

КОШЕЛЕВ ПАВЕЛ ОЛЕГОВИЧ

**РЕНТГЕНОВСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕВЕРСИВНОМ
ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММ ЦИФРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России)

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

ЕГОРОВА Елена Алексеевна

Официальные оппоненты:

ОБЕЛЬЧАК Игорь Семенович – доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Медицинский институт непрерывного образования, кафедра лучевых методов диагностики и лечения, заведующий кафедрой

ПЕТРЯЙКИН Алексей Владимирович – доктор медицинских наук, доцент, государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», врач-рентгенолог, отдел стандартизации и контроля качества, главный научный сотрудник отдела

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Защита диссертации состоится « 23 » ~~ноября~~ **сентября** 2026 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета 21.2.016.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, по адресу: 127006, Москва, ул. Долгоруковская, д. 4, стр. 7. (помещение кафедры истории медицины).

Почтовый адрес: 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (127206, г. Москва, ул. Вучетича, д.10, стр. 2) и на сайте <https://dissov.msmsu-portal.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.2.016.08,
кандидат медицинских наук, доцент

ХОХЛОВА Татьяна Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и степень разработанности

Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава в последние десятилетия стало одним из ведущих методов хирургического лечения тяжелых посттравматических и дегенеративных поражений плечевого сустава, особенно в случаях несостоятельности ротаторной манжеты. В мировой практике ежегодно выполняется более 100 тыс. операций по тотальной замене плечевого сустава, из которых более 60 % составляют реверсивные конструкции (The National Joint Registry; Patel A.P. et al., 2014; Hornung A.L. et al., 2022). В России потребность в эндопротезировании плечевого сустава составляет около 12 тыс. операций в год, однако выполняется их значительно меньше. Несмотря на развитие технологий и улучшение качества имплантов, уровень послеоперационных осложнений по-прежнему остается значительным. По данным разных авторов, частота осложнений варьирует от 4,7 до 38 % и включает нестабильность компонентов имплантов, вывихи плеча, парапротезные резорбцию и переломы, инфекционные осложнения и т.д. (Лычагин А. В. и др., 2020; Burden E. G., 2021; Shengyuan T., 2023;).

Особую значимость в обеспечении эффективности хирургического лечения имеет рентгенологический метод. Стандартная рентгенография позволяет провести первичную диагностику патологических изменений плечевого сустава, контролировать результаты лечения в динамике. Однако стандартная рентгенография, независимо от ее доступности и отработанной семиотики, имеет ограниченную информативность при диффузном регионарном остеопорозе, выраженных изменениях формы и размеров эпифизов плечевого сустава (Simovitch R.W. et al., 2022; Hornung A.L. et al., 2022; Chamseddine N. et al., 2022).

Данные литературы разнятся в определении эффективности сертифицированных программ для обработки цифровых рентгеновских изображений при планировании реверсивного эндопротезирования плечевого

сустава, особенно у пациентов с выраженными посттравматическими деформациями (Simovitch R.W. et al., 2022; Patel A.P. et al., 2014). Мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ) обеспечивает более высокую разрешающую способность и позволяет количественно оценить геометрию эпифизов плечевого сустава и плотность костной ткани. Ее использование ограничено тем, что до настоящего времени не разработаны стандартизированные схемы обследования с применением МСКТ при диагностике патологии плечевого сустава и его изменений в послеоперационном периоде.

Соответственно, отсутствие единых подходов к выбору методов визуализации и алгоритма цифрового планирования, высокий уровень послеоперационных осложнений обуславливают актуальность научного исследования, направленного на оптимизацию рентгенодиагностики на всех этапах реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

Цель исследования: совершенствование подходов в оценке результатов стандартной рентгенографии и мультисрезовой компьютерной томографии с применением цифрового планирования на до- и послеоперационном этапах реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

Задачи исследования:

1. Определить ключевые геометрические параметры эпифизов, образующих плечевой сустав, критически важные для планирования реверсивного эндопротезирования.
2. Изучить возможности стандартной рентгенографии и мультисрезовой компьютерной томографии в выявлении изменений плечевого сустава на этапах до и после реверсивного эндопротезирования.
3. Оценить динамику минеральной плотности костной ткани суставного отростка лопатки у пациентов с посттравматическими и дегенеративными изменениями для прогноза исходов реверсивного эндопротезирования.

4. Осуществить сравнительный анализ результатов реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при использовании программ цифрового планирования и без их применения.

5. Разработать и апробировать усовершенствованный алгоритм рентгенологического обследования пациентов, включающий этапы до- и послеоперационной оценки состояния плечевого сустава.

Научная новизна исследования

1. Впервые выполнена количественная сравнительная оценка диагностической эффективности стандартной рентгенографии и МСКТ при реверсивном эндопротезировании плечевого сустава.

2. Проведена оценка плотности костной ткани гленоида в группах пациентов с различными видами патологии (посттравматической, дегенеративной, асептическим некрозом) и впервые выделены достоверные различия, в том числе половые.

3. Оценено практическое значение специализированного программного обеспечения для цифрового планирования по рентгенограммам и выявлены ограничения этого метода у пациентов с посттравматическими изменениями.

4. Разработан и апробирован усовершенствованный протокол лучевого обследования пациентов с реверсивным эндопротезированием плечевого сустава, включающий не только последовательность методов, но и перечень геометрических параметров, обязательных к оценке на до- и послеоперационных этапах.

5. Создана референтная база КТ-плотности гленоида по данным сканирования условно здоровых молодых пациентов, что позволяет в будущем использовать эти показатели как норму при анализе остеопороза и планировании хирургических вмешательств.

Теоретическая и практическая значимость исследования

В ходе проведенного исследования определена диагностическая значимость и эффективность МСКТ и рентгенографии в предоперационном и послеоперационном обследовании пациентов, перенесших реверсивное

эндопротезирование плечевого сустава. В ходе исследования показано, что МСКТ позволяет с большей точностью оценивать анатомические характеристики суставной впадины лопатки, включая показатели ретроверсии, глубины, размеров гленоида, а также выявлять краевые дефекты.

С учётом полученных данных был пересмотрен подход к лучевому обследованию: предложен протокол, основанный на комбинированном использовании стандартной рентгенографии и МСКТ с разграничением их применения на до- и послеоперационных этапах. В зависимости от клинической ситуации определена последовательность диагностических мероприятий, что позволяет обеспечить более дифференцированный подход к выбору метода визуализации у конкретного пациента.

Анализ диагностических возможностей методов визуализации при оценке гленоида показал, что стандартная рентгенография обладает ограниченной точностью при планировании положения гленоидного компонента. Погрешность измерений может достигать 25 %, что особенно выражено при наличии посттравматических изменений.

Оптимизация алгоритма лучевого обследования с включением измерения плотности костной ткани и анатомических параметров гленоида позволила повысить эффективность предоперационного диагностического этапа и снизить риск ошибок при выборе размера и положения компонентов эндопротеза. Полученные данные могут быть использованы для формирования клинических рекомендаций, а также при разработке локальных стандартов обследования в учреждениях травматолого-ортопедического профиля.

Методология и методы исследования

Исследование выполнено в три этапа.

На первом этапе проведен аналитический обзор литературных данных. Рассмотрены современные отечественные и зарубежные публикации, касающиеся предоперационного планирования, включая использование специализированных программ, рентгеновской семиотики и применения

МСКТ при реверсивном эндопротезировании плечевого сустава. Всего по теме работы было изучено 140 источников, из них 112 - англоязычных публикаций, индексируемых в базах Scopus и PubMed, и 28 отечественных источников, опубликованных в профильных медицинских изданиях.

На втором этапе проведено комплексное лучевое обследование пациентов с посттравматическими и дегенеративными изменениями плечевого сустава, которым планировалось проведение реверсивного эндопротезирования. Использовались цифровая рентгенография в нескольких проекциях и МСКТ с мультипланарными и 3D-реконструкциями.

На третьем этапе осуществлена количественная и качественная оценка анатомических параметров плечевого сустава: размеры гленоида (переднезадний, верхненижний), глубина суставной впадины, угол ретроверсии по классификации Walch, наличие краевых дефектов, остеофитов и оссификатов. Также выполнено измерение плотности костной ткани на уровне гленоида в единицах Хаунсфилда (HU) по данным МСКТ.

Для сравнительного анализа эффективности программ цифрового планирования в исследование включена проспективная группа из 40 пациентов, у которых проводилась предварительная примерка компонентов эндопротеза с применением сертифицированного программного обеспечения и комплекса MediCad (Германия).

Обследовано 167 пациентов (59 мужчин и 108 женщин) в возрасте от 37 до 87 лет. Средний возраст составил $62,5 \pm 8,6$ года. Из них 92 (55 %) пациента имели посттравматические изменения плечевого сустава, 75 (45 %) пациентов - дегенеративные изменения и асептический некроз эпифизов.

Для определения референсных значений плотности костной ткани дополнительно обследованы 100 здоровых добровольцев (50 мужчин и 50 женщин), средний возраст $23,4 \pm 2,9$ года, не имеющих патологии плечевых суставов и заболеваний, влияющих на минеральный обмен.

Все данные подвергались статистической обработке посредством методов параметрического и непараметрического анализа (t-критерий

Стьюдента, критерий Манна–Уитни, критерий χ^2 , расчет средних и стандартных отклонений). Анализ выполнялся с использованием программ Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics 26.0.

Основные положения, выносимые на защиту

1. МСКТ обладает статистически значимо более высокой диагностической точностью по сравнению со стандартной рентгенографией при выявлении морфологических изменений плечевого сустава как на предоперационном, так и на послеоперационном этапе. Это подтверждено данными по оценке костных дефектов, остеофитов и размеров гленоида.

2. Ключевые геометрические параметры плечевого сустава (размеры гленоида, его ретроверсия, глубина и плотность костной ткани) могут быть достоверно определены только по данным МСКТ, что критически важно для точного планирования реверсивного эндопротезирования и выбора способа фиксации компонентов эндопротеза.

3. Возможности применения специализированного программного обеспечения (MediCad) для цифрового планирования размеров компонентов эндопротеза являются ограниченными. Точность расчётов, выполняемых на основе рентгенографических изображений, существенно снижается при наличии выраженных посттравматических деформаций и дефектов костной ткани. В подобных клинических ситуациях погрешность оценки анатомических параметров может достигать 20–25 %, что ограничивает возможность использования программного пакета без дополнительной верификации по данным МСКТ.

4. Разработанный алгоритм лучевого обследования, охватывающий этапы пред- и послеоперационной диагностики с применением стандартной рентгенографии и МСКТ, обеспечивает более точное планирование хирургического вмешательства. Его применение позволяет унифицировать оценку параметров плечевого сустава и, как следствие, способствует

снижению риска послеоперационных осложнений и повышению эффективности оперативного лечения.

5. Результаты КТ-денситометрии гленоида, полученные у пациентов с посттравматическими и дегенеративными изменениями, указывают на снижение минеральной плотности костной ткани. Наиболее выраженные изменения отмечаются у пациентов с посттравматическими поражениями, а также при дегенеративных заболеваниях плечевого сустава, особенно у женщин в постменопаузальном периоде. Выявлены пороговые значения КТ-плотности, при снижении которых рекомендована цементная фиксация компонентов эндопротеза.

6. Созданная электронная база клинических и визуализационных данных (включающая параметры плотности костной ткани, размеры и версию гленоида, тип фиксации и др.) может быть использована для ретроспективного и проспективного анализа, а также при разработке локальных клинических протоколов и обучающих программ в лучевой диагностике и травматологии-ортопедии.

Связь работы с научными программами, планами, темами

Диссертационная работа выполнена в рамках реализации научно-исследовательских программ кафедры лучевой диагностики стоматологического факультета НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. Тема исследования утверждена на заседании ученого совета НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (протокол № 8 от 05.06.2025 г.) и реализуется в рамках комплексной темы кафедры «Инновационные и традиционные лучевые технологии в клинической практике» (государственная регистрация № 114112840044).

Протокол диссертационного исследования одобрен Межвузовским комитетом по этике при ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (протокол №09-22 от 29.09.2021 г.).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание, цели, задачи, методы и результаты проведенного исследования соответствуют паспорту научной специальности 3.1.25 - Лучевая диагностика (медицинские науки). Область исследования включает разработку и совершенствование методов лучевой диагностики с применением рентгенографии, МСКТ и цифрового планирования при хирургическом лечении заболеваний и травм опорно-двигательного аппарата.

Личный вклад автора

Автор принимал участие в формулировке темы, цели и задач диссертационной работы, в выборе дизайна исследования. Автором проведен анализ зарубежных и российских научных литературных источников по теме диссертации, набран и статистически обработан клинический материал, подготовлены текст работы, иллюстрации для докладов и изданных по теме работы публикаций.

Степень достоверности результатов диссертационного исследования

Полученные результаты работы имеют высокую степень достоверности и подтверждаются достаточной выборкой пациентов (167 человек), данными хирургических вмешательств, оценкой эффективности реверсивного эндопротезирования плечевого сустава в динамике. Основные положения работы четко сформулированы и обоснованы. Выводы и рекомендации логически вытекают из результатов исследования и полностью соответствуют цели и задачам работы. Обоснованность новизны полученных результатов определяется их сопоставимостью с ранее опубликованными научными работами. Все исследования проведены на сертифицированном оборудовании.

Апробация результатов диссертационного исследования

Диссертация апробирована на заседании кафедры лучевой диагностики стоматологического факультета НОИ стоматологии имени А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (протокол № 275 от 16.09.2025 г.).

Основные положения диссертации доложены и обсуждены: на конкурсе молодых ученых в рамках XVI Невского радиологического форума (Санкт-Петербург, 2025), XLVII Итоговой научной конференции Общества молодых ученых Российского университета медицины (Москва, 2025), IX Межрегиональной научно-практической конференции «Байкальские встречи. Актуальные вопросы лучевой диагностики» (Иркутск, 2025), IX научно-практической конференции с международным онлайн участием «Лучевая диагностика-2025. Конкурс молодых ученых» (Смоленск, 2025).

Внедрение результатов исследования в практику

Полученные результаты диссертационной работы внедрены: в учебный процесс на кафедре лучевой диагностики стоматологического факультета НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России на этапе дополнительного профессионального образования по специальности «Рентгенология», кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ВО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России на этапе дополнительного профессионального образования, в учебный процесс ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики». В клиническую работу рентгеновского отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г. А. Илизарова» Минздрава России.

Публикации по теме диссертационной работы

По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, из которых 4 в российских рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 176 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 140 источников (28 отечественных и 112 иностранных авторов), содержит 53 таблицы, 32 рисунка. Структура диссертации отражает поэтапное решение поставленных задач и обеспечивает логическое развитие темы от теоретических оснований до практических рекомендаций, применимых в клинической и образовательной практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на базе специализированных травматолого-ортопедических отделений, в него включено 167 пациентов, которым выполнено реверсивное эндопротезирование плечевого сустава в период с 2021 по 2024 г. Среди них 59 (35,3 %) мужчин и 108 (64,7 %) женщин в возрасте от 37 до 87 лет (средний $64,1 \pm 8,6$ года); 92 (55,1 %) пациента с посттравматическими деформациями, 75 (44,9 %) пациентов с дегенеративными изменениями (омартроз, асептический некроз).

Всем пациентам выполнена цифровая рентгенография в стандартных проекциях (100 %). Цифровое планирование с применением программного обеспечения MediCad при обработке стандартных рентгенограмм проведено у 40 пациентов на дооперационном этапе.

МСКТ с мультипланарными и 3D-реконструкциями использована для оценки состояния плечевых суставов у 103 (61,7 %) пациентов до операции и у 37 (22,1 %) после эндопротезирования. МСКТ на дооперационном этапе применялась при несоответствии рентгенологических и клинических данных, наличии выраженной деформации эпифизов, контрактур плечевых суставов, для определения плотности костной ткани, уточнения геометрических параметров гленоида лопатки. В послеоперационном периоде МСКТ использовалась для уточнения характера осложнений.

Параметры оценки: геометрические характеристики гленоида (остеофиты, линейные размеры, глубина, структура, плотность, костные дефекты, ретроверсия, угол наклона гленоида лопатки); положение компонентов импланта, признаки парапротезной резорбции и нестабильности по классификациям Lasarus и Gruen; сопоставление планируемых и фактических размеров компонентов эндопротеза.

Дополнительно сформирована контрольная группа из 100 человек молодого возраста, без патологии со стороны плечевого сустава и нарушений минерального обмена для расчета референсных показателей плотности костной ткани гленоида.

Статистический анализ включал: расчет чувствительности, специфичности, точности и индекса Юдена для стандартной рентгенографии и МСКТ; корреляционный анализ (коэффициент Пирсона) между результатами цифрового планирования и интраоперационными параметрами компонентов эндопротеза; статистическую обработку данных посредством IBM SPSS Statistics 26.0 и Excel, с уровнем значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа результатов пациенты были распределены на группы в зависимости от характера патологии плечевого сустава. В группу с посттравматическими изменениями вошли 92 (55,1 %) пациента (средний возраст $59,4 \pm 9,1$ года), среди них 39 (42,4 %) мужчин и 53 (57,6 %) женщины. Группу с дегенеративными изменениями составили 75 (44,9 %) пациентов со средним возрастом - $68,3 \pm 7,4$ года, из них 20 (26,7 %) мужчин и 55 (73,3 %) женщин. На дооперационном этапе проведен сравнительный анализ возможностей стандартной рентгенографии и МСКТ. Установлено, что МСКТ обладает существенно более высокой информативностью при оценке геометрических параметров гленоида лопатки, включая ретроверсию, угол наклона и глубину суставной впадины, а также в выявлении костных дефектов. Высокая точность МСКТ (98,5–99,4 %) обусловлена возможностью мультипланарной и 3D-реконструкции, отсутствием суммационных эффектов

и высокой пространственной разрешающей способностью, что особенно важно при выраженных деформациях эпифизов и ограничении подвижности плечевого сустава.

Отдельное внимание уделено оценке плотности костной ткани гленоида методом КТ-денситометрии. Снижение плотности менее +150 НУ наиболее часто выявлялось у женщин старше 60 лет (68,4 %), что рассматривалось как фактор повышенного риска асептической нестабильности и являлось основанием для выбора цементной фиксации компонентов эндопротеза.

В послеоперационном периоде стандартная рентгенография и МСКТ применялись для динамического мониторинга состояния эндопротеза и парапротезной кости. С учетом высокой диагностической эффективности МСКТ, продемонстрированной на дооперационном этапе при оценке геометрии, пространственного положения и структурных изменений костных компонентов (чувствительность и точность 98,5–99,4 %), данный метод в послеоперационном периоде рассматривался как основной инструмент объективной пространственной оценки положения компонентов эндопротеза и состояния костно-имплантатного интерфейса.

Стандартная рентгенография сохраняла клиническую значимость в качестве методики первичной оценки положения компонентов имплантата и состояния костных структур, прежде всего при выявлении грубых послеоперационных осложнений, таких как парапротезные переломы.

Методом выбора для послеоперационного контроля, с учетом показателей диагностической эффективности, установленной на дооперационном этапе, была МСКТ.

Чувствительность стандартной рентгенографии при сопоставлении с данными МСКТ в выявлении парапротезных переломов достигала 92 %. Однако в оценке пространственных параметров и начальных структурных изменений возможности рентгенографии были ограничены вследствие суммационных эффектов и проекционных искажений.

При анализе парапротезной резорбции костной ткани по классификациям Gruen (1979) и Lasarus (2002) выявлена зависимость диагностической информативности стандартной рентгенографии от степени выраженности процесса. Так, чувствительность рентгенографии при сопоставлении с данными МСКТ составляла 71,8–72,4 % при 1 степени резорбции, снижалась до 63,5–64,7 % при 2 степени и достигала минимальных значений при 3 степени — 49,3–50,2 %. Указанное снижение отражает ограниченные возможности методики в выявлении выраженных и протяженных зон остеолита, в том числе оценке их точной локализации.

МСКТ в то же время обеспечивала высокую воспроизводимость и достоверность оценки степени и топографии парапротезной резорбции на всех стадиях процесса, что подтверждает ее целесообразность для углублённого анализа, объективизации костных изменений и динамического наблюдения пациентов после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

Дополнительно оценивалась эффективность специализированного программного обеспечения MediCad для цифрового планирования реверсивного эндопротезирования при обработке стандартных рентгенограмм. У пациентов с посттравматическими деформациями проксимального отдела плечевой кости и гленоида лопатки отмечена слабая положительная корреляция размеров и положения компонентов эндопротеза с интраоперационными данными (коэффициент корреляции + 0,36). У данной категории пациентов в связи с более выраженными скиалогическими искажениями и суммационными эффектами точность планирования была низкой: допустимое расхождение ≤ 5 мм отмечено только у 14 (50 %) пациентов, у 14 (50 %) – были расхождения показателей > 5 мм, что требовало интраоперационной коррекции. Это связано с тем, что рентгенография выполнялись в атипичных проекциях на фоне посттравматических деформаций эпифизов и ограничения объема движений в плечевом суставе, присутствовали эффекты суперпозиции и субтракции, обусловленные участками остеосклероза и поротическими изменениями отломков. При

выраженных посттравматических изменениях точность планирования существенно снижалась (до 50 %), что делало необходимым дополнительное подтверждение результатов планирования посредством МСКТ.

Установлено: использование MediCad более эффективно только у пациентов с дегенеративными изменениями без выраженных костных деформаций и параартикулярных оссификатов (точность 83,3 %, погрешность ≤ 5 мм).

На основе полученных результатов был разработан и внедрен оптимизированный алгоритм лучевого обследования, включающий:

стандартную рентгенографию как методику первичной диагностики изменений эпифизов плечевого сустава на дооперационном этапе и послеоперационного контроля в динамике;

МСКТ с мультипланарными и 3D-реконструкциями для детального предоперационного планирования и точной оценки состояния компонентов эндопротеза после операции;

КТ-денситометрию для оценки риска асептической нестабильности и выбора способа фиксации компонентов эндопротезов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава является эффективным методом хирургического лечения при тяжелых дегенеративных и посттравматических поражениях, особенно в условиях несостоятельности ротаторной манжеты. Однако успешность вмешательства в значительной степени зависит от качества предоперационного планирования и послеоперационного контроля, где ключевую роль играют методы лучевой диагностики. Полученные в ходе исследования данные показали, что МСКТ обладает значительно более высокой диагностической точностью по сравнению с рентгенографией как на этапе подготовки к операции, так и при оценке ее результатов. Особенно важным оказалось использование МСКТ для оценки геометрии гленоида и минеральной плотности костной ткани, что влияет на выбор способа фиксации импланта.

Анализ эффективности программ цифрового планирования (MediCad) подтвердил их применимость преимущественно при дегенеративной патологии и ограниченность при выраженных посттравматических деформациях. Это обосновывает необходимость интеграции МСКТ в протокол планирования. Разработан алгоритм рентгенологического обследования, адаптированный к типу патологии, возрасту и клинической задаче (рис. 1). Он может быть использован для стандартизации визуализации и повышения эффективности хирургического лечения.

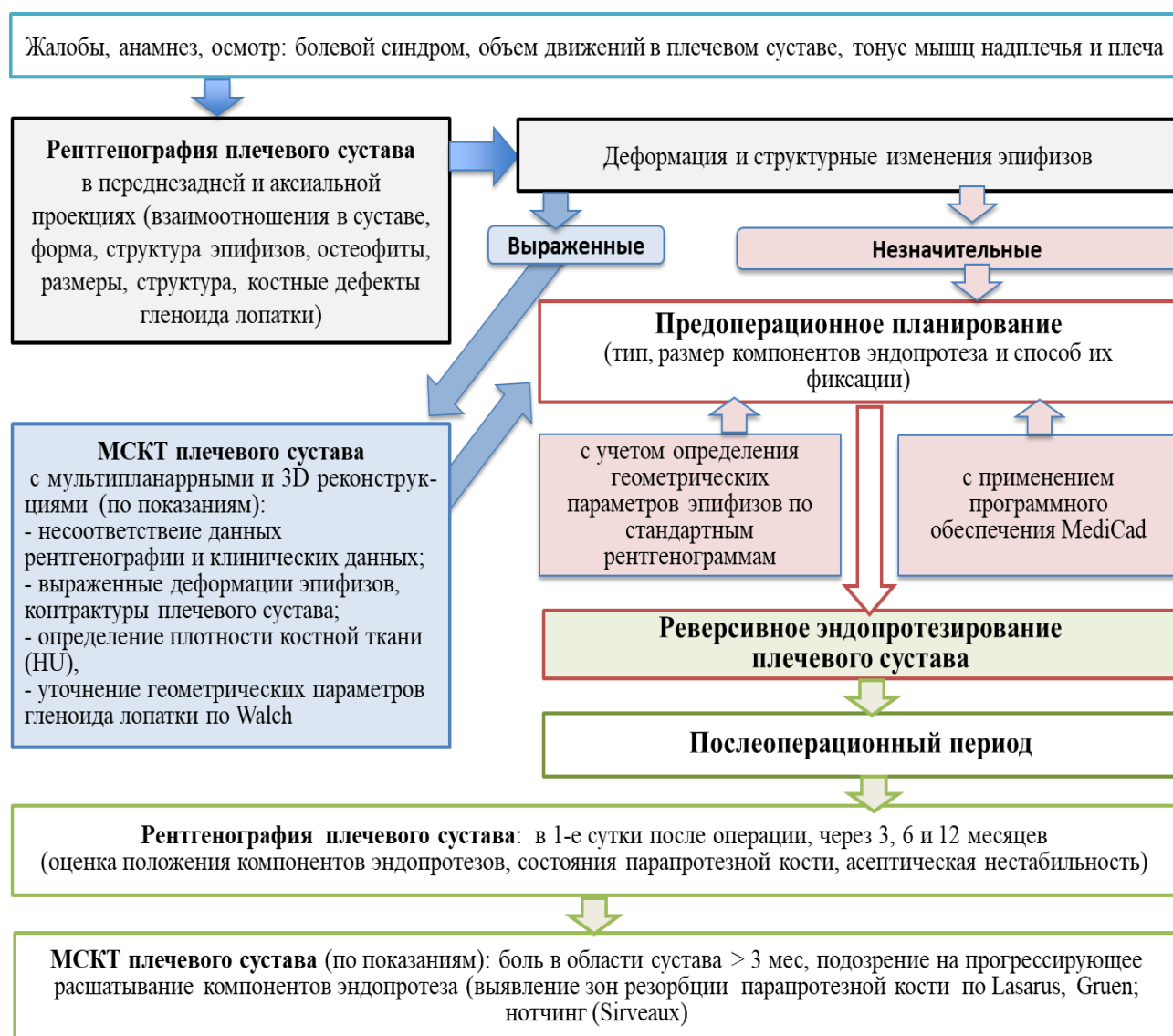


Рис. 1 – Алгоритм обследования пациентов с патологией плечевого сустава на этапах до и после реверсивного эндопротезирования

ВЫВОДЫ

1. В ходе анализа клинико-рентгенологических данных определены ключевые геометрические параметры эпифизов, образующих плечевой сустав (линейные размеры гленоида, его версия, глубина и структура костной ткани), критически важных для планирования реверсивного эндопротезирования.

2. Сравнительный анализ диагностической эффективности рентгенологических методик на дооперационном этапе продемонстрировал наибольшую информативность МСКТ в определении ретроверсии, угла наклона, глубины гленоида и костных дефектов: $J = 0,95\text{--}0,98$ (для стандартной рентгенографии варьировал от 0,45 до 0,88), точность МСКТ составила 98,5–99,4 % (у рентгенографии 75,5 – 86,9 %). В послеоперационном периоде МСКТ является методом достоверной объективной оценки состояния эндопротеза и парапротезной костной ткани. Рентгенография лишь незначительно уступает МСКТ при выявлении парапротезных переломов и может использоваться для первичного контроля. Вместе с тем для диагностики перфорации гленоида, инфекционных осложнений и выраженной парапротезной резорбции костной ткани возможности рентгенографии существенно ограничены, это делает МСКТ методом выбора для объективной оценки и динамического мониторинга после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

3. Прогноз исходов реверсивного эндопротезирования плечевого сустава зависит от типа, размеров и способа фиксации его компонентов, что определяется, помимо геометрических параметров, плотностью костной ткани суставного отростка лопатки. Наиболее выраженное снижение плотности костной ткани отмечено у женщин в постменопаузальном периоде. Критическим пороговым значением было снижение плотности костной ткани гленоида ниже + 150 НУ, что являлось предиктором риска асептической нестабильности компонентов эндопротеза и требовало цементной фиксации.

4. В результате оценки возможностей определения типа, размера и положения компонентов реверсивного эндопротеза плечевого сустава по

данным, полученным посредством программного обеспечения цифрового планирования MediCad в сравнении с интраоперационными результатами, установлена положительная корреляция умеренной силы преимущественно у пациентов с дегенеративными изменениями (коэффициент корреляции составил + 0,575). У пациентов с посттравматическими деформациями плечевого сустава точность планирования оказалась значительно ниже (допустимое расхождение ≤ 5 мм отмечено только у 50 % пациентов).

5. Апробация разработанного алгоритма рентгенологического обследования пациентов с патологией плечевого сустава продемонстрировала повышение точности диагностики изменений эпифизов, влияющих на оптимальный выбор типов и размеров реверсивных эндопротезов, способов их фиксации и позволила своевременно выявить осложнения в послеоперационном периоде.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для первичного обследования пациентов с патологией плечевого сустава перед реверсивным эндопротезированием рекомендовано выполнение стандартной рентгенографии в прямой и аксиальной проекциях. Для детальной оценки состояния костных структур и гленоида в обязательном порядке следует применять МСКТ с мультипланарными и 3D-реконструкциями, особенно при наличии выраженных деформаций.

2. Для точного определения ключевых геометрических параметров плечевого сустава (верхненижний и переднезадний размеры гленоида, угол наклона, ретроверсия и глубина суставной впадины), а также прогнозирования риска асептической нестабильности эндопротеза, на дооперационном этапе необходимо использовать МСКТ с количественной оценкой минеральной плотности костной ткани гленоида.

3. Применение специализированного программного обеспечения MediCad для предоперационного планирования размеров компонентов эндопротеза

целесообразно использовать при обследовании пациентов с дегенеративными изменениями плечевого сустава без грубых посттравматических деформаций и выраженных параартикулярных оссификатов. У остальных групп пациентов (особенно при выраженных посттравматических деформациях) использовать MediCad для планирования размеров компонентов эндопротеза не рекомендуется, а предоперационную подготовку следует проводить преимущественно по данным МСКТ.

4. С целью стандартизации обследования и повышения точности диагностики необходимо внедрить в клиническую практику многоэтапный алгоритм рентгенологического обследования пациентов, включающий обязательные этапы предоперационной рентгенографии и МСКТ, включая регулярный послеоперационный мониторинг (рентгенография в 1-е сутки после операции, через 3, 6 и 12 мес.).

5. Для оценки динамики плотности костной ткани гленоида и прогнозирования исходов реверсивного эндопротезирования необходимо включение КТ-денситометрии в обязательный протокол обследования пациентов. Следует использовать пороговое значение менее +150 HU в качестве критерия для принятия решений о необходимости цементной фиксации компонентов с целью профилактики асептической нестабильности и других осложнений.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кошелев П. О. Лучевая диагностика при эндопротезировании плечевого сустава (обзор литературы) / Егорова Е. А., Кошелев П. О. // **Радиология – практика. – 2022. – № 6. – С. 33–46.**

2. Кошелев П. О. Возможности стандартной рентгенографии с применением программного обеспечения для обработки рентгеновских изображений и мультисрезовой компьютерной томографии при планировании реверсивного эндопротезирования плечевого сустава. / Кошелев П. О., Егорова Е. А., Дьячкова Г. В., Дьячков К. А. // **Радиология — практика. – 2023. – № 6. – С.66–77.**

3. Кошелев П. О. Определение плотности костной ткани на основании данных МСКТ у пациентов с посттравматическими изменениями плечевого сустава перед реверсивным эндопротезированием. / Кошелев П. О. // **Медицинский вестник МВД. – 2024. – № 6. – С. 45–50.**

4. Кошелев П.О. Оценка послеоперационных осложнений реверсивного эндопротезирования плечевого сустава по данным мультисрезовой компьютерной томографии. / Кошелев П. О., Егорова Е. А. // **Радиология – практика. – 2025. – № 5. – С. 34–46.**

5. Кошелев П. О. Лучевые методы обследования у пациентов с посттравматическими и дегенеративными изменениями плечевого сустава перед оперативным вмешательством в объеме реверсивного эндопротезирования. / Кошелев П. О. // Сборник тезисов XVI международного конгресса «Невский радиологический форум». Балтийский медицинский образовательный центр. – 2025.

6. Кошелев П. О. Лучевые методы обследования у пациентов с посттравматическими и дегенеративными изменениями плечевого сустава после оперативного вмешательства в объеме реверсивного эндопротезирования. / Кошелев П. О. // Сборник материалов XLVII Итоговой научной конференции Общества молодых ученых Российского университета медицины. – 2025.

7. Кошелев П. О. Электронная база данных по теме Рентгеновские технологии при реверсивном эндопротезировании плечевого сустава с применением программ цифрового планирования. // Бюллетень «Хроники Объединенного фонда электронных ресурсов “Наука и образование”». – 2024. – № 09(184).

8. Кошелев П.О. Протокол рентгенологического обследования пациентов при реверсивном эндопротезировании плечевого сустава. // «Навигатор в мире науки и образования». – 2025. – № 03(68).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ – визуально-аналоговая шкала

HU – единицы Хаунсфилда

МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография

ПКТ – плотность костной ткани

ROI – область интереса (region of interest)

J – индекс Юдена

3D – трёхмерная реконструкция

MediCad – программное обеспечение для цифрового планирования ортопедических операций

ГКБ – городская клиническая больница

Подписано в печать 21.10.2026
Объем 1,0 усл.п.л.
Тираж 100 экз. Заказ № 2107
Отпечатано в типографии «Реглет»
г. Москва, пр-т Мира, д.38
+7 (495)979-98-99, www.reglet.ru