

На правах рукописи



Диллон Хармит Сингх

Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования суставов

3.1.25. Лучевая диагностика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Научный руководитель:

член-корреспондент РАН,
доктор медицинских наук, профессор

Серова Наталья Сергеевна

Официальные оппоненты:

Кочергина Наталия Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, консультативно-диагностический центр, отдел лучевых методов диагностики опухолей, отделение рентгенодиагностики, научный консультант

Сергеев Николай Иванович – доктор медицинских наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр рентгенорадиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, научно-исследовательский отдел комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии, лаборатория рентгенорадиологии, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «14» февраля 2024 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.22 на базе ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЦНМБ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1 и на сайте www.sechenov.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат медицинских наук



Павлова Ольга Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Артродластика – это ортопедическая хирургическая процедура, при которой суставная поверхность заменяется или реконструируется с помощью остеотомии с целью частичного или полного восстановления функции сустава, утраченной вследствие развития воспалительных процессов, травм или других причин.

В течение последних 45 лет наиболее успешной и распространенной формой артростластики 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 (Knight S.R., et al., 2011).

Артродластика 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 (Feder O., et al., 2013).

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 (Пщелко Н.С., 2014).

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 (Tunçer N. et al., 2017).

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 (Chalela J.A., et al., 2007).

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.

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 томографии, ультразвукового исследования (УЗИ).

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.

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.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

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

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

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, операции проведены в ортопедическом отделении больницы NMC (Дубай, ОАЭ). Рентгенография выполнялась с помощью цифрового рентгеновского аппарата (AGFA), ультразвуковое исследование проводили на аппарате GE volvuson E10 (General Electric, USA), низкочастотное УЗИ – Philips IU-22 (Philips, Нидерланды), МСКТ – на КТ-аппарате (64 срезов, Siemens, Германия), КТ-аппарате (128 срезов, GE CT, USA) и МРТ-обследование – 1,5 Тл (GE Healthcare), МРТ высокого разрешения, 3 Тл (Siemens, Германия). Также применялись и другие методы лучевой диагностики, такие как СПЕКТ СТ и ДEXA, которые помогали диагностировать определенные осложнения после операции по замене сустава, однако из-за высокой стоимости каждого сканирования СПЕКТ СТ с участием ядерного агента и меньшей

специфичности ДEXA-сканирования оба метода были исключены из исследования.

Исследуемые пациенты были распределены по полу и возрасту в соответствии с Таблицей 1, а также по пораженным суставам, которым проводились операции по эндопротезированию в соответствии с Таблицей 2.

Таблица 1 – Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст / Пол	Мужской		Женский		Всего	
	abs	%	abs	%	abs	%
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 пораженным суставам

Суставы	Мужской		Женский		Всего	
	abs	%	abs	%	abs	%
Тазобедренный сустав	15	18.3	24	29.3	39	47.6
Коленный сустав	16	19.5	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 (n=82; 100%) с осложнениями после замены суставов преобладали женщины (n=49; 59,8%), преимущественно в возрастной группе от 61 до 65 лет (n=22; 26,8%). Наиболее частым поражением сустава являлся коленный сустав (n=27; 32,9%), преимущественно у женщин.

На Рисунке 1 показаны причины, которые привели к эндопротезированию тазобедренного сустава, а на Рисунке 2 показаны причины, следствием которых стало эндопротезирование коленного сустава.



Рисунок 1 – Распределение пациентов с указанием причин эндопротезирования



Рисунок 2 – Распределение пациентов с указанием причин эндопротезирования

Как видно из Рисунка 1, 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.

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 отдалённый 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)	Отдалённый послеоперационный период (от года и более)
Инфекционное заболевание	Пери- имплантационный перелом кости	Смещение компонентов протеза
Вывих/подвывих	Асептическое расшатывание	Перелом протеза
Гематома	Тромбоэмболия	Гетеротопическая окостенение
Септическое Расшатывание Нейропатия	Остеолиз	Укорочение конечности

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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 и в силу своей актуальности создает благоприятные условия для появления новых методов диагностики осложнений после эндопротезирования сустава.

Научно-исследовательские цели:

1) Оценить диагностическую эффективность классических методов лучевой диагностики (рентгенография, УЗИ, МСКТ) при оценке осложнений после операции по замене сустава.

2) Оценить диагностическую эффективность передовых методов лучевой диагностики (низкочастотный ультразвук, 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 оценкой 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 рентгенопрозрачность со всех сторон протеза, и было установлено, что рентгенопрозрачность 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 таких осложнений, как асептическое расшатывание, миграция компонентов и укорочение конечности.

Пациенты были обследованы с использованием передовых методов лучевой терапии, таких как низкочастотное 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 рассчитывалась с

использованием значения пикселя МРТ, от 0,5 до 1,5 считается нормальной. 9 пациентов (n=10; 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 составила 86,3%, специфичность – 78,1% и точность – 80,1%. Диагностическая эффективность и чувствительность количественной КТ составила 75,4%, специфичность – 66,4% и точность – 67,3%. Диагностическая эффективность и чувствительность низкочастотного УЗИ составила 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Dhillon H.S.**, Serova N.S., Lychagin A.V. // Complications after joint replacement surgeries (short term, midterm and long term). – **REJR** 2018; 8 (3):100-106. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-3-100-106. [**Scopus**]
2. **Dhillon H.S.**, Serova N.S., Lichagin A.V. // Revision knee replacement surgery after two failed replacements. – **REJR** 2018; 8(2):242-246. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8- 2-242-246. [**Scopus**]
3. **Диллон Х.С.**, Лычагин А.В., Рукин Я.А., Захаров Г.Г., Серова Н.С., Бахвалова В.А. // Функциональная компьютерная томография для диагностики расшатывания эндопротеза коленного сустава. – **REJR** 2018; 8(4):134-142. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-134-142 [**Scopus**]

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

MPT – магнитно-резонансная томография

MПК – минеральная плотность костной ткани

MCKT – 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, KKT – 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