

## Возможность реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при костных дефектах гленоида

Г.А. Айрапетов<sup>1,2</sup>, В.Ф. Найданов<sup>2</sup>, Д.А. Самкович<sup>1</sup>, И.А. Дмитриев<sup>2</sup>, Н.В. Загородний<sup>1</sup>,  
А.П. Призов<sup>1</sup>, Р.А. Суюнов<sup>3</sup>, А.А. Данильянц<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы  
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

<sup>2</sup> Городская клиническая больница № 31 им. академика Г.М. Савельевой  
Департамента здравоохранения г. Москвы  
119415, г. Москва, ул. Лобачевского, 42, с. 1

<sup>3</sup> Городская клиническая больница  
357502, г. Пятигорск, ул. Пирогова, 22

### Резюме

В ходе предоперационного планирования эндопротезирования плечевого сустава хирург сталкивается с костными дефектами гленоида более чем в 39 % случаев. Игнорирование костного дефекта гленоида приводит к мальпозиции гленоидального компонента эндопротеза, возможному соударению эндопротеза с лопаткой, чрезмерной медиализации центра ротации, что в свою очередь способно уменьшить силу и рычаг дельтовидной мышцы. Точная диагностика, оценка и выбор оптимального метода замещения костных дефектов необходимы для правильного функционирования эндопротеза и длительности срока его службы. Цель работы – провести обзор данных литературы за последние 10 лет, посвященной реверсивному эндопротезированию плечевого сустава у пациентов с костными дефектами гленоида, рассмотреть методы диагностики, показания, преимущества и недостатки, а также осложнения при различных методах замещения костных дефектов гленоида. **Материал и методы.** Поиск публикаций за период с 2014 по 2024 г. осуществлялся в базах данных PubMed, ResearchGate, ScienceDirect по запросу: («glenoid bone loss» или «glenoid bone deficiency») и «shoulder arthroplasty». **Результаты и их обсуждение.** Золотым стандартом и обязательным методом должно быть компьютерно-томографическое исследование, необходимое для трехплоскостной оценки дефекта гленоида и планирования позиционирования компонентов. В обзоре представлены различные классификации, однако универсальная классификация, которая не только описывает конфигурацию и степень дефекта, но и напрямую связана с тактикой лечения, на данный момент не разработана. Рассмотрены различные виды замещения дефектов. Показания, ограничения и недостатки каждого метода систематизированы в таблице. **Заключение.** На сегодняшний день в мировой литературе отсутствуют не только масштабные многолетние наблюдения и метаанализы по реверсивному эндопротезированию плечевого сустава при костных дефектах гленоида, но и сравнительные исследования разных видов лечения сопоставимых групп, что подчеркивает актуальность проведения новых исследований в данном направлении.

**Ключевые слова:** костные дефекты гленоида, эндопротезирование плечевого сустава, классификации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Автор для переписки.** Самкович Д.А., e-mail: dmitry.samkovitch@gmail.com

**Для цитирования.** Айрапетов Г.А., Найданов В.Ф., Самкович Д.А., Дмитриев И.А., Загородний Н.В., Призов А.П., Суюнов Р.А., Данильянц А.А. Возможность реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при костных дефектах гленоида. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(6):6–17. doi: 10.18699/SSMJ20250601

## The possibility of reverse shoulder arthroplasty in case of glenoid bone loss

G.A. Airapetov<sup>1,2</sup>, V.F. Naidanov<sup>2</sup>, D.A. Samkovich<sup>1</sup>, I.A. Dmitrov<sup>2</sup>, N.V. Zagorodnii<sup>1</sup>,  
A.P. Prizov<sup>1</sup>, R.A. Suyunov<sup>3</sup>, A.A. Daniliyants<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba  
117198, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 6

<sup>2</sup> City Clinical Hospital № 31 of the Moscow Health Department  
119415, Moscow, Lobachevsky st., 42

<sup>3</sup> City Clinical Hospital  
357502, Pyatigorsk, Pirogova st., 22

## Abstract

During the preoperative planning of shoulder arthroplasty, the surgeon encounters bone defects of the glenoid in more than 39 % of cases. Ignoring the bone defect of the glenoid leads to the malposition of the glenoidal component of the endoprosthesis, scapular notching, excessive medialization of the center of rotation, which in turn can reduce the strength and leverage of the deltoid muscle. Accurate diagnosis, assessment and selection of the optimal method of bone defect replacement are necessary for the proper functioning of the endoprosthesis and the duration of its service life. Aim of the study was to review the literature data over the past 10 years on reverse shoulder replacement in patients with glenoid bone defects, to consider diagnostic methods, indications, advantages and disadvantages, as well as complications with various methods of restoration of glenoid bone defects. **Material and methods.** The search for publications from 2014 to 2024 was carried out in databases PubMed, ResearchGate, ScienceDirect upon request: ("glenoid bone loss" OR "glenoid bone deficiency") and "shoulder arthroplasty". **Results and discussion.** The gold standard and mandatory method should be computed tomography examination, which is necessary for three-plane evaluation of the glenoid defect and component positioning planning. The review presents various classifications, however, an universal classification that not only describes the configuration and degree of the defect, but is also directly related to treatment tactics has not been developed at the moment. Various types of defect replacement are considered. The indications, limitations and disadvantages of each method are systematized in the table. **Conclusions.** Nowadays, the world literature lacks not only large-scale long-term observations and meta-analyses on reverse shoulder arthroplasty for glenoid bone defects, but also comparative studies of different types of treatment for comparable groups, which emphasizes the relevance of conducting new research in this area.

**Key words:** glenoid bone deficiency, shoulder arthroplasty, classifications.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Correspondence author.** Samkovich D.A., e-mail: dmitry.samkovitch@gmail.com

**Citation.** Airapetov G.A., Naidanov V.F., Samkovich D.A., Dmitrov I.A., Zagorodnii N.V., Prizov A.P., Suyunov R.A., Daniliyants A.A. The possibility of reverse shoulder arthroplasty in case of glenoid bone loss. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal* = *Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(6):6–17. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250601

## Введение

Первая зарегистрированная операция по эндопротезированию плечевого сустава (ЭППС) проведена 11 марта 1893 г. французским хирургом J.-Е. Реан пациенту с туберкулезным артритом плечевого сустава, отказавшемуся от ампутации пораженной конечности [1]. В 1972 г. B.F. Reeves создал концепцию реверсивного ЭППС (РЭПС), а в 1985 г. Paul Grammont усовершенствовал идею и разработал основные принципы реверсивного эндопротезирования [2]. С того времени показания для ЭППС значительно расширились. В наши дни данную операцию выполняют у пациентов при первичном омартрозе (58,2 %), артропатии разрыва вращательной манжеты плеча (26,1 %), переломе проксимального отдела плечевой кости (11 %), ревматоидном артрите (1,7 %), асепти-

ческом некрозе головки плечевой кости (1,3 %), нестабильности плечевого сустава (0,8 %) и ряде других. Использование реверсивного эндопротеза имеет следующие показания: артропатия разрыва вращательной манжеты и псевдопаралич плеча при невозможности восстановления мышц вращательной манжеты, многооскольчатый перелом плечевой кости, застарелый вывих в плечевом суставе, ревизионное ЭППС [3]. По данным австралийского регистра, с 2008 по 2022 г. общее количество операций по ЭППС увеличилось на 227,6 %, в дальнейшем ожидается еще больший рост [4].

Целью ЭППС является не только устранение болевого синдрома, но и максимальное восстановление функции, объема движений, возвращение пациента к повседневной жизни, в том числе

спортивной, в кратчайшие сроки после операции [3, 5].

По данным литературы, в ходе предоперационного планирования хирург сталкивается с костными дефектами гленоида (КДГ) в 39 % случаев от общего числа выполняемых операций ЭППС [6], австралийский регистр сообщает о дефектах разной степени у 56 % пациентов, которым выполнялось ЭППС [4]. В группе пациентов с артропатией разрыва вращательной манжеты плеча (ВМП) отмечается верхний дефект гленоида, при первичном омартрозе и в случаях дисплазии – задний дефект, передний дефект встречается у пациентов с нестабильностью и рецидивирующими вывихами плечевого сустава. У больных ревматоидным артритом наблюдается значительная центральная эрозия гленоида [6]. Наиболее часто, в 70 % случаев, применяется РЭПС [4, 7].

Игнорирование КДГ приводит к мальпозиции гленоидального компонента эндопротеза, возможному соударению эндопротеза с лопаткой, чрезмерной медиализации центра ротации, что в свою очередь может потенциально уменьшить силу и рычаг дельтовидной мышцы [7]. Точная диагностика, оценка и выбор оптимального метода замещения костных дефектов необходимы для правильного функционирования эндопротеза и длительности его срока службы [8].

Цель данного исследования – провести обзор данных литературы за последние 10 лет, посвященной РЭПС у пациентов с КДГ, рассмотреть методы диагностики, показания, преимущества и недостатки, а также осложнения при различных методах замещения КДГ.

## Материал и методы

Поиск публикаций за период с 2014 по 2024 г. осуществлялся в базах данных PubMed, ResearchGate, ScienceDirect по запросу: («glenoid bone loss» или «glenoid bone deficiency») и «shoulder arthroplasty». После исключения дубликатов получено 207 публикаций. Критерии включения: исследования в рамках РЭПС при дефектах гленоида. Критерии исключения: исследования с наблюдением менее пяти клинических случаев; литературные обзоры; работы, посвященные ревизионным операциям; исследования, в которых использовались анатомические эндопротезы; наблюдения длительностью менее 2 лет. В итоге в обзоре использованы 54 статьи.

## Результаты

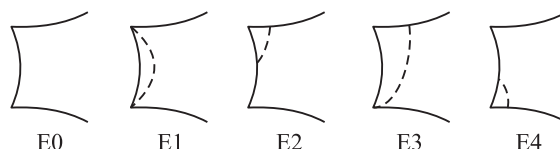
**Этиология и классификация КДГ.** У пациентов с КДГ наблюдается потеря костной массы во всевозможных плоскостях, однако локализация

дефекта часто связана с первичной причиной артропатии.

**Артропатия разрыва ВМП.** У пациентов с разрывом ВМП в анамнезе происходит смещение головки вверх, что в свою очередь приводит к потере костной массы именно верхней части гленоида [9, 10]. Результатом игнорирования данного дефекта станет избыточное увеличение инклинации гленоидального компонента вверх во фронтальной плоскости, что в свою очередь приведет к повышению риска потери фиксации и нестабильности эндопротеза [11]. Наиболее часто используемой в данном случае является классификация, предложенная L. Favard et al., оценивающая степень и локализацию эрозии гленоида. Степень E0 характеризуется миграцией головки плечевой кости вверх без эрозии гленоида, E1 соответствует центральной, концентрической эрозии, при E2 определяется дефект верхней части гленоида, а при E3 дефект простирается от верхнего края до нижнего. Позже классификация была дополнена степенью E4, для которой характерно повреждение нижней части гленоида (рис. 1) [12, 13].

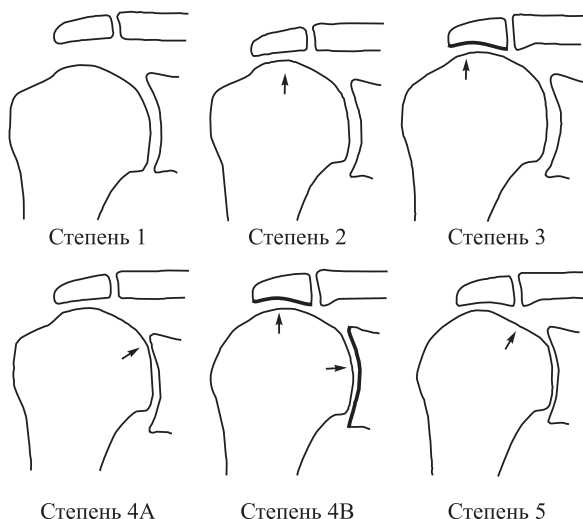
Классификация, специфичная для артропатии разрыва ВМП, создана K. Namada et al. в 1990 г. и включает пять степеней, в дальнейшем ее модифицировали G. Walch et al., разделив четвертую степень на два подкласса (рис. 2). При 1-й степени акромиально-плечевое расстояние (АПР) сохранено и составляет более 6 мм, при 2-й степени оно менее 5 мм, при 3-й степени АПР также менее 5 мм, но определяется ацетабуляризация акромиона. В случае сужения суставной щели плечевого сустава без уменьшения АПР повреждение относится к степени 4А, в то время как степень 4В описывается как сужение суставной щели плечевого сустава в комбинации с уменьшением АПР; таким образом, четвертая степень отражает наличие артроза суставной поверхности лопатки. Пятая степень соответствует коллапсу головки плечевой кости [14–17].

**Первичный омартроз.** Первичный остеоартроз плечевого сустава с интактной ВМП ха-



**Рис. 1.** Классификация эрозии гленоида L. Favard et al. на фоне артропатии вращательной манжеты плеча [12, 13]

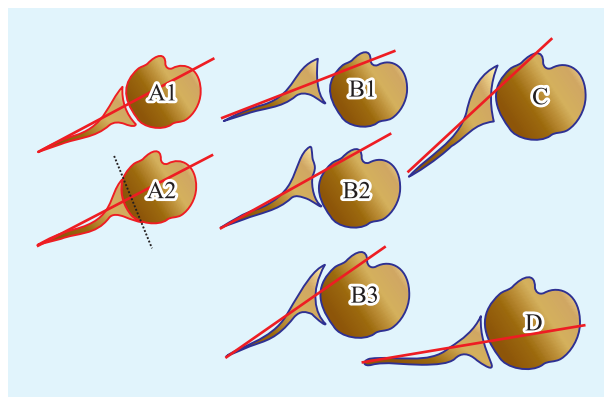
**Fig. 1.** L. Favard et al. classification of glenoid erosion in rotator cuff arthropathy [12, 13]



**Рис. 2.** Классификация К. Hamada et al. в модификации G. Walch et al. [14]

**Fig. 2.** K. Hamada et al. classification modified by G. Walch et al. [14]

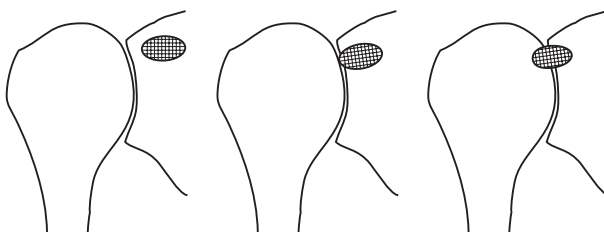
характеризуется преимущественным поражением задней части гленоида [18]. Недостаточная оценка степени КДГ при эндопротезировании может привести к установке гленоидального компонента в избыточной ретроверсии, что влечет за собой высокий риск развития нестабильности, нарушения фиксации и вывиха. Для точной оценки положения головки и локализации костного дефекта в аксиальной плоскости в ходе предоперационного планирования необходимы выполнение компьютерной томографии (КТ) плечевого сустава и последующая оценка по классификации G. Walch et al. [19]. Данная классификация основывается на положении головки плечевой кости относительно гленоида, а также степени и локализации костного дефекта (рис. 3). В последующем она была расширена M. J. Bercik et al. [20] и на данный момент включает в себя следующие четыре типа КДГ. При типе А головка центрирована, имеется concentрический износ гленоида и отсутствует подвывих. Тип А включает два подтипа: А1 – незначительная эрозия, и А2 – значительная центральная эрозия. Тип В: головка в заднем подвывихе, гленоид двояковогнут и есть асимметричный износ, имеет три подтипа: В1 – суставная щель сужена сзади, В2 – ретроверсия двояковогнутого гленоида, эрозия заднего края, В3 – ретроверсия гленоида более 15° и/или задняя сублюксация головки более 70°. К типу С относятся случаи дисплазии с ретроверсией более 15° независимо от наличия эрозии, а тип D характеризуется избыточной антеверсией гленоида или передней сублюксацией головки [21].



**Рис. 3.** Классификация КДГ по G. Walch et al. [17]

**Fig. 3.** Classification of glenoid bone loss according to G. Walch et al. [17]

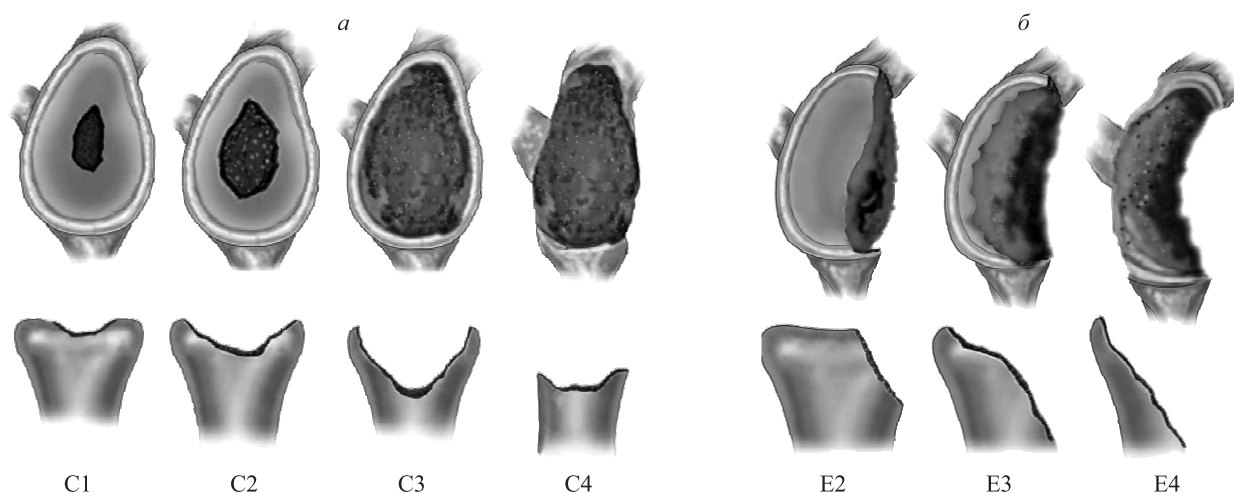
**Ревматоидный артрит.** У пациентов с воспалительным артритом, в частности с ревматоидным артритом, в большинстве случаев наблюдается центральная эрозия гленоида [22], что, в свою очередь, ведет к медиализации суставной линии, уменьшению рычага дельтовидной мышцы и, как следствие, неудовлетворительной функции плечевого сустава. Кроме этого при РЭПС в случаях медиализации центра ротации могут происходить соударения чаши эндопротеза и нижнего края шейки лопатки (scapular notching) [23]. Как и в случае с дефектами других локализаций, авторы уверены, что для диагностики и оценки центрального КДГ необходимо КТ-исследование плечевого сустава [23]. Классификация Leivigne и Franceschi (рис. 4), предложенная в 1999 г., предназначена для оценки рентгенограмм плечевого сустава и дифференциации различных паттернов центральной эрозии головки плечевой кости, наблюдаемых у пациентов с ревматоидным артритом. Эта система включает три стадии: на первой стадии наблюдается незначительная центральная эрозия; на второй стадии эрозия распространяется



**Рис. 4.** Классификация КДГ С. Leivigne и J. Franceschi [24]

**Fig. 4.** C. Leivigne and J. Franceschi classification of glenoid bone loss [17]





**Рис. 5.** Классификация центральных (а) и эксцентрических (б) КДГ L. Seebauer и A. Gupta [27]  
**Fig 5.** L. Seebauer and A. Gupta classification of central (a) and eccentric glenoid bone loss (b) [27]

ся до уровня клювовидного отростка; третья стадия характеризуется центральной эрозией, простирающейся медиальнее уровня клювовидного отростка [24–26].

Еще одна классификация центральных КДГ предложена L. Seebauer и A. Gupta. При степени C1 дефект составляет менее 50 % переднезаднего диаметра суставной впадины, в то время как дефект C2 составляет более 50 % со стабильным сводом. Состояние C3 – глубокий дефект с нестабильным сводом, степень C4 сопровождается значительным разрушением суставной впадины и свода (рис. 5, а). Также авторы отдельно выделяют эксцентрические дефекты: E1 (небольшой эксцентрический дефект), E2 (затрагивает менее 30 % суставной поверхности), E3 (от 30 до 60 % суставной поверхности) и E4 (более 60 % гленоида) (рис. 5, б) [27].

#### **Диагностика и предоперационное планирование**

Восстановление суставной линии плечевого сустава является одним из наиболее важных критериев для успешного РЭПС [28]. Правильное расположение компонентов эндопротеза особенно сложно обеспечить при потере костной ткани в области суставной впадины. Разработки в области улучшения позиционирования компонентов включают в себя не только рентгенографию, но и усовершенствованные методы визуализации – МРТ и двух- и трехмерную КТ. Первичным ис-

следованием при планировании ЭППС является рентгенография, которая выполняется в переднезадней, истинной переднезадней (Grashey), лопаточной (Y) и аксиллярной проекциях. По рентгенограммам хирург может оценить степень сужения суставной щели, наличие остеофитов, положение головки плечевой кости, определить стадию остеоартроза и провести, например, дифференциальную диагностику первичного остеоартроза с артропатией разрыва ВМП, однако рентгенологическая картина может сильно отличаться у одного и того же пациента в зависимости от направления рентгеновского луча, таким образом, простые рентгенограммы не дают возможности в полной мере выполнить предоперационное планирование, особенно при КДГ [29]. Ряд исследований демонстрирует расхождение в определении ретроверсии гленоида, положения суставной линии, степени выраженности КДГ при использовании традиционной рентгенографии в сравнении с КТ [30–32]. Таким образом, КТ обеспечивает более точную оценку плечевого сустава и дает большие возможности для предоперационного планирования, однако в случае с оценкой 2D-срезов неправильное выведение проекции также может привести к ошибкам [33].

При планировании оперативного вмешательства необходимо точно определить морфологию гленоида: высоту, ширину, версию, инклинацию. Для этого требуется оценка КТ в коронарной, по-

перечной и сагиттальной плоскостях, используя оси X, Y, Z, центр гленоида определяется как нулевая точка. В коронарной плоскости ось X проходит через нулевую точку и параллельно оси лопатки, ось Y – вдоль границ гленоида и параллельно суставной поверхности, ось Z – в поперечной плоскости через нулевую точку и тело лопатки [33]. По результатам КТ-исследования плечевого сустава у 131 пациента N. Ott et al. установили, что основание клювовидного отростка является анатомическим ориентиром для определения уровня суставной линии, который, в свою очередь, при наличии костного дефекта позволяет определить необходимый размер трансплантата для восстановления уровня суставной линии [34].

На данный момент существует возможность создания трехмерных моделей, что позволяет проведение пространственной оценки плечевого сустава [35]. Ряд исследований сравнили точность планирования при использовании двумерных КТ-изображений и 3D-реконструкций, и, хотя значительных различий не выявлено, авторы рекомендуют дополнительно использовать пространственные модели [33, 35, 36].

С активным развитием и ростом использования КТ в ходе подготовки к операции в области ЭППС появились программы для предоперационного планирования, которые позволяют не только оценить структуру плечевого сустава в рамках двух- и трехмерной реконструкции, но и смоделировать положение компонентов эндопротеза [37]. Оценка планирования, выполненного вручную хирургом, и автоматизированного планирования в ряде коммерческих программ показала различия между ними; таким образом, программы для предоперационного планирования являются удобным инструментом в подготовке, но требуют непосредственного контроля со стороны врача [38].

#### **Хирургические техники реконструкции гленоида**

**Эксцентрическое римирование.** Хирургическая техника эксцентрического римирования заключается в резекции края гленоида, противоположного стороне костного дефекта с целью восстановить нативную версию и устранить деформацию. E.G. McFarland et al. сообщают о применении эксцентричного римирования без использования костной пластики и медиализации гленоидального компонента при РЭПС у 42 пациентов с КДГ (Walch A2, B2, C) и интактной ВМП [39]. По данным 5-летнего наблюдения, в 5,2 % случаев потребовалось ревизионное вмешательство, в 19 % случаев отмечалось соударение чашки с нижним краем шейки лопатки, в том числе у 21, 60 и 6 % пациентов – при дефекте A2, B2

и C соответственно. Оценка по шкале American Shoulder and Elbow Surgeons Score (ASES) до операции составила  $35,7 \pm 18,4$  балла, в послеоперационном периоде –  $72,9 \pm 20,0$ , авторы расценивают функциональные результаты как хорошие, а преимуществом использования предложенной техники считают отсутствие возможных осложнений при использовании костной пластики [40].

T. Wang et al. сравнили стабильность и смещение гленоидального компонента эндопротеза после 100 000 циклов работы с применением эксцентрического римирования и использования аугментов на 12 моделях лопатки с заданным 12-градусным задним дефектом гленоида. В ходе эксперимента миграция после эксцентрического римирования произошла у одной модели из шести, в то время как в группе с использованием аугмента данный показатель равен 3. Авторы подчеркивают, что хотя эксцентричное римирование ограничено в показаниях к применению и повреждает здоровую костную массу, данная техника при заднем КДГ может быть биомеханически более предпочтительна, чем использование аугментов; при косых дефектах аугменты могут вызывать напряжение сдвига, что потенциально снижает стабильность [41].

**Костная пластика.** В ситуациях, когда наблюдается значительный КДГ, для достижения удовлетворительного результата и надежной фиксации суставного компонента часто применяют костную пластику, используя как ауто-, так и аллотрансплантаты в комбинации, при необходимости – с эксцентрическим римированием. На сегодняшний день разработано множество хирургических техник [42], одной из которых является реверсивное эндопротезирование плечевого сустава с костным увеличением офсета (BIO-RSA). Проксимальный отдел плечевой кости представляет собой отличный материал для забора костного трансплантата (его размер и форму можно определить на основании предоперационного планирования), в трансплантате формируют центральное отверстие, через которое устанавливают метаглен. Суставную впадину лопатки подготавливают, удаляя весь хрящ до тех пор, пока не сформируется подходящее костное ложе [43]. Затем метаглен с костным трансплантатом устанавливают на гленоид и дополнительно фиксируют с помощью винтов через метаглен [43, 44]. В случаях, когда трансплантат из головки плечевой кости недоступен (перелом, ревизионная операция), его забирают из гребня подвздошной кости; показаны его эффективность и преимущества при первичном эндопротезировании [45, 46].

L. Ernstbrunner et al. применяли костную пластику при РЭПС у 41 пациента, используя как трансплантаты из головки плечевой кости, гребня подвздошной кости, так и аллотрансплантаты. По результатам более чем двухлетнего наблюдения, несмотря на частичную резорбцию трансплантатов в 22 % случаев, гетеротопическую оссификацию в одном случае, перелома ости лопатки в двух случаях, резорбцию костной массы в проксимальном отделе плечевой кости в одном случае, ревизионные вмешательства не потребовались. При оценке по шкале ASES средний балл составил 77 в послеоперационном периоде, а удовлетворенность пациентов лечением – 93 %. Авторы отмечают отсутствие зависимости частоты осложнений от выбора трансплантата [47].

**Использование аугментов.** Мануфактурные гленоидальные аугменты являются альтернативой костной пластике и эксцентрическому римированию. Показания к их применению аналогичны таковым для других методик, описанных выше. G. Merolla et al. установили, что аугменты являются подходящей альтернативой применению BIO-RSA для замещения КДГ, оба метода показали сопоставимые клинические и функциональные результаты [48]. В группе с BIO-RSA в 36,4 % случаев отмечались рентгенпрозрачные линии до 2 мм, в 34,1 % – истончение трансплантата. Таким образом, авторов настораживает потенциальная возможность резорбции трансплантата и потери фиксации при использовании BIO-RSA. Исследования степени резорбции по КТ демонстрируют сопоставимую частоту лизиса костной ткани [48].

**Применение 3D-компонентов эндопротеза.** Хотя все вышеперечисленные методики можно успешно применять в большинстве случаев, ряд дефектов требует масштабной реконструкции и создания индивидуальных компонентов эндопротеза [49]. Показания для применения 3D-компонентов зависят как от масштаба костного дефекта, так и от функциональных потребностей пациента. Применение индивидуальных 3D-компонентов эндопротеза не рекомендуется для лиц с ограниченными функциональными возможностями ввиду высокой стоимости и отсутствия предсказуемого результата [50]. Плоское основание стандартного гленоидального компонента и центральный стержень недостаточной длины не могут обеспечить адекватной первичной стабильности в случаях массивного костного дефекта. Критериями для фиксации стандартного гленоидного компонента являются минимальная толщина кости в 10 мм [50] и контакт не менее 50 % длины ножки метаглена с костной тканью [51].

M.S. Rashid et al. использовали 3D-компоненты эндопротеза у 42 пациентов, по результатам двухлетнего наблюдения ревизия потребовалась в трех случаях, среди которых заменить гленоидальный компонент пришлось только в одном случае. У остальных больных наблюдалось улучшение функциональных результатов по шкале ASES в среднем от 22 (до операции) до 71 балла в послеоперационном периоде [52]. R. Ortmaier et al. выполнили 10 РЭПС у 9 пациентов с использованием индивидуальных 3D-компонентов. По результатам двухлетнего наблюдения авторы отмечают улучшение функциональных показателей, интеграцию компонентов эндопротеза, отсутствие соударения компонентов и лопатки (scapular notching) и отсутствие необходимости ревизионных вмешательств во всех случаях [53].

## Обсуждение

Анализ регистров показывает, что распространенность КДГ составляет от 39 до 60 %, свидетельствуя о необходимости точной диагностики, классификации и создания алгоритма выбора метода восполнения костных дефектов при РЭПС. Инструментальные методы исследования необходимы не только в рамках постановки диагноза, но и для предоперационного планирования. Традиционные рентгенограммы позволяют оценить стадию заболевания, наличие остеофитов, но точно определить с их помощью конфигурацию сустава, версию, инклинацию, уровень суставной щели, выраженность КДГ гленоида невозможно. Таким образом, золотым стандартом и обязательным методом должно быть КТ-исследование, оно необходимо для двух- и трехплоскостной оценки дефекта гленоида и планирования позиционирования компонентов. Особую роль для определения суставной линии играют костные ориентиры, среди которых клювовидный отросток показывает необходимый уровень латерализации основания гленоидального компонента эндопротеза. 3D-реконструкция и программы для предоперационного планирования могут быть дополнительным инструментом хирурга в ходе подготовки к оперативному вмешательству.

Основные классификации КДГ можно разделить на группы. Классификация по Walch производится в аксиальной плоскости, по Sirveaux и Favard – во фронтальной, Seebauer и Gupta – во всех плоскостях, все они основываются на КТ-исследовании. Для оценки по Hamada et al., по Levisne и Franceschi достаточно переднезадних рентгенограмм. Несомненно, классификацией КДГ по Walch является наиболее популярной, но для комплексной оценки необходимо использо-

Критерии выбора метода замещения КДГ  
Criteria for choosing a GBL replacement method

Метод	КДГ			Ограничения, недостатки
	Walch	Favard	Seebauer	
Эксцентрическое рими-рование	A1, B1, B2, D	E0, E1, E2, E4	C1, E1	Ретроверсия >15°, необходи-мость латерализации
BIO-RSA (головка плечевой кости)	+A2, B3, C	+E3	+C2, C3 +E2, E3	Отсутствие головки плечевой кости, резорбция
Костная пластика с забором из гребня				Резорбция, дополнительный этап операции
Аугменты				Стоимость
3D-компоненты	+	+	+C4, E4	Стоимость

вать другие, специфичные для конкретных патологий. Так, она оценивает морфологию дефекта, но не коррелирует с выбором лечения, в то же время простая, основанная на рентгенограммах классификация Levigne и Franceschi при 3й степени указывает на распространенность дефекта за основание клювовидного отростка, что в свою очередь требует латерализации метаглена и использования методов замещения КДГ. Таким образом, одна универсальная классификация, которая не только описывает конфигурацию и степень КДГ, но и напрямую связана с тактикой лечения, на данный момент не разработана.

Существуют различные хирургические техники замещения КДГ, у каждой есть свои показания, преимущества и недостатки. При использовании эксцентричного рими-рования с медиализацией метаглена E.G. McFarland et al. добились отсутствия осложнений, связанных с замещением дефекта [39], в то же время по результатам их пятилетнего наблюдения в 5,2 % случаев потребовалась ревизия, а в 19 % отмечалось соударение чашки с нижним краем лопатки, что в долгосрочной перспективе может потенциально снизить срок службы эндопротеза [40]. При эксцентричных дефектах возможно применение углового аугмента или замещение дефекта в комбинации с эксцентрическим рими-рованием. T. Wang et al. показали механическое преимущество эксцентрического рими-рования перед угловыми аугментами. Таким образом, по нашему мнению, эксцентрическое рими-рование может

применяться как самостоятельная методика при эксцентричных дефектах и отсутствии необходимости в латерализации основания эндопротеза или, при более выраженных дефектах, в сочетании с другими методами.

Когда дефект требует латерализации метаглена, возможно использование различных методов костной пластики. BIO-RSA – экономичный и простой в применении метод, однако его использование возможно только при сохранной головке плечевой кости. Одними из потенциальных осложнений данной методики являются костная резорбция и отсутствие интеграции трансплантата, в разных исследованиях сообщают о резорбции в 2–30 % случаев. В то же время нет данных о зависимости между степенью резорбции и связанных с этим частотой ревизий или снижением функциональных показателей. Также возможно использование трансплантатов из гребня подвздошной кости или аллотрансплантатов, для которых характерны те же потенциальные осложнения.

При массивных КДГ, когда скомпрометированы анатомические ориентиры, отсутствует возможность стабильной фиксации стандартных компонентов эндопротеза, возможно использование индивидуального хирургического инструментария и индивидуальных 3D-компонентов. Последние представляют собой ключ к решению при тяжелой потере костной массы гленоида, но на данный момент отсутствуют исследования с большим сроком наблюдения. В то же время



существующие данные показывают удовлетворительные ранние и среднесрочные результаты [52, 53].

Учитывая разнообразие классификаций и методов восполнения КДГ, каждый из которых имеет определенные показания и ограничения, для наглядности они систематизированы в таблице.

## Заключение

Ежегодно количество ЭППС неуклонно растет, вместе с тем КДГ диагностируются у более чем половины пациентов. С развитием ЭППС появляются и новые способы замещения КДГ, каждый из которых имеет свои показания, обладает преимуществами и недостатками. К сожалению, на сегодняшний день в мировой литературе отсутствуют не только масштабные многолетние наблюдения и метаанализы по данной теме, но и сравнительные исследования разных видов лечения сопоставимых групп, что подчеркивает актуальность проведения новых исследований в данном направлении.

## Список литературы / References

1. Майков С.В. Эволюция эндопротезирования плечевого сустава. *Вестн. травматол. и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(1):84–90. doi: 10.17816/vto202027184-90
2. Maykov S.V. Evolution of shoulder arthroplasty. *Vestnik travmatologii i ortopedii imeni Nikolaya Nikolaevicha Priorova = N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(1):84–90. [In Russian]. doi: 10.17816/vto202027184-90
3. Frank J.K., Siegert P., Plachel F., Heuberger P.R., Huber S., Schanda J.E. The evolution of reverse total shoulder arthroplasty—from the first steps to novel implant designs and surgical techniques. *J. Clin. Med.* 2022;11(6):1512. doi: 10.3390/jcm11061512
4. Hermena S., Rednam M. Reverse shoulder arthroplasty. In: *StatPearls*. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024.
5. Smith P.N., Gill D.R., McAuliffe M.J., McDougall C., Stoney J.D., Vertullo C.J., Wall C.J., Corfield S., Page R., Cuthbert A.R., Du P., Harries D., Holder C., Lorimer M.F., Cashman K., Lewis P.L. Hip, knee and shoulder arthroplasty: 2023 Annual Report, Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Adelaide, 2023. 482 p. doi: 10.25310/YWQZ9375
6. Yamada E., Kozono N., Nabeshima A., Tashiro E., Nakashima Y. Baseplate inferior offset affects shoulder range of motion in reverse shoulder arthroplasty in Asian population. *J. Orthop. Surg. Res.* 2024;19(1):25. doi: 10.1186/s13018-023-04506-w
7. Colasanti C.A., Lin C.C., Ross K.A., Luthringer T., Elwell J.A., Roche C.P., Virk M.S., Simovitch R.W., Routman H.D., Zuckerman J.D. Augmented baseplates yield optimum outcomes when compared with bone graft augmentation for managing glenoid deformity during reverse total shoulder arthroplasty: a retrospective comparative study. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2023;32(5):958–971. doi: 10.1016/j.jse.2022.10.015
8. Boileau P., Morin-Salvo N., Gauci M.O., Seeto B.L., Chalmers P.N., Holzer N., Walch G. Angled BIO-RSA (bony-increased offset-reverse shoulder arthroplasty): a solution for the management of glenoid bone loss and erosion. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(12):2133–2142. doi: 10.1016/j.jse.2017.05.024
9. Miller M., Chalmers P.N., Nyfeler J., Mhyre L., Wheelwright C., Konery K., Kawakami J., Tashjian R. Z. Rheumatoid arthritis is associated with increased symptomatic acromial and scapular spine stress fracture after reverse total shoulder arthroplasty. *JSES Int.* 2020;5(2):261–265. doi: 10.1016/j.jseint.2020.10.010
10. Navarro R.A. Long-term value may determine if RTSA for cuff-intact osteoarthritis with glenoid defects does not require bone grafts or augments. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2021;103(7):e30. doi: 10.2106/JBJS.21.00078
11. Sanchez-Sotelo J. Glenoid bone loss: Etiology, evaluation, and classification. *Instr. Course Lect.* 2019;68:65–78.
12. McFarland E.G., Huri G., Hyun Y.S., Petersen S.A., Srikumaran U. Reverse total shoulder arthroplasty without bone-grafting for severe glenoid bone loss in patients with osteoarthritis and intact rotator cuff. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2021;103(7):e30. doi: 10.2106/JBJS.21.00078
13. Franceschetti E., Giovannetti de Sanctis E., Gregori P., Paciotti M., Palumbo A., Franceschi F. Angled BIO-RSA leads to better inclination and clinical outcomes compared to Standard BIO-RSA and eccentric reaming: A comparative study. *Shoulder Elbow.* 2023;15(3, Suppl.):35–42. doi: 10.1177/17585732211067156
14. Haikal E.R., Fares M.Y., Abboud J.A. Patient-specific implants in reverse shoulder arthroplasty. *Clin. Shoulder Elb.* 2024;27(1):108–116. doi: 10.5397/cise.2023.00038
15. Hamada K., Yamanaka K., Uchiyama Y., Mikasa T., Mikasa M. A radiographic classification of massive rotator cuff tear arthritis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2011;469(9):2452–2460. doi: 10.1007/s11999-011-1896-9
16. Kääb M.J., Kohut G., Irlenbusch U., Joudet T., Reuther F. Reverse total shoulder arthroplasty in massive rotator cuff tears: does the Hamada classification predict clinical outcomes? *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2022;142(7):1405–1411. doi: 10.1007/s00402-021-03755-w

16. Dainotto T., Gómez D., Ernst G. Can distalisation and lateralisation shoulder angles in reverse arthroplasty interfere with the functional results in patients with rotator cuff arthropathy? *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo)*. 2024;59(1):e93–e100. doi: 10.1055/s-0044-1779609
17. Gohlke F., Werner B. Humerales und glenoidale Knochendefekte in der Schulterendoprothetik: Klassifikation und Behandlungsprinzipien. *Der Orthopade*. 2017;46(12):1008–1014. doi: 10.1007/s00132-017-3484-5
- Gohlke F., Werner B. Humeral and glenoid bone loss in shoulder arthroplasty : Classification and treatment principles. *Der Orthopade*. 2017;46(12):1008–1014. [In German]. doi: 10.1007/s00132-017-3484-5
18. Seidl A.J., Williams G.R., Boileau P. Challenges in reverse shoulder arthroplasty: Addressing glenoid bone loss. *Orthopedics*. 2016;39(1):14–23. doi: 10.3928/01477447-20160111-01
19. Italia K.R., Green N., Maharaj J., Launay M., Gupta A. Computed tomographic evaluation of glenoid joint line restoration with glenoid bone grafting and reverse shoulder arthroplasty in patients with significant glenoid bone loss. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(3):599–608. doi: 10.1016/j.jse.2020.09.031
20. Bercik M.J., Kruse K. 2nd, Yalozis M., Gauci M.O., Chaoui J., Walch G. A modification to the Walch classification of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis using three-dimensional imaging. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2016;25(10):1601–1606. doi: 10.1016/j.jse.2016.03.010
21. Iannotti J.P., Jun B.J., Patterson T.E., Ricchetti E.T. Quantitative measurement of osseous pathology in advanced glenohumeral osteoarthritis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2017;99(17):1460–1468. doi: 10.2106/JBJS.16.00869
22. Wagner E., Sperling J.W. Management of glenoid bone loss in reverse shoulder arthroplasty. *Acta of Shoulder and Elbow Surgery* 2017;2:28–31.
23. Seidl A.J., Williams G.R., Boileau P. Challenges in reverse shoulder arthroplasty: Addressing glenoid bone loss. *Orthopedics*. 2016;39(1):14–23. doi: 10.3928/01477447-20160111-01
24. Levigne C., Franceschi J. Rheumatoid arthritis of the shoulder: radiological presentation and results of arthroplasty. In: *Shoulder arthroplasty*. Eds. G. Walch, P. Boileau. Berlin: Springer, 1999. S. 221–230.
25. He Y., Xiao L. B., Zhai W.T., Xu Y.L. Reverse shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis: early outcomes, pitfalls, and challenges. *Orthop. Surg.* 2020;12(5):1380–1387. doi: 10.1111/os.12769
26. Lévine C., Chelli M., Johnston T.R., Trojani M.C., Molé D., Walch G., Boileau P. Reverse shoulder arthroplasty in rheumatoid arthritis: survival and outcomes. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(10):2312–2324. doi: 10.1016/j.jse.2021.01.033
27. Gupta A., Thussbas C., Koch, M., Seebauer L. Management of glenoid bone defects with reverse shoulder arthroplasty-surgical technique and clinical outcomes. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2018;27(5):853–862. doi: 10.1016/j.jse.2017.10.004
28. Italia K.R., Green N., Maharaj J., Launay M., Gupta A. Computed tomographic evaluation of glenoid joint line restoration with glenoid bone grafting and reverse shoulder arthroplasty in patients with significant glenoid bone loss. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(3):599–608. doi: 10.1016/j.jse.2020.09.031
29. Jo Y.H., Kim D.H., Lee B.G. When should reverse total shoulder arthroplasty be considered in glenohumeral joint arthritis? *Clin. Shoulder Elb.* 2021;24(4):272–278. doi: 10.5397/cise.2021.00633
30. Andrin J., Macaron C., Pottecher P., Martz P., Baulot E., Trouilloud P., Viard B. Determination of a new computed tomography method for measuring the glenoid version and comparing with a reference method. Radio-anatomical and retrospective study. *Int. Orthop.* 2016;40(3):525–529. doi: 10.1007/s00264-015-2867-7
31. Mulligan R., Feldman J., Bonnaig N., Weller W., Miller R., Azar F., Throckmorton T. Comparison of axillary lateral radiography with computed tomography in the preoperative characterization of glenohumeral wear patterns and the effects of body mass index on quality of imaging. *Cur. Orthop. Pract.* 2019;30(5):471–476. doi: 10.1097/BCO.0000000000000784
32. Daggett M., Werner B., Gauci M.O., Chaoui J., Walch G. Comparison of glenoid inclination angle using different clinical imaging modalities. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2016;25(2):180–185. doi: 10.1016/j.jse.2015.07.001
33. Rojas J., Lievano, Jiménez A.M., González-Rico H.A., Salas M., Fierro G., González, J.C. Preoperative planning in reverse shoulder arthroplasty: plain radiographs vs. computed tomography scan vs. navigation vs. augmented reality. *Ann. Jt.* 2023;8:37. doi: 10.21037/aoj-23-20
34. Ott N., Kieback J.D., Welle K., Paul C., Burger C., Kabir K. The base of coracoid process as a reference for glenoid reconstruction in primary or revision reverse shoulder arthroplasty: CT-based anatomical study. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2022;142(3):387–393. doi: 10.1007/s00402-020-03642-w
35. Reid J.J., Kunkle B.F., Greene A.T., Eichinger J.K., Friedman R.J. Variability and reliability of 2-dimensional vs. 3-dimensional glenoid version measurements with 3-dimensional preoperative planning software. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2022;31(2):302–309. doi: 10.1016/j.jse.2021.07.011
36. Rocha Motta Filho G.D., Amaral M.V., Cohen M., Carvalho M.S.S., Fonseca R.S.D., Oliveira A.C.L. Comparison of manual two-dimensional and automated three-dimensional methods of assessing shoulder joint morphology through computed tomography images. *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo)*. 2024;59(4):e590–e598. doi: 10.1055/s-0044-1786821
37. Shah S.S., Sahota S., Denard P.J., Provencher M.T., Parsons B.O., Hartzler R.U., Dines J.S. Vari-

ability in total shoulder arthroplasty planning software compared to a control CT-derived 3D printed scapula. *Shoulder Elbow*. 2021;13(3):268–275. doi: 10.1177/1758573219888821

38. Hendel M.D., Werner B.C., Camp C.L., Gulotta L.V., Walch G., Dines D.M., Dines J.S. Management of the biconcave (B2) glenoid in shoulder arthroplasty: Technical considerations. *Am. J. Orthop. (Belle Mead NJ)*. 2016;45(4):220–227.

39. McFarland E.G., Huri G., Hyun Y.S., Petersen S.A., Srikumaran U. Reverse total shoulder arthroplasty without bone-grafting for severe glenoid bone loss in patients with osteoarthritis and intact rotator cuff. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2016;98(21):1801–1807. doi: 10.2106/JBJS.15.01181.

40. McFarland E.G., Meshram P., Rojas J., Joseph J., Srikumaran U. Reverse total shoulder arthroplasty without bone-grafting for severe glenoid bone loss in patients with osteoarthritis and intact rotator cuff: A concise 5-year follow-up of a previous report. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2021;103(7):581–585. doi: 10.2106/JBJS.20.01042.

41. Wang T., Abrams G.D., Behn A.W., Lindsey D., Giori N., Cheung E.V. Posterior glenoid wear in total shoulder arthroplasty: eccentric anterior reaming is superior to posterior augment. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2015;473(12):3928–3936. doi: 10.1007/s11999-015-4482-8

42. Boileau P., Morin-Salvo N., Gauci M.O., Seeto B.L., Chalmers P.N., Holzer N., Walch G. Angled BIO-RSA (bony-increased offset-reverse shoulder arthroplasty): a solution for the management of glenoid bone loss and erosion. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(12):2133–2142. doi: 10.1016/j.jse.2017.05.024

43. Al-Omairi S., Albadran A., Dagher D., Leroux T., Khan M. Glenoid bone loss in shoulder arthroplasty: a narrative review. *Ann. Jt.* 2024;9:8. doi: 10.21037/aoj-23-24

44. Boileau P., Morin-Salvo N., Bessière C., Chelli M., Gauci M.O., Lemmex D.B. Bony increased-offset-reverse shoulder arthroplasty: 5 to 10 years' follow-up. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2020 Oct;29(10):2111–2122. doi: 10.1016/j.jse.2020.02.008.

45. Карапетян Г.С., Шуйский А.А. Наш первый опыт использования гидроксиапатитной пасты для улучшения интеграции гленоидального компонента реверсивного протеза при костном дефекте лопатки (случай из практики). *Acta Biomed. Sci.* 2023; 8(2): 203–213. doi: 10.29413/ABS.2023-8.2.20

Karapetyan G.S., Shuyskiy A.A. Our first experience with the use of hydroxyapatite paste to improve the integration of the glenoid component of a reverse prosthesis with a bone defect of the scapula (case re-

port). *Acta Biomed. Sci.* 2023;8(2):203–213. [In Russian]. doi: 10.29413/ABS.2023-8.2.20

46. Imai S. A sequential approach to the management of posterior glenoid defects in RSA: Angulated BIO versus multiple bioresorbable pinning-assisted structural bone-grafting. *JB JS Open Access.* 2021;6(4):e21.00049. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00049

47. Ernstbrunner L., Werthel J.D., Wagner E., Hattata T., Sperling J.W., Cofield R.H. Glenoid bone grafting in primary reverse total shoulder arthroplasty. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(8):1441–1447. doi: 10.1016/j.jse.2017.01.011

48. Merolla G., Giorgini A., Bonfatti R., Micheloni G.M., Negri A., Catani F., Tarallo L., Paladini P., Porcellini G. BIO-RSA vs. metal-augmented baseplate in shoulder osteoarthritis with multiplanar glenoid deformity: a comparative study of radiographic findings and patient outcomes. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2023;32(11):2264–2275. doi: 10.1016/j.jse.2023.04.028

49. Porcellini G., Micheloni G.M., Tarallo L., Paladini P., Merolla G., Catani F. Custom-made reverse shoulder arthroplasty for severe glenoid bone loss: review of the literature and our preliminary results. *J. Orthop. Traumatol.* 2021;22(1):2. doi: 10.1186/s10195-020-00564-6

50. Malhas A.M., Granville-Chapman J., Robinson P.M., Brookes-Fazakerley S., Walton M., Monga P., Bale S., Trail I. Reconstruction of the glenoid using autologous bone-graft and the SMR Axioma TT metal-backed prosthesis: the first 45 sequential cases at a minimum of two years' follow-up. *Bone Joint J.* 2018;100-B(12):1609–1617. doi: 10.1302/0301-620X.100B12.BJJ-2018-0494.R1

51. Malhas A., Rashid A., Copas D., Bale S., Trail I. Glenoid bone loss in primary and revision shoulder arthroplasty. *Shoulder Elbow.* 2016;8(4):229–240. doi: 10.1177/1758573216648601

52. Rashid M.S., Cunningham L., Shields D.W., Walton M.J., Monga P., Bale R.S., Trail I.A. Clinical and radiologic outcomes of Lima ProMade custom 3D-printed glenoid components in primary and revision reverse total shoulder arthroplasty with severe glenoid bone loss: a minimum 2-year follow-up. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2023;32(10):2017–2026. doi: 10.1016/j.jse.2023.04.020

53. Ortmairer R., Wierer G., Gruber M.S. Functional and Radiological Outcomes after Treatment with Custom-Made Glenoid Components in Revision Reverse Shoulder Arthroplasty. *J. Clin. Med.* 2022;11(3):551. doi: 10.3390/jcm11030551

**Сведения об авторах:**

**Айрапетов Георгий Александрович**, д.м.н., ORCID: 0000-0001-7507-7772, e-mail: airapetovga@yandex.ru  
**Найданов Вадим Федорович**, e-mail: vadimfn@yandex.ru  
**Самкович Дмитрий Александрович**, ORCID: 0000-0001-5770-7304, e-mail: dmitry.samkovitch@gmail.com  
**Дмитров Иван Александрович**, к.м.н., ORCID: 0000-0001-7051-0848, e-mail: dr.dmitrov@gmail.com  
**Загородний Николай Васильевич**, проф., акад. РАН, ORCID: 0000-0002-6736-9772,  
e-mail: zagorodny-nv@rudn.ru  
**Призов Алексей Петрович**, д.м.н., ORCID: 0000-0003-3092-9753, e-mail: prizov\_ap@pfur.ru  
**Суюнов Ренат Акашаевич**, ORCID: 0009-0004-2667-6444, e-mail: renat.suyunov@mail.ru  
**Данильянц Армен Альбертович**, ORCID: 0000-0001-6692-0975, e-mail: armendts@mail.ru

**Information about the authors:**

**Georgiy A. Airapetov**, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-7507-7772, e-mail: airapetovga@yandex.ru  
**Vadim F. Naidanov**, e-mail: vadimfn@yandex.ru  
**Dmitry A. Samkovich**, ORCID: 0000-0001-5770-7304, e-mail: dmitry.samkovitch@gmail.com  
**Ivan A. Dmitrov**, Ph.D., ORCID: 0000-0001-7051-0848, e-mail: dr.dmitrov@gmail.com  
**Nikolay V. Zagorodnii**, professor, academician of the RAS, ORCID: 0000-0002-6736-9772,  
e-mail: zagorodny-nv@rudn.ru  
**Aleksey P. Prizov**, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0003-3092-9753, e-mail: prizov\_ap@pfur.ru  
**Renat A. Suyunov**, ORCID: 0009-0004-2667-6444, e-mail: renat.suyunov@mail.ru  
**Armen A. Daniliyants**, ORCID: 0000-0001-6692-0975, e-mail: armendts@mail.ru

*Поступила в редакцию 02.07.2025*  
*Принята к публикации 24.11.2025*

*Received 02.07.2025*  
*Accepted 24.11.2025*