.
60. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic review / B.J. Shea, J.M. Grimshaw, G.A. Wells [et al.] // *BMC Med Res Methodol.* – 2007. – Vol. 7. – P. 10.
61. Dhillon, H.S. Complications after joint replacement surgeries (short term, midterm and long term) / H.S. Dhillon, N.S. Serova, A.V. Lichagin // *REJR.* – 2018. – Vol. 8, No 3. – P. 100–106.
62. Dhillon, H.S. Revision knee replacement surgery after two failed replacements / H.S. Dhillon, N.S. Serova, A.V. Lichagin // *REJR.* – 2018. – Vol. 8, No 2. – P. 242–246.
63. Early failure of precoated femoral components in primary total hip arthroplasty / A. Ong, K.L. Wong, M. Lai [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2002. – Vol. 84, No 5. – P. 786–792.
64. Evaluation of clinically relevant changes in patient reported outcomes in knee and hip osteoarthritis: the minimal clinically important improvement / F. Tubach, P. Ravaud, G. Baron [et al.] // *Ann Rheum Dis.* – 2005. – Vol. 64, No 1. – P. 29–33.
65. Factors predisposing to periprosthetic fracture after hip arthroplasty: a case (n = 31)–control study / R. Sarvilinna, H.S. Huhtala, R.T. Sovelius [et al.] // *Acta Orthop Scand.* – 2004. – Vol. 75, No 1. – P. 16–20.
66. Failure modes of 433 metal-on-metal hip implants: how, why, and wear / E. Ebramzadeh, P.A. Campbell, K.M. Takamura [et al.] // *Orthop Clin North Am.* – 2011. – Vol. 42, No 2. – P. 241–250.
67. FDA U.S. Food & Drug Administration. Information for Orthopaedic Surgeons. URL: <https://www.fda.gov/medical-devices/metal-metal-hip-implants/information-orthopaedic-surgeons> – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)

68. GRADE guidelines: 1. Introduction – GRADE evidence profiles and summary of findings tables / G. Guyatt, A.D. Oxman, E.A. Akl [et al.] // *J Clin Epidemiol.* – 2011. – Vol. 64, No 4. – P. 383–394.
69. Hartman, C.W. Femoral fixation in revision total hip arthroplasty / C.W. Hartman, K.L. Garvin // *J Bone Joint Surg Am.* – 2011. – Vol. 93, No 24. – P. 2311–2322.
70. Havelin, L.I. The Norwegian Joint Registry / L.I. Havelin // *Bull Hosp Jt Dis.* – 1999. – Vol. 58, No 3. – P. 139–147.
71. Health and Social Care Information Centre. Patient Reported Outcome Measures (PROMs). – URL: www.hscic.gov.uk/proms – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
72. Health Net Medical Policies. URL: https://www.healthnet.com/content/healthnet/en_us/providers/working-with-hn/medical_policies.html#clinical_practice_guidelines – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
73. Hip dislocation: are hip precautions necessary in anterior approaches? / C. Restrepo, S.M. Mortazavi, J. Brothers [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2011. – Vol. 469, No 2. – P. 417–422.
74. Immune responses correlate with serum-metal in metal-on-metal hip arthroplasty / N.J. Hallab, S. Anderson, M.J. Caicedo [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2004. – Vol. 19, No 8, Suppl. 3. – P. 88–93.
75. Incidence and risk factors for deep surgical site infection after primary total hip arthroplasty: a systematic review / D.M. Urquhart, F.S. Hanna, S.L. Brennan [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2010. – Vol. 25, No 8. – P. 1216–1222.
76. Keegan, G.M. A systematic comparison of the actual, potential, and theoretical health effects of cobalt and chromium exposures from industry and surgical implants / G.M. Keegan, I.D. Learmonth, C.P. Case // *Crit Rev Toxicol.* – 2008. – Vol. 38, No 8. – P. 645–674.
77. Knee arthroplasty in Denmark, Norway and Sweden. A pilot study from the Nordic Arthroplasty Register Association / O. Robertsson, S. Bizjajeva, A.M. Fenstad [et al.] // *Acta Orthop.* – 2010. – Vol. 81, No 1. – P. 82–89.

78. Lachiewicz, P.F. Changing indications for revision total hip arthroplasty / P.F. Lachiewicz, E.S. Soileau // *J Surg Orthop Adv.* – 2005. – Vol. 14, No 2. – P. 82–84.
79. Lavernia, C.J. Cost-effectiveness of early surgical intervention in silent osteolysis / C.J. Lavernia // *J Arthroplasty.* – 1998. – Vol. 13, No 3. – P. 277–279.
80. Migration of metal and polyethylene particles from articular prostheses may generate lymphadenopathy with histiocytosis / M.F. Baslé, G. Bertrand, S. Guyetant [et al.] // *J Biomed Mater Res.* – 1996. – Vol. 30, No 2. – P. 157–163.
81. Narrowed indications improve outcomes for hip resurfacing arthroplasty / A.J. Johnson, M.G. Zywiell, H. Hooper, M.A. Mont // *Bull NYU Hosp Jt Dis.* – 2011. – Vol. 69, Suppl. 1. – P. S27–29.
82. NHS Centre for Reviews and Dissemination. Systematic Reviews: CRD's Guidance for Undertaking Reviews in Health Care. – Centre for Reviews and Dissemination, University of York, 2008. – ISBN: 978-1-900640-47-3. – URL: https://www.york.ac.uk/media/crd/Systematic_Reviews.pdf – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
83. No differences in outcomes between cemented and uncemented acetabular components after 12–14 years: results from a randomized controlled trial comparing Duraloc with Charnley cups / K. Bjørgul, W.M. Novicoff, S.T. Andersen [et al.] // *J Orthop Traumatol.* – 2010. – Vol. 11, No 1. – P. 37–45.
84. Periprosthetic fractures in total hip arthroplasty: an epidemiologic study / R. Sarvilinna, H.S. Huhtala, T.J. Puolakka [et al.] // *Int Orthop.* – 2003. – Vol. 27, No 6. – P. 359–361.
85. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement / D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D.G. Altman; PRISMA Group // *BMJ.* – 2009. – Vol. 6, No 7. – P. e1000097.
86. 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, No 4. – P. 780–785.

87. Pseudotumours associated with metal-on-metal hip resurfacings / H. Pandit, S. Glyn-Jones, P. McLardy-Smith [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* – 2008. – Vol. 90, No 7. – P. 847–851.
88. Radiostereometric analysis: the hip / F. Bottner, E. Su, B. Nestor [et al.] // *HSS J.* – 2005. – Vol. 1, No 1. – P. 94–99.
89. Rates and outcomes of primary and revision total hip replacement in the United States medic are population / N.N. Mahomed, J.A. Barrett, J.N. Katz [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2003. – Vol. 85, No 1. – P. 27–32.
90. Recurrent instability after total hip arthroplasty: beware of subtle component malpositioning / J. Parvizi, K.I. Kim, G. Goldberg [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2006. – Vol. 447. – P. 60–65.
91. Retrospective analysis of infection rate after early reoperation in total hip arthroplasty / H. Darwiche, W.K. Barsoum, A. Klika [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2010. – Vol. 468, No 9. – P. 2392–2396.
92. Revision hip arthroplasty for late instability secondary to polyethylene wear / J. Parvizi, F.A. Wade, V. Rapuri [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2006. – Vol. 447. – P. 66–69.
93. Revision hip arthroplasty: infection is the most common cause of failure / S.M. Jafari, C. Coyle, S.M. Mortazavi [et al.] // *J Clin Orthop Related Res.* – 2010. – Vol. 468, No 8. – P. 2046–2051.
94. Revision total hip arthroplasty for a Vancouver type B3 periprosthetic fracture using an allograft-cemented stem composite by the telescoping technique / H. Ogawa, Y. Ito, I. Takigami, K. Shimizu // *J Arthroplasty.* – 2011. – Vol. 26, No 4. – P. 665–668.
95. Risk of cancer in first seven years after metal-on-metal hip replacement compared with other bearings and general population: linkage study between the National Joint Registry of England and Wales and hospital episode statistics / A.J. Smith, P. Dieppe, M. Porter, A.W. Blom; National Joint Registry of England and Wales // *BMJ.* – 2012. – Vol. 344. – P. e2383.
96. Risk of cancer with metal-on-metal hip replacements: population based study / K.T. Mäkelä, T. Visuri, P. Pulkkinen [et al.] // *BMJ.* – 2012. – Vol. 345. – P. e4646.

97. Risk of complication and revision total hip arthroplasty among Medicare patients with different bearing surfaces / K.J. Bozic, K. Ong, E. Lau [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2010. – Vol. 468, No 9. – P. 2357–2362.
98. Swedish Hip Arthroplasty Register: Annual Report 2010 / G. Garellick, J. Kärrholm, C. Rogmark, P. Herberts. – Göteborg, Sweden, 2011. – URL: https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/Annual-report-2010-Ну_wFiaox.pdf – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
99. Tande, A.J. Prosthetic Joint Infection / A.J. Tande, R. Patel // *Clin Microbiol Rev.* – 2014. – Vol. 27, No 2. – P. 302–345.
100. The Charnley stem: clinical, radiological and survival data after 11–14 years / K. Bjørgul, W.M. Novicoff, S.T. Andersen [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2010. – Vol. 96, No 2. – P. 97–103.
101. The Cochrane Collaboration. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.4 / J. Higgins, J. Thomas, eds. – 2023. – URL: <https://training.cochrane.org/handbook/current> – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
102. The Cochrane Collaboration. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 / J. Higgins, S. Green, eds. – 2023. – URL: <https://training.cochrane.org/handbook/archive/v5.1/> – Текст: электронный. (Дата обращения 05.12.2023)
103. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials / J.P. Higgins, D.G. Altman, P.C. Gøtzsche [et al.] // *BMJ.* – 2011. – Vol. 343. – P. d5928.
104. The creep and wear of highly cross-linked polyethylene: a three-year randomised, controlled trial using radiostereometric analysis / S. Glyn-Jones, P. McLardy-Smith, H.S. Gill, D.W. Murray // *J Bone Joint Surg Br.* – 2008. – Vol. 90, No 5. – P. 556–561.
105. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States / K.J. Bozic, S.M. Kurtz, E. Lau [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2009. – Vol. 91, No 1. – P. 128–133.

106. The John Charnley Award: risk factors for cup malpositioning: quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital / M.C. Callanan, B. Jarrett, C.R. Bragdon [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2011. – Vol. 469, No 2. – P. 319–329.
107. The Nordic Arthroplasty Register Association: a unique collaboration between 3 national hip arthroplasty registries with 280,201 THRs / L.I. Havelin, A.M. Fenstad, R. Salomonsson [et al.] // *ActaOrthop.* –2009. – Vol. 80, No 4. – P. 393–401.
108. Three hundred and twenty-one periprosthetic femoral fractures / H. Lindahl, G. Garellick, H. Regnér [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2006. – Vol. 88, No 6. – P. 1215–1222.
109. Trends in primary total hip arthroplasty in Spain from 2001 to 2008: evaluating changes in demographics, comorbidity, incidence rates, length of stay, costs and mortality / R. Jimenez-Garcia, M. Villanueva-Martinez, C. Fernandez-de-Las-Penas [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2011. – Vol. 12. – P. 43.
110. Undertaking Systematic Reviews of Research on Effectiveness. CRD's Guidance for Carrying Out or Commissioning Reviews, 2nd edn / K.S. Khan, G. Ter Riet, J. Glanville [et al.]. – York: NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York, 2001. – 100 p. – Текст: непосредственный.
111. Walters, S.J. Comparison of the minimally important difference for two health state utility measures: EQ-5D and SF-6D / S.J. Walters, J.E. Brazier // *Qual Life Res.* – 2005. – Vol. 14, No 6. – P. 1523–1532.
112. Wear debris from hip or knee replacements causes chromosomal damage in human cells in tissue culture / B. Daley, A.T. Doherty, B. Fairman, C.P. Case // *J Bone Joint Surg Br.* – 2004. – Vol. 86, No 4. – P. 598–606.
113. Widespread dissemination of metal debris from implants / C.P. Case, V.G. Langkamer, C. James [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* – 1994. – Vol. 76, No 5. – P. 701–712.