



## ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья

УДК 616-073.756.8 + 616-001

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-6-33-46>

# Лучевая диагностика при эндопротезировании плечевого сустава (обзор литературы)

Е. А. Егорова<sup>1</sup>, П. О. Кошелев<sup>\* 1, 2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова» Минздрава России

<sup>2</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17 Департамента здравоохранения города Москвы»

### Реферат

Эндопротезирование плечевого сустава становится все более распространенной процедурой при тяжелых повреждениях и заболеваниях проксимального отдела плечевой кости. Наряду с клинико-anamnestическими данными результаты лучевых методов (рентгенографии, мультисрезовой компьютерной и магнитно-резонансной томографии) являются основой обследования пациентов перед оперативным вмешательством.

Целью литературного обзора был анализ результатов научных исследований, посвященных возможностям лучевых методов в оценке изменений плечевого сустава до и после эндопротезирования.

В ходе аналитического обзора литературы продемонстрировано, что мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ) имеет наибольший потенциал при планировании и контроле эффективности эндопротезирования, позволяет наиболее точно определить структурные и анатомические изменения эпифизов, образующих плечевой сустав.

Значительно расширяет возможности МСКТ использование программ цифрового планирования хирургического вмешательства, которые позволяют осуществить подбор имплантатов для конкретного пациента с определением параметров размещения компонентов эндопротеза. Однако опыт использования этих программ ограничен, они не имеют широкого распространения и единого стандарта применения при планировании эндопротезирования.

---

\* **Кошелев Павел Олегович**, аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: [rgkoshelev@mail.ru](mailto:rgkoshelev@mail.ru)

ORCID.org/0000-0003-1898-5699

**Koshelev Pavel Olegovich**, Postgraduate of Department of Radiology, Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 9a ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: [rgkoshelev@mail.ru](mailto:rgkoshelev@mail.ru)

ORCID.org/0000-0003-1898-5699

© Е. А. Егорова, П. О. Кошелев.

Кроме того, из-за наличия металлических компонентов эндопротеза снижаются возможности лучевых методов на послеоперационном этапе для выявления неблагоприятных последствий и осложнений эндопротезирования из-за артефактов или суммационных эффектов, что требует доработки протоколов исследований и алгоритма анализа полученных данных.

**Ключевые слова:** мультисрезовая компьютерная томография, рентгенография, цифровое планирование, эндопротезирование, плечевой сустав.

### **Финансирование исследования и конфликт интересов**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## **THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION**

Review article

### **Radiodiagnostics in Shoulder Joint Arthroplasty (Literature Review)**

**E. A. Egorova<sup>1</sup>, P. O. Koshelev\*<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia

<sup>2</sup> City Clinical Hospital No. 17, Moscow Healthcare Department

### **Abstract**

Shoulder joint replacement is becoming an increasingly common procedure for severe injuries and diseases of the proximal humerus, which in turn requires a thorough and purposeful preoperative examination of patients, respectively, expansion and improvement of the diagnostic program used by them, one of the most important elements of which are radiation diagnostic methods, in particular standard radiography and multisection computed tomography.

Analyzing the given literature data, it can be noted that the use of multisection computed tomography allows to ensure the most accurate position of the components of the endoprosthesis at the preoperative stage, allows the use of digital planning programs for a specific patient and significantly increases the reliability of the results of long-term follow-up of patients at the postoperative stage in the detection of signs of aseptic instability

However, despite the fact that multisection computed tomography is widely used in patients at the preoperative stage, a number of parameters for the placement of endoprosthesis components, in particular the glenoid component of the endoprosthesis, still do not have a single standard for planning, in addition, it requires refinement of the algorithm for the use of multisection computer tomography at the postoperative stage, due to artifacts that reduce the quality of images and preventing a reliable analysis of the fixation of the components of the endoprosthesis.

**Key words:** Multisection Computed Tomography, Radiography, Patient-Specific Instrumentation, Endoprosthetics, Shoulder Joint.

### **Research funding and conflicts of interest**

The study was not funded by any sources. The authors declare that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article

belong to the authors of the manuscript. The authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## **Актуальность**

Эндопротезирование плечевого сустава как методика имеет уже более чем вековую историю. Так, в 1891 г. Т. Gluck впервые сообщил о разработанном им эндопротезе проксимального отдела плечевой кости из слоновой кости и применении этого эндопротеза у пациента с туберкулезным поражением плечевого сустава. Первая официально зарегистрированная операция по эндопротезированию плечевого сустава, которая датируется 11 марта 1893 г., была проведена французским хирургом J. E. Rean также у пациента с туберкулезным разрушением плечевого сустава, отказавшегося от ампутации пораженной конечности.

Началом современной эры эндопротезирования можно считать 1953 г., когда С. Neer впервые выполнил монополюсное эндопротезирование у пациента с оскольчатым переломом проксимального отдела плечевой кости. Однако оригинальный эндопротез Neer имел ряд ограничений, которые затрудняли воспроизведение нормального движения плечевого сустава у прооперированных пациентов [1].

С тех пор в конструкцию эндопротеза плечевой кости было внесено более 70 модификаций.

Количество проведенных операций по эндопротезированию плечевого сустава неуклонно растет, это связано с улучшением отдаленных результатов эндопротезирования, накоплением опыта по данному типу операций, снижением количества послеоперационных осложнений, улучшением диагностической оснащённости клиник и значительным повышением качества самих эндопротезов.

На текущий момент по всему миру проводится более 100 тыс. операций по эндопротезированию плечевого сустава в год, из них более 60 тыс. составляют реверсивные эндопротезы [5]. В частности, отмечается увеличение количества операций по установке анатомических и реверсивных эндопротезов и снижение количества гемиаартропластик.

Основными показаниями для установки эндопротеза являются:

- 3- и более фрагментарные переломы головки и хирургической шейки плечевой кости;
- застарелые переломы головки и хирургической шейки плечевой кости;
- ревматоидный артрит с преимущественным поражением плечевого сустава 3–4-й ст. по Kellgren;
- артрозы плечевого сустава 3–4-й стадий, анкилозы другой этиологии;
- опухоли костей, образующих плечевой сустав.

Наряду с этим по-прежнему сохраняется стабильно высокое количество осложнений в раннем и отдаленном послеоперационном периоде, частота которых, по разным данным, колеблется от 4,7 до 38 %.

К наиболее частым ранним осложнениям относятся:

- асептическая нестабильность и миграция компонентов эндопротеза;
- вывих плеча;
- перипротезный перелом диафиза плечевой кости;
- инфекционные осложнения.

Несмотря на то что в последние годы отмечается значительное повышение количества работ, изучающих различные аспекты лучевой диагностики при эндопротезировании плечевого сустава, некоторые вопросы по-прежнему

требуют дополнительного изучения в клинической практике:

- нет единого мнения о необходимости систематического использования предоперационной компьютерной томографии у пациентов с повреждением плечевого сустава;
- ряд параметров размещения компонентов эндопротеза, в том числе и гленоидного компонента, не имеют единого стандарта при планировании;
- сохраняются трудности в ранней диагностике парепротезного разрежения костной ткани, связанные с недостаточной информативностью стандартной рентгенографии, с одной стороны, и выраженными артефактами, вызванными металлической частью компонентов эндопротеза, препятствующими достоверному анализу фиксации компонентов эндопротеза, с другой стороны;
- недостаточно изучен вопрос применения программ цифрового планирования при эндопротезировании плечевого сустава.

В настоящее время в русскоязычной литературе эндопротезирование плечевого сустава не упоминается в клинических рекомендациях в рубрике «Перелом на уровне плечевого пояса и плеча» по аналогии с рубриками, включающими в себя травмы и дегенеративные заболевания коленного и тазобедренного суставов.

Однако эндопротезирование является рекомендованным методом хирургического лечения в клинических рекомендациях, касающихся ревматоидного артрита и опухолей костей, которые нередко поражают структуры плечевого сустава.

**Цель исследования:** проанализировать результаты научных исследований, посвященных возможностям лучевых методов обследования при предоперационном планировании и

на этапе контроля эффективности результатов эндопротезирования плечевого сустава.

## **Предоперационная визуализация изменений плечевого сустава на этапе планирования эндопротезирования плечевого сустава**

### **Визуализация при неотложной хирургии**

Переломы проксимального отдела плечевой кости являются третьими по распространенности и составляют около 5 % всех переломов, кроме того, их количество возрастает. Несмотря на то что 3- и 4-компонентные переломы возникают менее чем в 5 % случаев всех переломов проксимального отдела плечевой кости, их количество значительно выше у пациентов пожилого возраста по сравнению с молодыми пациентами.

Визуализация является важнейшим элементом в диагностике и последующем лечении переломов проксимального отдела плечевой кости. Рентгенография является первичным методом обследования при жалобах пациента на боль и ограничение функции со стороны плечевого сустава. Однако ввиду сложного анатомического строения, множества скиалогических эффектов, ограничения методики она не позволяет должным образом оценить все структуры, в частности, гленоид, вращательную манжету плеча, капсульно-связочный аппарат, топографо-анатомические соотношения костных фрагментов лопатки и проксимальных отделов плечевой кости при повреждении. МСКТ имеет больше возможностей при решении этих проблем, позволяет оценить обызвествления гленоида, точно оценить расположение фрагментов при многооскольчатых переломах костей, образующих плечевой сустав.

Переломы проксимального отдела плечевой кости требуют относительно срочного хирургического вмешательства. Однако долгосрочный прогноз восстановления функции является достаточно сложной и многогранной задачей, так как осложнения в отсроченном послеоперационном периоде зачастую снижают результаты лечения.

P. Voileau и др. (2018) [6] с помощью ретроспективного анализа оценили результаты рентгенографий и компьютерных томографий у пациентов с многооскольчатыми (3- и 4-фрагментарными) переломами проксимального отдела плечевой кости после проведения гемиаартропластики. Авторы выявили основные рентгенологические критерии, исходя из которых можно прогнозировать хорошие функциональные результаты: анатомическое расположение большей бугристости (латерально относительно ножки эндопротеза), заживление большей бугристости вокруг протеза и восстановление лопаточно-плечевой дуги. Кроме того, были выявлены следующие факторы риска, снижающие функциональные и анатомические результаты гемиаартропластики: возраст более 75 лет, женский пол.

T. M. Gregory и др. (2017) [10] в своем исследовании выступают за систематическое использование предоперационной компьютерной томографии при 3- и 4-фрагментарных переломах проксимального отдела плечевой кости для оценки степени смещения фрагментов, классификации перелома, оценки жизнеспособности головки плечевой кости и механических свойств подлежащей кости.

### **Визуализация при плановой хирургии**

Операции по тотальному эндопротезированию плечевого сустава являются вынужденной мерой при самых тяжелых повреждениях и заболеваниях проксимального отдела плечевой кости

и должны выполняться только по строгим показаниям при бесперспективности органосохраняющего лечения. Что, в свою очередь, требует тщательного и целенаправленного предоперационного обследования пациентов, соответственно расширения и совершенствования применяющейся у них диагностической программы, одними из важнейших элементов которой являются лучевые методы диагностики, в частности, стандартная рентгенография, магнитно-резонансная томография (МРТ) и мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ).

Помимо анализа состояния вращательной манжеты (тендинопатия, жировая дегенерация) с помощью МСКТ, ультразвукового сканирования или МРТ, 3D-реконструкции компьютерных томограмм имеют решающее значение для определения деформации гленоида в результате эрозии, локализации краевых остеофитов, истинного центра суставной впадины гленоида и оценки остаточного запаса костной ткани гленоида [13].

Указанные параметры имеют важное значение при планировании эндопротезирования плечевого сустава.

Так, T. M. Gregory и др. (2017) [10] сравнили предоперационную и послеоперационную компьютерную томографию пациента, перенесшего реверсивное эндопротезирование плечевого сустава, и показали, что расположение гленоидного компонента сильно зависит от предоперационной эрозии гленоида.

В подтверждение необходимости полноценной 3D-реконструкции при планировании эндопротезирования плечевого сустава J. Verhouet и др. в 2017 г. провели определение точности позиционирования гленоидного компонента эндопротеза, когда видна только поверхность суставного отростка, по сравнению с тем, когда вся лопатка визуализируется на виртуальной 3D-модели [3].

Был произведен анализ компьютерных томограмм 30 пораженных артритом плечевых суставов.

Хирурги виртуально поместили компонент гленосферы в модель, визуализируя только поверхность гленоида, чтобы имитировать типичное интраоперационное воздействие («слепая 3D»-хирургия). Затем они поместили компонент в идеальное положение, визуализируя всю лопатку (операция «видимая 3D»). Далее эти два положения сравнивались, и точность позиционирования компонента суставной кости оценивалась с точки зрения коррекции родной версии суставной кости и наклона, а также предотвращения перфорации свода суставной кости.

Авторы пришли к выводу: если в качестве эталона используется вся лопатка, точность планирования повышается, а перфорация суставного свода встречается реже.

Стоит упомянуть ряд исследований по сравнению возможностей МРТ и МСКТ при планировании эндопротезирования. МРТ обеспечивает превосходное качество для оценки мягких тканей и является золотым стандартом для оценки повреждений вращательной манжеты плеча [12].

Colton J. и др. (2021) в своей работе сравнивали точность измерений при использовании МСКТ и МРТ на дооперационном этапе для определения размеров гленоидного компонента импланта при реверсивном эндопротезировании плечевого сустава [7].

Авторы пришли к выводам, что МР-визуализация может превосходить МСКТ для прогнозирования ширины гленоида и не менее точна, чем КТ для прогнозирования длины центрального винта опорной пластины гленоида в выборных условиях.

Lowe J. T. и др. (2017) [16] сравнили МРТ с МСКТ для оценки их возможностей при предоперационной подготовке к эндопротезированию

плечевого сустава. Продемонстрировано, что возможности МРТ и МСКТ сопоставимы для анализа геометрических характеристик суставных концов при негрубых деформациях. Однако возможности МРТ значительно снижаются при деформации эпифизов типа В2 по Walch и показывают ложно завышенные деформации суставов типа С по Walch по сравнению с МСКТ, опровергая идею о том, что МРТ может полностью заменить МСКТ при планировании эндопротезирования плечевого сустава.

Тем не менее ряд вопросов лучевого обследования на дооперационном этапе до сих пор не имеют однозначного решения.

Berhouet J. и др. (2016) в своей работе проанализировали воспроизводимость 3D-позиционирования гленоидного компонента эндопротеза между наблюдателями во время виртуального предоперационного планирования [6].

В результате работы авторы сравнили положение точки входа направляющего штифта гленоидного компонента, положение центра опорной пластины и показатели версии и наклона опорной пластины при реверсивном эндопротезировании у 30 человек с дегенеративными изменениями плечевого сустава, прооперированными четырьмя разными хирургами.

Авторы пришли к выводу, что критерии латерализации, версии и наклона при позиционировании опорной пластины гленоида требуют дополнительного изучения в клинической практике для определения золотого стандарта при планировании. Тем не менее информация, полученная при 3D предоперационном планировании, применима для оценки деформации суставной поверхности лопатки и для планирования положения опорной пластины.

В рамках реверсивного эндопротезирования плечевого сустава ряд параметров размещения компонентов

эндопротеза, в частности гленоидного компонента эндопротеза, не имеют единого стандарта при планировании.

## Программы цифрового планирования

Отдельно следует упомянуть программы цифрового планирования (Patient-specific instrumentation, PSI), которые все чаще используются в настоящее время при планировании эндопротезирования суставов, в том числе и плечевого.

Как уже подчеркивалось, точное позиционирование компонентов эндопротеза, а особенно гленоидного компонента, является одной из наиболее сложных интраоперационных задач, которая напрямую влияет на выживаемость имплантата, а также на функциональный результат.

Для решения этих проблем было разработано специализированное программное обеспечение, позволяющее на основе выполненной компьютерной томографии на дооперационном этапе выявить анатомические особенности, деформацию суставной поверхности гленоида конкретного пациента и позиционировать компоненты эндопротеза.

Недавние исследования были направлены на оценку результатов эндопротезирования плечевого сустава с использованием этих программ.

Так, Min K. S. и др. (2020) провели исследование, в котором сравнили, влияет ли использование программ цифрового планирования для конкретного пациента на тактику ведения пациента и планирование хирургического вмешательства по сравнению со стандартной рентгенографией и компьютерной томографией [18].

Авторы предложили 59 оперирующим хирургам определить классификацию гленоида по Walch и спланировать дальнейшее оперативное вмешательство, основываясь на предложенных методах визуализации (классическая рент-

генография, компьютерная томография и PSI), а затем сравнили результаты с мнением экспертной группы. В результате авторы пришли к выводам, что использование PSI позволило хирургам наиболее точно определить классификацию гленоида и планируемое оперативное вмешательство по сравнению с мнением экспертной группы.

Iannotti J. и др. (2014) протестировали методику PSI на моделях костей пациентов с патологией плечевого сустава, предложив трем хирургам произвести установку направляющего штифта гленоидного компонента эндопротеза с использованием предоперационного шаблона, 3D-реконструкции компьютерной томографии и с помощью PSI [19].

В своем исследовании авторы сообщили о статистически значимом улучшении расположения штифта, версии и наклона при применении PSI по сравнению с использованием предоперационного шаблона и 3D-программного обеспечения.

Gauci M. O. и др. (2016) дополнительно подтвердили эти результаты *in vivo*, продемонстрировав воспроизводимую и точную ориентацию и позиционирование гленоидного компонента эндопротеза у 17 пациентов с эндопротезированием, используя PSI [9].

Однако не все авторы в своих исследованиях с использованием методики PSI получили положительные результаты. Так, Lau S. C. и др. (2017) при анализе результатов тотального эндопротезирования плечевого сустава у 11 пациентов, 4 из которых был установлен реверсивный эндопротез, получили значения ретроверсии  $8 \pm 10^\circ$  и наклона  $1 \pm 4^\circ$  при тотальном эндопротезировании и значения ретроверсии  $0 \pm 10^\circ$ , и  $-1 \pm 5^\circ$  наклона при реверсивном эндопротезировании [14].

Авторы пришли к выводам, что точность позиционирования гленоидного компонента эндопротеза с использо-

ванием PSI in vivo не так успешна, как предполагается в литературе.

## **Визуализация изменений плечевого сустава после эндопротезирования**

Пациентам после проведения эндопротезирования плечевого сустава обычно проводится стандартное рентгеновское исследование в прямой передне-задней, боковой и аксиальной проекциях. Это позволяет оценить положение компонентов эндопротеза, выявить ранние послеоперационные осложнения, кроме того, проведенное рентгенологическое обследование служит эталонным изображением для последующего наблюдения за пациентами на отсроченном послеоперационном этапе.

Стоит подчеркнуть важность качественного выполнения стандартной рентгенографии в раннем послеоперационном периоде. Так, Namdari S. и др. (2013) в своем исследовании сравнили качество рентгенограмм, проведенных в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) пациентам непосредственно после оперативного вмешательства, с рентгенограммами, выполненными позднее [15].

В результате авторы пришли к выводу, что ни одна из рентгенограмм, выполненных в ОРИТ, не удовлетворяла критериям базового исследования для дальнейшего наблюдения и ни в одном из случаев не несла дополнительной информации для изменения тактики ведения пациента, тогда как 83 % рентгенограмм, выполненных позднее, были признаны достаточными для использования в качестве базовых рентгенограмм.

В течение последующих лет после операции проводится регулярное обследование пациента, включающее в себя рентгенологическое исследование, уровень функциональности и амплитуду движения в плечевом суставе. Наибо-

лее распространенными осложнениями являются: инфекция, ограничение движения в суставе, болевой синдром, нестабильность плеча, вторичный разрыв вращательной манжеты и асептическая нестабильность имплантата.

Нестабильность гленоидного компонента эндопротеза по-прежнему остается основной причиной отрицательных результатов тотального эндопротезирования плечевого сустава. По данным ряда исследований, частота асептической нестабильности составляет 39 и 83 % от тех, которые связаны с гленоидным компонентом эндопротеза.

При тотальном эндопротезировании плечевого сустава асептическая нестабильность возникает в результате воздействия ряда факторов, таких как локальное воздействие метилметакрилата, неадекватное натяжение мягких тканей, воздействие эксцентрических нагрузок, нарушения техники установки компонентов или грубое нарушение пациентом послеоперационного режима [2].

Nho S. J. и др. (2009) проанализировали гленоидные компоненты эндопротеза плечевого сустава, извлеченные при ревизионном хирургическом вмешательстве, и выявили, что в результате столкновения края гленоидного компонента и метафиза плечевой кости происходит разрушение полиэтиленового покрытия суставных поверхностей эндопротеза и формирование полиэтиленовой гранулемы, вызывающей асептическое разрушение окружающей костной ткани [20].

Наиболее важными являются качество первичной фиксации суставного имплантата и его позиционирование, расположение головки плечевой кости, несоответствие между этими двумя имплантатами, качество подлежащей субхондральной кости, шероховатость имплантатов и техника цементирования. В частности, позиционирование гленоидного имплантата является критическим

шагом для клинических результатов и длительного срока службы эндопротезов плечевого сустава.

По данным различных источников, парапротезные участки разряжений костной ткани в 10-летнем периоде наблюдения при стандартном рентгенологическом исследовании встречаются в 80 % случаев [14]. Однако встречаемость указанных изменений значительно различается. Одной из возможных причин этого является то, что участки разрежения не всегда видны на рентгенограммах, даже когда имеются признаки асептической нестабильности.

Это подтверждает ряд исследований. Так, Yian E. H. и др. (2005) изучили серию КТ и стандартных рентгенограмм у 43 пациентов после тотального эндопротезирования плечевого сустава в среднем в течение сорока месяцев [21]. Авторы пришли к выводу, что КТ достоверно является более чувствительной методикой, чем рентгенография, для выявления признаков асептической нестабильности, 40 % участков парапротезного разрежения костной ткани, выявленных на КТ, не визуализировались на стандартной рентгенографии.

Однако МСКТ имеет существенный недостаток при данном типе исследования, а именно — выраженные артефакты, вызванные металлической частью головки плечевой кости, снижают качество изображений и в ряде случаев препятствуют достоверному анализу фиксации компонентов эндопротеза.

Gregory T. M. и др. (2014) провели исследование, в котором 11 пациентам после тотального эндопротезирования плечевого сустава была проведена компьютерная томография в положении на боку с максимальным отведением конечности вперед, указанное положение выравнивает ось гленоидного компонента эндопротеза с осью КТ-сканера. По результатам исследования авторам удалось почти полностью устранить артефакты и бо-

лее точно оценить фиксацию гленоидного компонента эндопротеза [11].

В другой работе Gregory T. M. и др. (2013) проанализировали выборку из 68 пациентов после тотального эндопротезирования плечевого сустава, наблюдавшихся в период от 6 до 88 месяцев (среднее значение 35), и предложили пятиступенчатую оценку для классификации остеолита вокруг гленоидного компонента эндопротеза плечевого сустава:

- отсутствие остеолита;
- остеолит, расположенный в одном или двух местах фиксации;
- массивный остеолит, окружающий всю область фиксации относительно кортикальной пластины кости;
- массивный остеолит с одним или несколькими дефектами кортикальной пластины кости и массивный остеолит, связанный с лизисом кортикальной пластины кости [17].

В результате анализа авторы пришли к выводу, что неправильное расположение суставного компонента эндопротеза оказывает прямое влияние на клинические и рентгенологические результаты эндопротезирования. Кроме того, исследование демонстрирует большую вариабельность положений гленоидного компонента даже при установке одним и тем же опытным хирургом, что говорит о необходимости дальнейших разработок в области методов эндопротезирования.

Недавние достижения в развитии методик уменьшения артефактов от металла при проведении МРТ могут быть полезными при оценке изменений плечевого сустава после эндопротезирования. Модификации включают в себя выравнивание градиента частотного кодирования вдоль продольной оси протеза и использование более широкой полосы пропускания приемника для уменьшения артефактов магнитной восприимчивости. Кроме того, существуют дополнительные последовательности

от различных производителей томографов, такие как SEMAC (Slice Encoding for Metal Artifact Correction) и MAVRIC (multiacquisition variable-resonance image combination), которые могут дополнительно уменьшить артефакты вокруг металлических компонентов эндопротеза.

С помощью этих методик МРТ возможно получение информации, которая недоступна при применении других лучевых методов. Например, разрывы структур вращательной манжеты плеча, функциональная перегрузка дельтовидной мышцы, скрытые переломы эпифизов, повреждение нервных сплетений [8].

Существуют иные методики лучевой диагностики, позволяющие оценить изменения плечевого сустава, такие как томосинтез и конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), однако их применение в оценке состояния плечевого сустава на до- и послеоперационном этапах при эндопротезировании в литературе не описано.

## Заключение

Анализируя приведенные данные литературы, можно отметить, что лучевые методы обследования играют важную роль при планировании и оценке результатов эндопротезирования плечевого сустава. Кроме того, качество и достаточный объем проведенного обследования оказывают непосредственное влияние на функциональные результаты проведенного эндопротезирования плечевого сустава.

С учетом имеющегося опыта применения лучевых методов на до- и послеоперационных этапах эндопротезирования плечевого сустава необходимо дальнейшее совершенствование алгоритма диагностики с использованием высокотехнологичных томографических методов. Их применение позволит осуществлять:

- наиболее точное положение компонентов эндопротеза, в частности по-

ложение гленоидного компонента при реверсивном эндопротезировании, на этапе планирования;

- повышение достоверности результатов долгосрочного наблюдения пациентов на послеоперационном этапе для выявления признаков асептической нестабильности, поскольку она показывает более высокую чувствительность по сравнению со стандартной рентгенографией.

Большой потенциал имеет использование программ цифрового планирования, основанных на проведении МСКТ на предоперационном этапе. Необходима дальнейшая оценка долгосрочных результатов эндопротезирования и экономической эффективности при использовании указанных программ.

## Список литературы

1. Майков С. В. Эволюция эндопротезирования плечевого сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2020. Т. 27 (1). С. 84–90. doi: <https://doi.org/10.17816/vto202027184-90>
2. Шестерня Н. А., Иванников С. В., Жарова Т. А., Сухарев Н. А. Виды осложнений при тотальном эндопротезировании плечевого сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. 2018. № 2 (26). С. 53 – 56.
3. Berhouet J., Jacquot A., Walch G., Deransart P., Favard L., Gauci M. O. Pre-Operative Planning of Baseplate Position in Reverse Shoulder Arthroplasty: Still No Consensus on Lateralization, Version and Inclination. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2021. Oct. V. 12. P. 103–115. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103115. Epub ahead of print. PMID: 34653644.
4. Berhouet J., Gulotta L. V., Dines D. M., Craig E., Warren R. F., Choi D., Chen X., Kontaxis A. Preoperative planning for accurate glenoid component positioning in reverse shoulder arthroplasty. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2017 May;103(3):407–413.

- doi: 10.1016/j.otsr.2016.12.019. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28238965.
5. *Best M. J., Aziz K. T., Wilckens J. H., McFarland E. G., Srikumaran U.* Increasing incidence of primary reverse and anatomic total shoulder arthroplasty in the United States. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2021 May;30(5): 1159–1166. doi: 10.1016/j.jse.2020.08.010. Epub 2020 Aug 26. PMID: 32858194.
  6. *Boileau P., Alta T. D., Decroocq L., Sirveaux F., Clavert P., Favard L., Chelli M.* Reverse shoulder arthroplasty for acute fractures in the elderly: is it worth reattaching the tuberosities? *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2019 Mar;28(3):437–444. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.025. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30573429.
  7. *Bohonos C. J., Russell S. P., Morrissey D. I.* CT versus MRI planning for reverse geometry total shoulder arthroplasty, *Journal of Orthopaedics*, V. 28, 2021, P. 21–25. ISSN 0972-978X. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2021.10.003>
  8. *Chen K. C., Chen J. Y.* All About Shoulder Arthroplasty: What Radiologists Should Know. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2019 Apr;23(2):126–140. doi: 10.1055/s-0039-1683359. Epub 2019 Mar 29. PMID: 30925626.
  9. *Gauci M. O., Boileau P., Baba M., Chaoui J., Walch G.* Patient-specific glenoid guides provide accuracy and reproducibility in total shoulder arthroplasty. *Bone Joint. J.* 2016 Aug;98-B(8):1080–5. doi: 10.1302/0301-620X.98B8.37257. PMID: 27482021.
  10. *Gregory T. M., Gregory J., Nicolas E., Pier-rart J., Masmеjean E.* Shoulder Arthroplasty Imaging: What's New. *Open Orthop. J.* 2017 Sep 30;11:1126–1132. doi: 10.2174/1874325001711011126. PMID: 29152007; PMCID: PMC5675998.
  11. *Gregory T., Hansen U., Khanna M., Mutchler C., Urien S., Amis A. A., Augereau B., Emery R.* A CT scan protocol for the detection of radiographic loosening of the glenoid component after total shoulder arthroplasty. *Acta. Orthop.* 2015 Feb;85(1):91–6. doi: 10.3109/17453674.2013.869653. Epub 2013 Nov 29. PMID: 24286563; PMCID: PMC3940998.
  12. *Gyftopoulos S., Rosenberg Z. S., Roberts C. C., Bencardino J. T., Appel M., Baccei S. J., Cassidy R. C., Chang E. Y., Fox M. G., Greenspan B. S., Hochman M. G., Jacobson J. A., Mintz D. N., Newman J. S., Shah N. A., Small K. M., Weissman B. N.* ACR Appropriateness Criteria Imaging After Shoulder. Arthroplasty. *J. Am. Coll. Radiol.* 2016 Nov; 13 (11): 1324–1336. doi: 10.1016/j.jacr.2016.07.028. PMID: 27814833.
  13. *Knowles N. K., Keener J. D., Ferreira L. M., Athwal G. S.* Quantification of the position, orientation, and surface area of bone loss in type B2 glenoids. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2015;24(4):503–510. doi: 10.1016/j.jse.2014.08.021.
  14. *Lau S. C., Keith P. P. A.* Patient-specific instrumentation for total shoulder arthroplasty: not as accurate as it would seem. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2018 Jan;27(1): 90–95. doi: 10.1016/j.jse.2017.07.004. Epub 2017 Sep 15. PMID: 28927670.
  15. *Longenecker A. S., Kazarian G. S., Boyer G. P., Lonner J. H.* Radiographic Imaging in the Postanesthesia Care Unit is Unnecessary After Partial Knee Arthroplasty. *J. Arthroplasty.* 2017 May;32(5): 1431–1433. doi: 10.1016/j.arth.2016.11.033. Epub 2016 Nov 27. PMID: 2799 8659.
  16. *Lowe J. T., Testa E. J., Li X., Miller S., DeAngelis J. P., Jawa A.* Magnetic resonance imaging is comparable to computed tomography for determination of glenoid version but does not accurately distinguish between Walch B2 and C classifications. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2017 Apr;26(4):669–673. doi: 10.1016/j.jse.2016.09.024. Epub 2016 Oct 17. PMID: 27765501.
  17. *Matthews, T., Neogi D.* (2018). Shoulder Implants. In: Agarwal S., Bansal G. (eds) *Radiology of Orthopedic Implants*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76009-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76009-4_4)

18. *Min K. S., Fox H. M., Bedi A., Walch G., Warner J. J. P.* Patient-specific planning in shoulder arthroplasty. *Bone Joint. J.* 2020 Mar;102-B(3):365–370. doi: 10.1302/0301-620X.102B3.BJJ-2019-1153.R1. PMID: 32114820.
19. *Meere P., Baena F. R. Y.* CAOS 2019. The 19th Annual Meeting of the International Society for Computer Assisted Orthopaedic Surgery. V. 3. P. 152–156.
20. *Trail I. A.* (2019). Design of Polyethylene Glenoid Components. In: Trail, I., Funk, L., Rangan, A., Nixon, M. (eds) *Textbook of Shoulder Surgery*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70099-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70099-1_13)
21. *Yian E. H., Werner C. M., Nyffeler R. W., Pfirrmann C. W., Ramappa A., Sukthankar A., Gerber C.* Radiographic and computed tomography analysis of cemented pegged polyethylene glenoid components in total shoulder replacement. *J. Bone. Joint. Surg. Am.* 2005 Sep;87(9):1928–36. doi: 10.2106/JBJS.D.02675. PMID: 16140806.
5. *Best M. J., Aziz K. T., Wilckens J. H., McFarland E. G., Srikumaran U.* Increasing incidence of primary reverse and anatomic total shoulder arthroplasty in the United States. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2021 May;30(5): 1159–1166. doi: 10.1016/j.jse.2020.08.010. Epub 2020 Aug 26. PMID: 32858194.
6. *Boileau P., Alta T. D., Decroocq L., Sirveaux F., Clavert P., Favard L., Chelli M.* Reverse shoulder arthroplasty for acute fractures in the elderly: is it worth reattaching the tuberosities? *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2019 Mar;28(3):437–444. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.025. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30573429.
7. *Bohonos C. J., Russell S. P., Morrissey D. I.* CT versus MRI planning for reverse geometry total shoulder arthroplasty, *Journal of Orthopaedics*, V. 28, 2021, P. 21–25. ISSN 0972-978X. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2021.10.003>
8. *Chen K. C., Chen J. Y.* All About Shoulder Arthroplasty: What Radiologists Should Know. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2019 Apr;23(2):126–140. doi: 10.1055/s-0039-1683359. Epub 2019 Mar 29. PMID: 30925626.
9. *Gauci M. O., Boileau P., Baba M., Chaoui J., Walch G.* Patient-specific glenoid guides provide accuracy and reproducibility in total shoulder arthroplasty. *Bone Joint. J.* 2016 Aug;98-B(8):1080–5. doi: 10.1302/0301-620X.98B8.37257. PMID: 27482021.
10. *Gregory T. M., Gregory J., Nicolas E., Pier-rart J., Masmеjean E.* Shoulder Arthroplasty Imaging: What's New. *Open Orthop. J.* 2017 Sep 30;11:1126–1132. doi: 10.2174/1874325001711011126. PMID: 29152007; PMCID: PMC5675998.
11. *Gregory T., Hansen U., Khanna M., Mut-chler C., Urien S., Amis A. A., Augereau B.,*

## References

1. *Maykov S. V.* Evolution of shoulder arthroplasty. *N. N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2020. V. 27 (1). P. 84–90 (in Russian). doi: <https://doi.org/10.17816/vto202027184-90>
2. *Shesternya N. A., Ivannikov S. V., Zharova T. A., Sukharev N. A.* Types of complications of total shoulder arthroplasty. *Department of Traumatology and Orthopedics.* 2018. No. 2 (26). P. 53–56 (in Russian).
3. *Berhouet J., Jacquot A., Walch G., Deransart P., Favard L., Gauci M. O.* Pre-Operative Planning of Baseplate Position in Reverse Shoulder Arthroplasty: Still No Consensus on Lateralization. *Version and Inclination.* *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2021. Oct. V. 12. P. 103–115. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103115. Epub ahead of print. PMID: 34653644.
4. *Berhouet J., Gulotta L. V., Dines D. M., Craig E., Warren R. F., Choi D., Chen X., Konta-*

- Emery R.* A CT scan protocol for the detection of radiographic loosening of the glenoid component after total shoulder arthroplasty. *Acta. Orthop.* 2015 Feb;85(1):91–6. doi: 10.3109/17453674.2013.869653. Epub 2013 Nov 29. PMID: 24286563; PMCID: PMC3940998.
12. *Gyftopoulos S., Rosenberg Z. S., Roberts C. C., Bencardino J. T., Appel M., Baccei S. J., Cassidy R. C., Chang E. Y., Fox M. G., Greenspan B. S., Hochman M. G., Jacobson J. A., Mintz D. N., Newman J. S., Shah N. A., Small K. M., Weissman B. N.* ACR Appropriateness Criteria Imaging After Shoulder Arthroplasty. *J. Am. Coll. Radiol.* 2016 Nov; 13 (11): 1324–1336. doi: 10.1016/j.jacr.2016.07.028. PMID: 27814833.
  13. *Knowles N. K., Keener J. D., Ferreira L. M., Athwal G. S.* Quantification of the position, orientation, and surface area of bone loss in type B2 glenoids. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2015;24(4):503–510. doi: 10.1016/j.jse.2014.08.021.
  14. *Lau S. C., Keith P. P. A.* Patient-specific instrumentation for total shoulder arthroplasty: not as accurate as it would seem. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2018 Jan;27(1):90–95. doi: 10.1016/j.jse.2017.07.004. Epub 2017 Sep 15. PMID: 28927670.
  15. *Longenecker A. S., Kazarian G. S., Boyer G. P., Lonner J. H.* Radiographic Imaging in the Postanesthesia Care Unit is Unnecessary After Partial Knee Arthroplasty. *J. Arthroplasty.* 2017 May;32(5):1431–1433. doi: 10.1016/j.arth.2016.11.033. Epub 2016 Nov 27. PMID: 27998659.
  16. *Lowe J. T., Testa E. J., Li X., Miller S., DeAngelis J. P., Jawa A.* Magnetic resonance imaging is comparable to computed tomography for determination of glenoid version but does not accurately distinguish between Walch B2 and C classifications. *J. Shoulder. Elbow. Surg.* 2017 Apr;26(4):669–673. doi: 10.1016/j.jse.2016.09.024. Epub 2016 Oct 17. PMID: 27765501.
  17. *Matthews, T., Neogi D.* (2018). Shoulder Implants. In: Agarwal S., Bansal G. (eds) *Radiology of Orthopedic Implants.* Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76009-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76009-4_4)
  18. *Min K. S., Fox H. M., Bedi A., Walch G., Warner J. J. P.* Patient-specific planning in shoulder arthroplasty. *Bone Joint. J.* 2020 Mar;102-B(3):365–370. doi: 10.1302/0301-620X.102B3.BJJ-2019-1153.R1. PMID: 32114820.
  19. *Meere P., Baena F. R. Y.* CAOS 2019. The 19th Annual Meeting of the International Society for Computer Assisted Orthopaedic Surgery. V. 3. P. 152–156.
  20. *Trail I. A.* (2019). Design of Polyethylene Glenoid Components. In: Trail, I., Funk, L., Rangan, A., Nixon, M. (eds) *Textbook of Shoulder Surgery.* Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70099-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70099-1_13)
  21. *Yian E. H., Werner C. M., Nyffeler R. W., Pfirrmann C. W., Ramappa A., Sukthankar A., Gerber C.* Radiographic and computed tomography analysis of cemented pegged polyethylene glenoid components in total shoulder replacement. *J. Bone. Joint. Surg. Am.* 2005 Sep;87(9):1928–36. doi: 10.2106/JBJS.D.02675. PMID: 16140806.

## Сведения об авторах / Informations about authors

**Кошелев Павел Олегович**, аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: rgkoshelev@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-1898-5699

**Вклад автора:** поиск публикаций по теме; анализ литературы, написание текста; участие в сборе материала; участие в обработке материала; написание первой версии статьи или ее критический пересмотр на предмет важного интеллектуального содержания.

**Koshelev Pavel Olegovich**, Postgraduate of Department of Radiology, Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: rgkoshelev@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-1898-5699

**Author's contribution:** search for publications on the topic; literature analysis, text writing; participation in the collection of material; participation in the processing of the material; writing the first version of the article or its critical revision for important intellectual content.

**Егорова Елена Алексеевна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: tylsit@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-2580-5692

**Вклад автора:** разработка концепции, формирование идеи, цели и ключевых задач.

**Egorova Elena Alekseevna**, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokoimov, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 9a, ul.Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: tylsit@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-2580-5692

**Author contributions:** concept development is the formation of an idea, a goal and key tasks.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 08.09.2022 г.

Дата одобрения после рецензирования: 27.10.2022 г.

Дата принятия статьи к публикации: 28.10.2022 г.