

Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты

С.Ю. Доколин, А.П. Варфоломеев, В.И. Кузьмина, В.А. Артюх, И.В. Марченко

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России
Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Цель исследования — оценка среднесрочных результатов реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плечевого сустава на фоне массивного разрыва вращательной манжеты.

Материал и методы. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава протезом Delta X-tend (DePuy) было выполнено 38 пациентам с декабря 2010 по декабрь 2016 г. одной хирургической бригадой. Возраст пациентов варьировал от 38 до 82 лет. Показанием к эндопротезированию являлись болевой синдром и ППБК на фоне большого или массивного разрыва ВМПС, а также АПС различной степени выраженности. Оценку результатов проводили с использованием стандартизированных шкал ASES, CS и UCLA. В рентгенологическое обследование входило выполнение рентгенограмм в прямой и аксиальной проекциях в сроки от 1 до 6 лет после оперативного вмешательства с изучением положения компонентов эндопротеза. Средний срок наблюдения за пациентами составил 24,2±6,6 мес.

Результаты. Хорошие результаты достигнуты у 6 (15,8%) пациентов. Средние функциональные показатели составили — 87,4±2,1 баллов по шкале ASES, 29,7±1,5 — по шкале UCLA и 14,0±2,3 — по шкале CS. Удовлетворительный исход был зарегистрирован у 27 (71,0%) обследованных пациентов: 76,2±2,3 баллов по ASES; 26,8±1,3 — по UCLA; 22,0±1,4 — по CS. Плохой результат отмечен у 5 (14,2%) пациентов с сохранившимся болевым синдромом. У 8 (21,1%) пациентов после РЭПС развились различные осложнения: у одной пациентки — остеолит с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза и присоединением поздней парапротезной инфекции, у 7 пациентов было зарегистрировано по одному из следующих осложнений: ранняя парапротезная инфекция (1), вывих эндопротеза (2), нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва (3).

Выводы. Чтобы избежать значительного количества осложнений после РЭПС, необходимо тщательное предоперационное планирование, которое должно проводиться с учетом особенностей деструктивных изменений суставной впадины лопатки. Для молодых, физически активных пациентов авторы рекомендуют использовать альтернативные варианты лечения, направленные на восстановление нормальной биомеханики плеча и профилактику развития артропатии.

Ключевые слова: разрыв вращательной манжеты плеча, артропатия плечевого сустава, реверсивное эндопротезирование плечевого сустава.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18

Доколин С.Ю., Варфоломеев А.П., Кузьмина В.И., Артюх В.А., Марченко И.В. Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):7-18. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18.

Cite as: Dokolin S.Yu., Varfolomeev A.P., Kuzmina V.I., Artyukh V.A., Marchenko I.V. [Outcomes of Reverse Arthroplasty in Patients with Shoulder Arthropathy and Massive Rotator Cuff Tear]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):7-18. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18.

✉ Марченко Илья Владимирович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / Ilya V. Marchenko. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: marchenko.ilua@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 28.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 05.06.2018.

Outcomes of Reverse Arthroplasty in Patients with Shoulder Arthropathy and Massive Rotator Cuff Tear

S.Yu. Dokolin, A.P. Varfolomeev, V.I. Kuzmina, V.A. Artyukh, I.V. Marchenko

*Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation*

Abstract

Purpose — to evaluate mid-term outcomes of reverse joint replacement in patients with shoulder arthropathy and massive rotator cuff tear.

Material and Methods. Reverse shoulder arthroplasty with DELTA XTEND (DePuy) was performed in 38 patients in the period from December 2010 to December 2016 by the same surgical team. Patients' age ranged from 38 to 82 years. Indications for replacement were pain syndrome and pseudoparalysis of the upper limb in presence of a large or massive RC tear as well as shoulder arthropathy of various severity degree. Outcomes were evaluated by standard ASES, CS and UCLA scales. Roentgenological examination included AP and axial x-rays during follow up from 1 to 6 years after the surgery with analysis of implants positioning. Mean follow up was 24,2±6,6 months.

Results. Good outcomes were reported in 6 (15,8%) patients. Average functional scores were: ASES 87,4±2,1, UCLA 29,7±1,5 and CS 14,0±2,3. Satisfactory outcomes were observed in 27 (14,2%) patients: ASES 76,2±2,3, UCLA 26,8±1,3 and CS 22,0±1,4 scores. Poor outcomes were reported in 5 (14,2%) patients with persisting pain syndrome.

Conclusion. To avoid significant and multiple complications after reverse shoulder replacement a precise preoperative planning considering particular destructive changes of glenoid fossa is required. For young and physically active patients the authors recommend to use alternative treatment options aiming at restoration of normal shoulder biomechanics and prophylaxis of arthropathy.

Keywords: rotator cuff tear, shoulder arthropathy, reverse shoulder arthroplasty.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Введение

Одним из наиболее распространенных показаний к реверсивному эндопротезированию плечевого сустава (РЭПС) являются боль и «псевдопаралич» верхней конечности (ППВК), развивающиеся на фоне большого или массивного разрыва вращательной манжеты и сопровождающееся артропатией плечевого сустава (АПС) [1]. За последние годы в связи со значительным повышением уровня представлений ортопедов о биомеханике плечевого сустава после эндопротезирования закономерно выросло и доверие к клиническим исходам таких операций, а также произошло значительное расширение показаний к применению РЭПС у пациентов с массивными невосстановимыми разрывами вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) [2–11]. Все чаще РЭПС стали применять при массивных разрывах ВМПС без признаков артрозных изменений его костно-хрящевой основы — при 1–3 стадии АПС по классификации К. Hamada [12]. При очень хороших ближайших результатах РЭПС на сегодняшний день остается неясной выживаемость таких конструкций в среднесрочном и отдаленном периодах наблюдения за пациентами, непонятны также причины ухудшения клинико-функциональных исходов, наступающие через 5–8 лет после вмешательства

[1, 13, 14]. Кроме того, частота развития осложнений, таких как парапротезные инфекции (ППИ) (0–6%), нестабильность (вывихи) эндопротеза (НЭ) (0–30%), перипротезные переломы (1–2%), лопаточный «ноттинг» синдром (НС) (44–96%) в среднесрочный и отдаленный периоды наблюдения за такими больными значительно выше, чем после обычной артропластики, а тем более, чем после любых реконструктивных вмешательств [1, 15–21]. Существующие сегодня менее радикальные варианты лечения пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС (такие как частичная реконструкция с применением артроскопического костно-сухожильного якорного шва (АКСЯШ), замещение невосстановимых дефектов сухожилий ВМПС сухожилиями других мышц плеча или свободными биотрансплантатами) — несомненно более безопасны, но требуют длительной реабилитации в послеоперационном периоде и при этом не всегда гарантируют пациенту такое же быстрое избавление от боли и хорошее восстановление функции плеча, как после выполнения РЭПС [1, 15, 22–24]. Поэтому очень важно понимать соотношение уровня клинико-функциональных исходов в среднесрочной и отдаленной перспективе и всех рисков, связанных с выполнением реконструктивных вмешательств и РЭПС.

Цель исследования — оценка среднесрочных результатов реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плечевого сустава на фоне массивного разрыва вращательной манжеты.

Материал и методы

Материалом для данного исследования послужили результаты клиничко-рентгенологического обследования 38 пациентов с АПС на фоне массивного разрыва ВМПС (14 мужчин и 24 женщины) в возрасте от 38 до 82 лет (в среднем $65,1 \pm 2,7$ лет), которым в период с декабря 2010 по декабрь 2016 г. одной хирургической бригадой было выполнено РЭПС протезом Delta X-tend (DePuy). Доминирующая рука была оперирована у 23 (60,5%) пациентов. Показанием к проведению оперативного вмешательства являлись болевой синдром и ППВК (отсутствие возможности активной элевации руки выше уровня 90° , при сохранении такой возможности для пассивных движений) на фоне большого или массивного разрыва ВМПС, а также АПС различной степени выраженности [12]. До проведения РЭПС всем пациентам неоднократно проводились курсы консервативного лечения без положительного клинического эффекта, а у 7 (18,4%) больных проведению РЭПС предшествовало реконструктивное вмешательство на ВМПС. В дооперационном периоде всем больным была выполнена стандартная рентгенография и МРТ плечевого сустава.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие дооперационных МР-признаков большого (ширина на сагиттальных томограммах от 3 до 5 см) или массивного (ширина более 5 см) разрыва ВМПС с ретракцией сухожильного края 2–3 степени по классификации D. Patty, мышечной атрофии 3–4 степени по классификации D. Goutallier [18], а также АПС любой степени вы-

раженности [12]. 36 пациентов на момент дооперационного обследования имели 1–3 стадии артропатии (различную степень проксимальной миграции головки плечевой кости без рентген-признаков деформирующего артроза плечевого сустава). У 2 пациентов были зарегистрированы изменения костно-хрящевой основы плечевого сустава (4а стадия артропатии плеча).

Клинические методы. Клиническую оценку результатов лечения проводили с использованием стандартизированных шкал ASES, CS и UCLA, содержащих следующие разделы: болевой синдром, функциональные возможности, амплитуда движений и мышечная сила оперированной конечности. Клиничко-функциональные исходы выполнения РЭПС относили к категориям «хорошие», «удовлетворительные» или «плохие», если они подтверждались двумя и более системами оценки (UCLA, ASES, CS). Дополнительно использовали шкалу ВАШ для объективизации ожиданий пациентов в отношении положительного влияния РЭПС на болевой синдром и функциональные нарушения.

Рентгенологические методы. В рентгенологическое обследование входило выполнение прямых и аксиальных рентгенограмм в сроки от 1 до 6 лет после оперативного вмешательства для изучения положения компонентов эндопротеза, а также регистрацией признаков «нотчинг»-синдрома, остеолиза суставной впадины лопатки и диафиза плечевой кости в соответствии с общепринятыми классификациями. Рентгенологическая оценка гленоидального компонента эндопротеза по выраженности «нотчинг»-синдрома проводилась в соответствии с классификацией F. Sirveaux [25] (рис. 1 а).

Кроме того, проводили поиск на рентгенограммах линий остеолиза вокруг центрального «пега» метаглена и фиксирующих его винтов, между суставным отростком лопатки и метагленом,

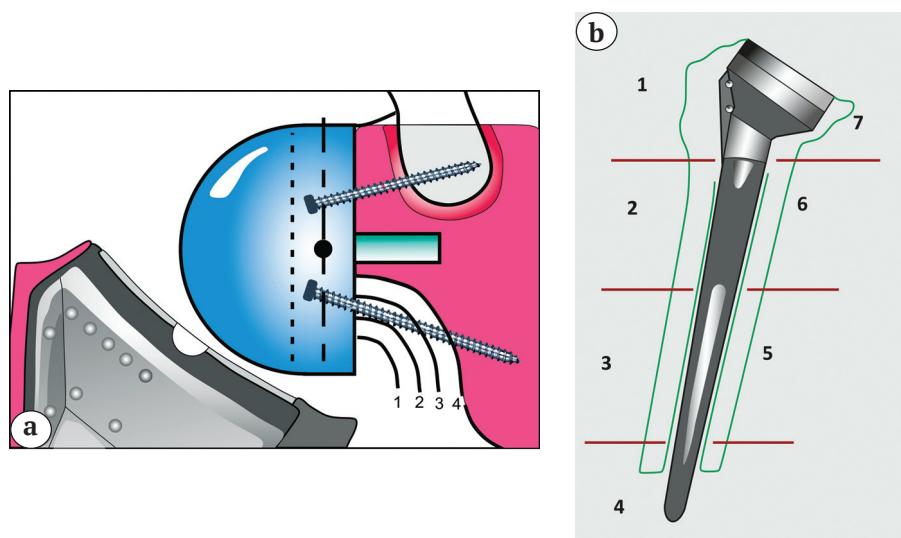


Рис. 1. Степени выраженности лопаточного нотчинг-синдрома по F. Sirveaux (а); зоны рентгенологических изменений перипротезной костной ткани по классификации T. Gruen, адаптированной к диафизу плечевой кости (b)

Fig. 1. Degrees of scapula notching syndrome as per F. Sirveaux (a); areas of roentgenological changes of periprosthetic bone as per T. Gruen classification adapted to shoulder diaphysis (b)

а также классифицировали эти изменения в зависимости от ширины линий остеолита на две стадии — ширина зоны остеолита <2 мм или >2 мм. Признаками расшатывания (нестабильности) гленоидального компонента эндопротеза считали либо изменение его первоначального положения (миграцию) по сравнению с послеоперационными рентгенограммами, либо наличие линий остеолита шириной >2 мм во всех перечисленных зонах.

Рентгенологическую оценку состояния плечевого компонента эндопротеза начинали с выявления и измерения ширины (<2 мм или >2 мм) линий остеолита вокруг ножки эндопротеза по семи анатомическим зонам в соответствии с классификацией T. Gruen [26], адаптированной к диафизу плечевой кости (рис. 1б). Признаками расшатывания (нестабильности) ножки эндопротеза считали по аналогии с гленоидальным компонентом либо изменение ее положения, либо наличие линий остеолита шириной >2 мм в трех и более анатомических зонах диафиза плечевой кости. Отдельно уделяли внимание выявлению признаков так называемого stress-shielding синдрома (предвестника перипротезных переломов), возникающего в связи с перераспределением нагрузки между ножкой эндопротеза и диафизом плечевой кости. Данное состояние проявлялось остеопенией в проксимальной части диафиза плечевой кости (зоны 1–7, 2–6).

Все пациенты были оперированы в позиции «пляжное кресло» с использованием стандартного дельтовидно-пекторального доступа. Хирургическая техника имплантации реверсивного протеза проводилась в соответствии с описаниями С. Werner [27]. Во всех случаях был использован эндопротез DeltaX-tend (DePuy) с цементным типом фиксации ножки (применяли костный цемент DePuy CMW 3 с гентамицином). У 6 пациентов использовали 38 размер, у 32 больных — 42 размер гленосферы. Наиболее часто (30) применяли вкладыш $+6$ мм, у 8 пациентов использовали вкладыши $+3$ и $+9$ мм.

В сроки наблюдения 2 пациента умерли, но при жизни у них не было зарегистрировано документально подтвержденных осложнений, вызванных эндопротезированием плеча.

Статистические методы. Сравнение данных, характеризующих пациентов, стадию АПС и проводимого хирургического лечения в трех подгруппах (с хорошим, удовлетворительным и плохим исходами) проводились с помощью теста Крускала – Уоллиса. Для сравнения показателей шкал, характеризующих клинико-функциональные исходы лечения, был использован тест Вилкоксона. Различия в показателях были приняты статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Сроки наблюдения пациентов составили от 1 до 6 лет после выполненных операций, средний срок – $24,2 \pm 6,6$ мес. В соответствии с показателями шкал функциональной оценки ASES, CS, UCLA были определены группы пациентов с хорошими, удовлетворительными и плохими исходами после проведенного вмешательства.

Группу больных с хорошими результатами составили 6 (15,8%) пациентов. У них отсутствовали какие-либо жалобы на боль и дискомфорт в области оперированного плечевого сустава. Объем движений был следующим — отведение и сгибание (элевация) находились в диапазоне $0/160-180^\circ$, активная и пассивная наружная ротация приведенного плеча достигала 45° с возможностью активно удерживать плечевой сустав в положении максимальной наружной ротации. Пять пациентов данной группы имели возможность выполнять тяжелую физическую работу, а 3 (7,9%) из них продолжили занятия спортом на любительском уровне. Следует отметить отсутствие субъективных жалоб у этих пациентов на снижение мышечной силы в их повседневной активности. Средние показатели функциональной оценки оперированного сустава составили $87,4 \pm 2,1$ баллов по шкале ASES, $29,7 \pm 1,5$ — по UCLA, $14,0 \pm 2,3$ — по CS.

Удовлетворительный исход был зарегистрирован у 27 (71,0%) обследованных пациентов. Они отмечали жалобы на непостоянные болевые ощущения в плече, связанные с определенными видами движений (отведение, заведение руки за спину или ее подъем до 90° и более). Амплитуда движений оперированного сустава была снижена — активная элевация и отведение находилась в диапазоне $0/100-160^\circ$, наружная ротация — до 45° . Активное отведение было возможно с грузами 1,5–2 кг. Пациенты отмечали снижение уровня повседневной физической активности (отсутствие возможности выполнять тяжелую физическую работу и заниматься спортом). Основными субъективными жалобами было снижение мышечной силы при повседневной деятельности. Средние показатели функциональной оценки оперированного сустава у этих пациентов составили — $76,2 \pm 2,3$ по ASES; $26,8 \pm 1,3$ по UCLA; $22,0 \pm 1,4$ по CS.

Плохой исход получен у 5 (14,2%) пациентов, у которых отмечался болевой синдром, активное отведение и подъем руки были возможны в диапазоне $0-130^\circ$. При этом сохранялась способность удерживать руку в положении наружной ротации, достигнутой врачом пассивно при проведении обследования. Перечисленные признаки не позволяют констатировать наличие у этих пациентов ППВК. Активное отведение было возможно с грузами менее 1 кг.

Болевой синдром. На момент обследования после выполнения РЭПС из 38 пациентов болевой синдром полностью отсутствовал у 7 (18,4%), периодически возникал при физических нагрузках и деятельности в положениях рук выше горизонтального уровня у 24 (63,2%). Изменение контуров и снижение тонуса отдельных пучков дельтовидной мышцы (признак нейропатии двигательных ветвей аксиллярного нерва) отмечали 7 (18,4%) пациентов. Ожидания оперированных пациентов по снижению или исчезновению выраженности дооперационной боли по ВАШ оправдались у 34 (89,5%) больных (в среднем на 8,4 балла).

Функция. Степень восстановления функции плечевого сустава оценивали по трем системам оценки — CS, ASES, UCLA. Средние показатели до и после операции: ASES $57,8 \pm 4,2 / 77,8 \pm 3,1$ баллов; по UCLA $21,4 \pm 1,8 / 27,1 \pm 1,1$ баллов соответственно. Таким образом, у всех обследованных пациентов имела положительная динамика.

У 32 (84,2%) пациентов на момент осмотра отмечалось отсутствие или выраженное снижение возможности активной наружной ротации плеча, выражающееся в трудностях выполнения таких бытовых действий, как соблюдение личной гигиены, самообслуживание (одевания одежды). У 5 (13,1%) больных на момент осмотра наблюдали комбинированную контрактуру.

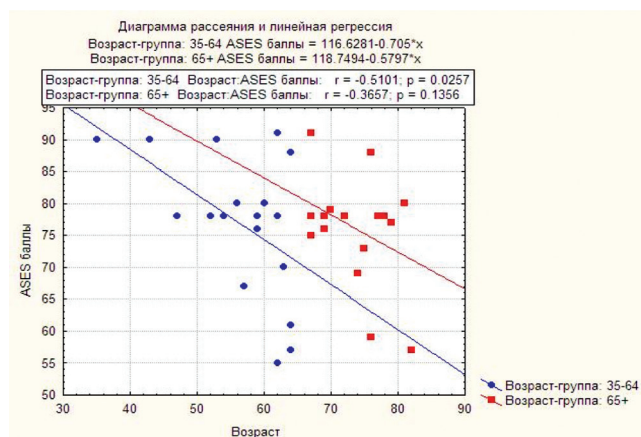
Мышечная сила. Мышечная сила оперированной конечности страдала в той или иной степени у всех пациентов. При заполнении функциональ-

ной шкалы CS изучалась возможность элевации и отведения оперированной верхней конечности с различными грузами. Результаты показали возможность отведения и элевации с грузом от 0,5 до 1,5 кг у 27 (71%), 2–3 кг — у 8 (21,1%), 4–6 кг — у 3 (7,9%) пациентов. Из 38 оперированных больных 22 (68,4%) смогли достичь желаемого уровня физической активности, 3 (7,9%) пациента продолжили занятия фитнесом и плавание в бассейне.

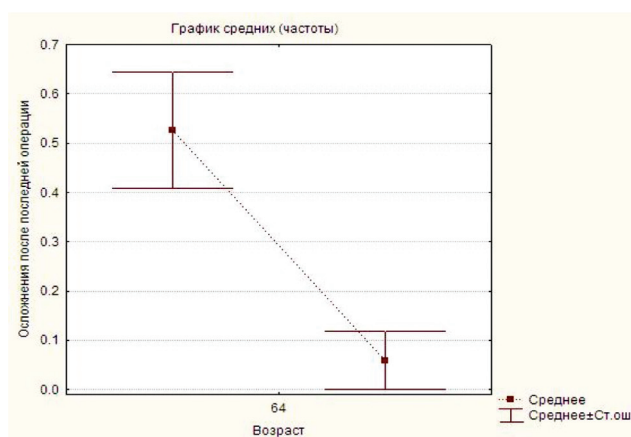
Регрессионный анализ позволил установить статистически значимую связь показателей клинико-функциональной шкалы ASES с показателем возраст профильных пациентов ($p = 0,02$). Графики линейной регрессии демонстрируют общую тенденцию взаимосвязи ухудшения исходов с увеличением возраста в группах больных 35–64 лет и старше 65 лет (рис. 2а). При этом график логистической регрессии наглядно показывает значимые ($p = 0,002$) различия такого показателя, как частота развития осложнений в группах пациентов 35–64 лет и старше 65 лет (рис. 2б).

Этот факт явился поводом для изучения клинических и рентгенологических исходов выполнения РЭПС как в общей группе, так и в группах пациентов до 65 лет включительно (группа А — 18 пациентов), 65 лет и старше (группа В — 20 пациентов).

При оценке до- и послеоперационных показателей по шкалам CS, ASES, UCLA всех пациентов были получены различия ($p < 0,001$) (табл. 1).



а



б

Рис. 2. Диаграммы рассеяния и линейной регрессии:

- а — распределение показателя шкалы ASES после выполнения РЭПС в разных возрастных группах;
- б — распределение частоты возникновения различных осложнений в зависимости от возраста пациентов

Fig. 2. Scatter and linear regression diagrams:

- а — ASES scores distribution after reverse shoulder replacement in different age groups;
- б — distribution of complication rates depending on patients' age

**Динамика клинико-функциональных показателей до и после эндопротезирования
плечевого сустава в различных возрастных группах**

**Dynamics of clinical and functional criteria prior to and after shoulder replacement
in different age groups**

Шкала оценки	До операции, баллы	После операции, баллы
CS		
Общая группа	31,2±3,4	21,1±2,3
Группа А	28,0±1,3	21,0±1,5
Группа В	27,3±1,6	21,1±1,7
UCLA		
Общая группа	21,4±1,8	27,1±1,1
Группа А	20,4±1,5	28,9±1,0
Группа В	21,9±1,3	27,3±1,3
ASES		
Общая группа	57,8±4,2	77,8±3,1
Группа А	56,9±3,2	78,3±2,3
Группа В	58,9±5,2	77,3±3,1

Положительная динамика в виде улучшения клинико-функционального состояния плечевого сустава наблюдалась в течение первого года наблюдения и в дальнейшем (в сроки от 1 до 6 лет) оставалась на одном уровне у 31 (81,6%) пациента, не имевших осложнений. Средний срок наблюдения составил 24,2±2,6 мес., а средний балл по шкале ASES до 1 года 69±4,2, 2–4 лет — 77,8±3,1, 4–6 лет — 74,7±2,3. В группе пациентов с возникшими осложнениями (расшатывание лопаточного компонента, вывих эндопротеза, парапротезная инфекция, нейропатии) показатели функционального состояния оперированного сустава значительно снижались, но после проведенного лечения возвращались к уровню, имевшемуся до их возникновения. Средний срок наблюдения составил 24,2±2,6 мес., а средний показатель по шкале ASES 77,8±3,1 баллов до 1 года, 2–4 лет — 47,8±2,7, 4–6 лет — 73,8±3,7. Предшествующие РЭПС реконструктивные вмешательства на ВМПС имели место у 7 (18,4%) пациентов. Мы не выявили значимых различий в клинических исходах у пациентов, имевших и не имевших реконструктивных вмешательств на ВМПС.

При проведении рентгенологического обследования пациентов регистрировали как признаки изменений (остеолиз, нотчинг, stress-shielding синдромы), предрасполагающих к развитию осложнений, так и непосредственно осложнения (расшатывание лопаточного/плечевого компонента, вывих эндопротеза). Одним из наиболее распространенных состояний, предрасполагающих к развитию осложнений (расшатыванию гленоидального компонента и парапротезной инфекции) после РЭПС, стал лопаточный нотчинг-синдром

(НС), то есть повреждение костной массы шейки и тела лопатки в месте контакта с медиальной частью полиэтиленового вкладыша и плечевого компонента эндопротеза.

Следует отметить, что у 3 (7,9%) пациентов на контрольных рентгенограммах была выявлена зона оссификации места крепления сухожилия трехглавой мышцы плеча к суставному отростку лопатки (так называемый «костный шип») (рис. 3). Гетеротопической оссификации тела лопатки зарегистрировано не было.

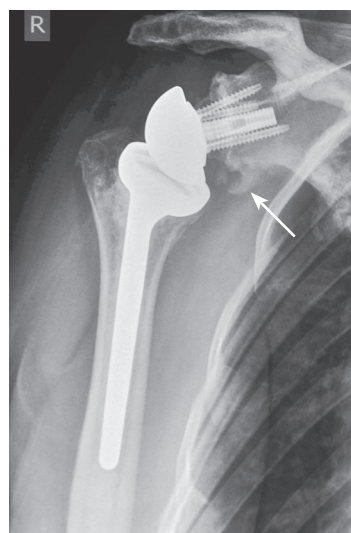


Рис. 3. На рентгенограмме визуализируется «костный шип», являющийся зоной оссификации сухожилия трехглавой мышцы плеча

Fig. 3. X-ray visualizes the ossification area of triceps tendon

Первые признаки лопаточного НС отмечались нами на контрольных рентгенограммах 14 (36,8%) пациентов уже через 14 мес. после выполнения вмешательства. При дальнейшем обследовании пациентов наблюдалось увеличение количества случаев возникновения НС и прогрессия степени его выраженности через 2–6 лет после выполнения эндопротезирования плеча (рис. 4, 5).

При рентгенологической оценке были выявлены признаки остеолита вокруг проксимальной части ножки эндопротеза в анатомических зонах 1–6 и 2–7 у 2 пациентов через 4,5 и 5 лет после выполнения РЭПС. При этом остеолит имел локальный характер, не сопровождался болевым синдромом и не позволял установить признаки расшатывания плечевого и гленоидального компонентов эндопротеза. У одного пациента остеолит диафиза плечевой кости вокруг проксимальной части ножки эндопротеза сопровождался сужением расстояния между медиальным и латеральным кортикаль-

ми слоями по типу «песочных часов» и был расценен как stress-shielding синдром (рис. 6).

У 8 (21,1%) пациентов общей группы на фоне описанных изменений возникли различные осложнения. У одной пациентки развился остеолит с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза с присоединением поздней парапротезной инфекции (3 осложнения). У остальных 7 пациентов было зарегистрировано по одному из следующих осложнений: ранняя парапротезная инфекция (1), вывих эндопротеза (2), нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва (3). Частота их была различной в группах больных моложе и старше 65 летнего возраста (табл. 2). Кроме клиничко-функциональных результатов РЭПС, в общей группе изучали аналогичные показатели? и регистрировали развитие осложнений в группах пациентов до 65 лет включительно (группа А — 18 пациентов) и старше 65 лет (группа В — 20 пациентов).

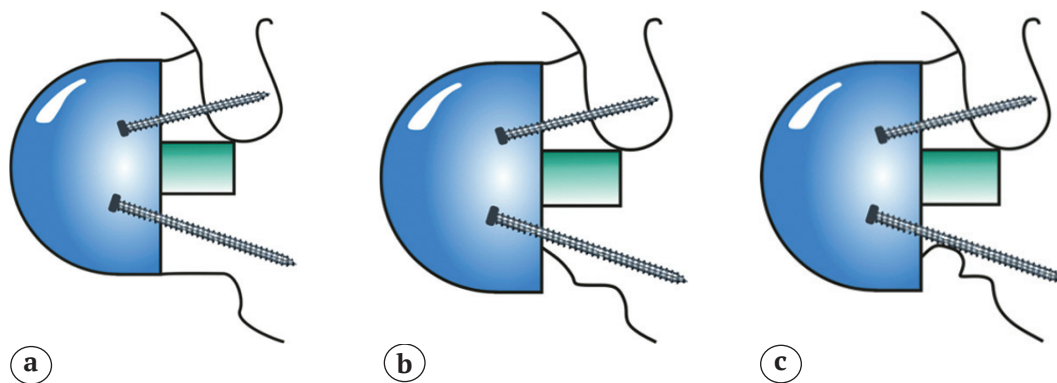


Рис. 4. Прогрессирование выраженности нотчинг-синдрома: а — отсутствие признаков нотчинг-синдрома; б — 2–3 степень «нотчинг»-синдрома; в — 3–4 степень нотчинг-синдрома

Fig. 4. Progression of notching syndrome severity: а — no signs of notching syndrome; б — 2-3 grade; в — 3-4 grade

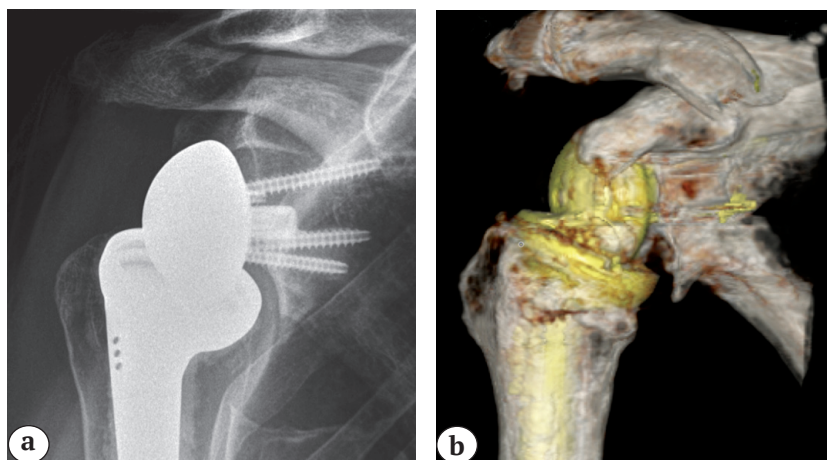


Рис. 5. Рентгенограмма (а) и КТ (б) плечевого сустава пациента через 6 лет после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава по поводу артропатии плеча на фоне массивного разрыва сухожилий вращательной манжеты: признаки нотчинг-синдрома 3-й степени при удовлетворительном клиничко-функциональном исходе, пациент продолжает вести активный образ жизни

Fig. 5. X-ray (а) and CT scan (б) of patient 6 years after reverse shoulder replacement due to arthropathy with a massive RC tear: notching syndrome signs of 3 grade with satisfactory clinical and functional outcome, patient leads active life

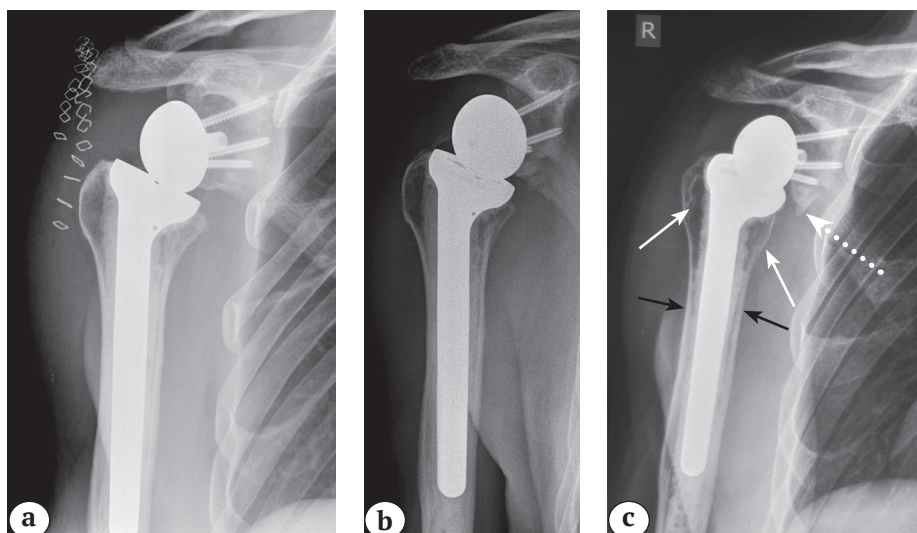


Рис. 6. Рентгенограммы пациента после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава: а — на 10-е сутки; б — через год; с — спустя 5 лет.

Признаки нотчинг-синдрома (пунктирная стрелка) и stress-shielding синдрома. Остеолиз в проксимальной части диафиза плечевой кости (зоны 1 и 7 отмечены белыми стрелками), сужение расстояния между медиальным и латеральным кортикальными слоями по типу «песочных часов» (черные стрелки)

Fig. 6. Postoperative X-rays after reverse shoulder arthroplasty:

а — at day 10; б — in 1 year; с — in 5 years.

Signs of notching syndrome (dotted arrow) and stress-shielding syndrome. Osteolysis in proximal shoulder diaphysis (areas 1 and 7 marked by white arrows), “sand glass” narrowing between medial and lateral cortex (black arrows)

Таблица 2/Table 2

Структура осложнений после РЭПС у пациентов разных возрастных групп
Types and rate of complications after reverse shoulder arthroplasty in patients of various age groups

Осложнение	Группа А до 65 лет	Группа В старше 65 лет	Общая группа	Вариант лечения
Лопаточный нотчинг-синдром — расшатывание лопаточного компонента	1 (5,5%)	—	1 (2,6%)	—
Нестабильность (вывих эндопротеза)	2 (11,1%)	—	2 (5,3%)	Открытое вправление, замена вкладыша
Инфекция (<i>Acinetobacter</i> , <i>Propionibacter</i> , MRSE)	2 (11,1%) в т.ч. 1 случай ранней инфекции через 14 суток после вмешательства; 1 случай поздней инфекции через 5 лет после операции	—	2 (5,3%)	Ревизия раны, замена вкладыша, а/б терапия Двухэтапное ревизионное РЭПС, а/б терапия
Нейропатии	2 (11,1%)	1 (5%)	3 (7,8%)	Антиневритная терапия
Общее кол-во	7 (38,9%)	1 (5%)	8 (21,1%)	

При рентгенологическом обследовании лопаточный НС был выявлен в динамике у 14 (36,8%) пациентов, но только у одной пациентки нотчинг-синдром развивался в течение 5 лет, что привело к остеолиту с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза и присоединением парапротезной инфекции.

Вывих эндопротеза был диагностирован у двух пациентов в сроки 1,5 и 3 мес. после операции. В обоих случаях была выполнена ревизия и замена вкладыша: в одном случае на ревизионный +6 мм, в другом — на +9 мм.

Послеоперационная нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва была зарегистрирована у 3 пациентов и корректировались антиневритной терапией в сочетании с электромиостимуляцией дельтовидной мышцы.

Дискуссия

Анализ клинических исходов РЭПС у пациентов с АПС на фоне массивного разрыва ВМПС в нашем исследовании показал значимую ($p < 0,001$) положительную динамику до- и послеоперационных значений по шкалам CS, ASES, UCLA. Этот факт подтверждают данные литературы, демонстрирующие значимое улучшение клинико-функциональных исходов у пациентов после выполнения РЭПС в сроки наблюдения от 24 до 93 мес. [10, 16, 28, 29].

При значительном улучшении таких показателей, как выраженность болевого синдрома и степень функциональных нарушений (у всех пациентов в послеоперационном периоде отсутствовали признаки ППВК), в нашем исследовании была отмечена высокая частота (21,1%) развития осложнений — у 8 из 38 обследованных больных. По данным литературы, частота развития осложнений после РЭПС колеблется от 19 до 50% [10, 27, 29]. Показатели частоты развития осложнений, приведенные в литературе, для групп пациентов, которым РЭПС выполнялось по разным показаниям, имеют существенные различия. Так при посттравматическом остеоартрозе плечевого сустава выполнение РЭПС сопровождалось развитием осложнений лишь у 5% пациентов, при АПС на фоне массивного разрыва ВМПС — у 19,5%, а при трех-четырёхфрагментарных переломах проксимального отдела плечевой кости и артрозо-артрите плечевого сустава ревматоидной этиологии эти показатели достигали 36% и 45% соответственно [29].

В проведенном нами исследовании мы не выявили значимых различий в клинических исходах у пациентов имевших и не имевших предшествующих эндопротезированию реконструктивных вмешательств: 7 (18,4%) и 31 (81,6%) соответственно. Этому факту противоречат данные исследований P. Voileau с соавторами [28] и C. Werner с соавто-

рами [27], показывающие более низкие результаты выполнения РЭПС после любых восстановительных операций на ВМПС, но при этом подтверждают данные, опубликованные в 2013 г. E. Ek с соавторами [1].

M. Zumstein с соавторами предложили выделить в неблагоприятных исходах РЭПС термины «проблема» (предрасполагающие к развитию осложнений) и непосредственно «осложнение» в зависимости от степени их влияния на конечный исход. В своем исследовании авторы приводят данные о 44% возникновения послеоперационных «проблем» после РЭПС и о 24% клинических ситуаций, когда имеющаяся «проблема» привела к развитию «осложнения» [30]. Данные, полученные в нашем исследовании, где частота предрасполагающих к развитию осложнений «проблем» составила 38%, а в 21,1% случаев «проблема» привела к развитию осложнения, вполне сопоставимы с данными представленными в публикации M. Zumstein с соавторами [29].

Самым частым неблагоприятным состоянием, предрасполагающим к развитию осложнений, стал лопаточный нотчинг-синдром (36,8% в общей группе пациентов), который в крайних степенях выраженности может приводить к расшатыванию лопаточного компонента эндопротеза и развитию парапротезной инфекции. Клинические примеры, демонстрирующие возможность расшатывания гленоидального компонента протеза на фоне лопаточного НС, также приводятся в современной литературе [1, 25, 31]. Кроме того, отмечаются значимые различия в функциональных исходах пациентов, имеющих и не имеющих признаки лопаточного НС (средние показатели CS по данным V. Melis с соавторами, P. Sadoghi с соавторами составили 85,6 и 65,6 соответственно) [31, 32].

В этой связи уже на этапе предоперационного планирования целесообразно проводить КТ исследование, позволяющее оценить состояние костно-хрящевой ткани суставного отростка лопатки. Суставной отросток лопатки имеет как индивидуальные анатомические особенности строения, так и различные деструктивные изменения, развивающиеся при разной патологии плечевого сустава [33]. Так например, для деформирующего остеоартроза плеча характерно разрушение костно-хрящевой основы преимущественно в центральной и задней частях суставной впадины лопатки, изменяющие ее горизонтальный профиль (ретроверсия), а при артропатии плечевого сустава на фоне массивного разрыва ВМПС деструктивные изменения возникают, как правило, в центральной и верхней частях суставной впадины лопатки с изменением контуров ее вертикального профиля (инклинация) [33–35]. Использование свободных костных трансплантатов и нестандартного мета-

гена (с увеличенной длиной центрального пега) позволяет скорректировать имеющиеся нарушения горизонтального и вертикального профилей суставной впадины лопатки, а также выполнить латерализацию центра ротации плеча при проведении так называемого «био-РЭПС» (РЭПС со свободной костной клиновидной аутопластикой суставного отростка лопатки) [35]. По мнению многих исследователей, умеренная латерализация центра ротации (около 8,5 мм) обеспечивает улучшение послеоперационной функции, стабильности эндопротеза, снижает риск развития лопаточного НС, тем самым увеличивая сроки выживаемости имплантата [34, 35].

Категорию наиболее высокого риска развития осложнений в нашем исследовании составили пациенты моложе 65 лет с более высоким уровнем активности. В этой группе из 18 пациентов у 7 (38,9%) были зарегистрированы одно и более осложнений. Из имевшихся осложнений парапротезная инфекция стала единственной главной причиной, приведшей к необходимости удаления эндопротеза и замены его на ревизионную систему у одной из наших пациенток трудоспособного возраста. Данный факт косвенно подтверждает исследование В. Morris с соавторами, в котором на большом клиническом материале (301 РЭПС) при проведении многофакторного анализа было доказано, что возраст пациента (<65 лет, $p = 0,02$) и предшествующая РЭПС артропластика ($p = 0,001$) являются двумя независимыми факторами риска развития парапротезной инфекции [36]. По нашим данным, показатели клинико-функциональных шкал, характеризующих пациентов после выполнения РЭПС, имели тенденцию к ухудшению с увеличением их возраста, но частота развития осложнений при этом была значимо выше в группе физически активных молодых больных. Этот факт подтверждает в своем исследовании Ек Е. с соавторами, доказывая, что несмотря на высокие показатели частоты развития осложнений (37,5%) после выполнения РЭПС, в случаях когда указанные проблемы не приводили к удалению эндопротеза и замены на его ревизионную систему, клинико-функциональные исходы этих пациентов после лечения осложнения находились в диапазоне хороших (удовлетворительных) исходов и были вполне сопоставимы с исходами пациентов, не имевших осложнений в послеоперационном периоде [1].

Проблема выживаемости реверсивных протезов у пациентов трудоспособного возраста обсуждается в современной литературе [1, 13, 14, 37]. L. Favard с соавторами в своем исследовании показывает уменьшение показателей CS после выполнения РЭПС с 88 до 78 баллов в сроки менее 5 лет наблюдения, а выживаемость таких кон-

струкций 72% в течение 10 лет [13]. В нашем исследовании мы не обнаружили существенных изменений в оценке исходов по шкалам CS, ASES, UCLA в течение 6 лет наблюдения за пациентами после выполнения РЭПС. В общей группе пациентов был удален один эндопротез через 6 лет после имплантации по причине расшатывания гленоидального компонента эндопротеза на фоне лопаточного НС и развития парапротезной инфекции.

Заключение

Высокий процент осложнений после РЭПС делает актуальным тщательное предоперационное планирование, которое должно проводиться с учетом особенностей деструктивных изменений суставной впадины лопатки. Кроме того, для категории молодых, физически активных пациентов необходим поиск альтернативных вариантов лечения массивных разрывов манжеты ротаторов, направленных на восстановление нормальной биомеханики плеча и профилактику развития артропатии. Для выводов о выживаемости РЭПС и получении объективных представлений о динамике функциональных результатов его выполнения необходимо продолжить дальнейшее наблюдение за прооперированными пациентами.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Ek E.T., Neukom L., Catanzaro S., Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(9):1199-1208. DOI: 10.1016/j.jse.2012.11.016.
2. Длясин Н.Г. Результаты тотальной эндопротезирования плечевого сустава реверсивной конструкцией Delta Xtend™. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(4):105-107. Dlyasin N.G. [Results of total shoulder replacement by the reversing construction Delta Xtend™]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(4):105-107. (in Russian).
3. Зоря В.И., Зарайский А.С. Лечение деформирующего артроза плечевого сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2011;(3):79-67. Zorya V.I., Zaraiyskiy A.S. [Treatment of Shoulder Deforming Arthritis]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2011;(3):79-67.
4. Ненасhev Д.В., Варфоломеев А.П., Майков С.В. Анализ отдаленных результатов эндопротезирования плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2012;(2):71-78. Nenashev D.V., Varfolomeev A.P., Maykov S.V. [Analysis of long-term results of shoulder arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(2):71-78. (in Russian).

5. Петеряка А.П., Майков С.В. Результаты применения реверсивного эндопротеза при первичном и ревизионном эндопротезировании плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(4):93-98. Peretyaka A.P., Maykov S.V. [Results of primary and revision reverse shoulder arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(4):93-98.
6. Constant C.R., Murley A.H. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(214):160-164.
7. Flury M.P., Frey P., Goldhahn J., Schwyzer H.K., Simmen B.R. Reverse shoulder arthroplasty as a salvage procedure for failed conventional shoulder replacement due to cuff failedmidterm results. *Int Orthop*. 2010;35(1):53-60. DOI: 10.1007/s00264-010-0990-z.
8. Levy J., Frankle M., Mighell M., Pupello D. The use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty for proximal humeral fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(2):292-300. DOI: 10.2106/JBJS.E.01310.
9. Middernacht B., De Roo P.-J., Maele G.V., De Wilde L.F. Consequences of scapular anatomy for reversed total shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(6):1410-1418. DOI: 10.1007/s11999-008-0187-6.
10. Wall B., Nové-Josserand L., O'Connor D.P., Edwards T.B., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(7):1476-1485. DOI: 10.2106/JBJS.F.00666.
11. Willis M., Min W., Brooks J.P., Mulieri P., Walker M., Pupello D., Frankle M. Proximal humeral malunion treated with reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(4):507-513. DOI: 10.1016/j.jse.2011.01.042.
12. Hamada K., Fukuda H., Mikasa M., Kobayashi Y. Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;254:92-96.
13. Favard L., Lévine C., Nerot C., Gerber C., De Wilde L., Mole D. Reverse prostheses in arthropathies with cuff tear: are survivorship and function maintained over time? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(9):2469-2475. DOI: 10.1007/s11999-011-1833-y.
14. Leung B., Horodyski M., Struk A.M., Wright T.W. Functional outcome of hemiarthroplasty compared with reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of rotator cuff tear arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(3):319-323. DOI: 10.1016/j.jse.2011.05.023.
15. Boileau P., Rumian A.P., Zumstein M.A. Reversed shoulder arthroplasty with modified L'Episcopo for combined loss of active elevation and external rotation. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19(2 Suppl):20-30. DOI: 10.1016/j.jse.2009.12.011.
16. Boileau P., Watkinson D., Hatzidakis A.M., Hovorka I. Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2006;15(5):527-540.
17. Cheung E., Willis M., Walker M., Clark R., Frankle M.A. Complications in reverse total shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(7):439-449.
18. Goutallier D., Postel J.M., Bernageau J., Lavau L., Voisin M.C. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(304):78-83.
19. Lévine C., Garret J., Boileau P., Alami G., Favard L., Walch G. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: is it important to avoid it and how? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(9):2512-2520. DOI: 10.1007/s11999-010-1695-8.
20. Nyffeler R.W., Werner C.M., Gerber C. Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005;14(5):524-528. DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.010.
21. Patel D.N., Young B., Onyekwelu I., Zuckerman J.D., Kwon Y.W. Reverse total shoulder arthroplasty for failed shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(11):1478-1483. DOI: 10.1016/j.jse.2011.11.004.
22. Aoki M., Okamura K., Fukushima S., Takahashi T., Ogino T. Transfer of latissimus dorsi for irreparable rotator-cuff tears. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(5):761-766.
23. Favard L., Berhouet J., Colmar M., Boukobza E., Richou J., Sonnard A., et al.; Société d'orthopédie de l'Ouest. Massive rotator cuff tears in patients younger than 65 years. What treatment options are available? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(4 Suppl 1):S19-26. DOI: 10.1016/j.otsr.2009.03.005.
24. Gerber C., Wirth S.H., Farshad M. Treatment options for massive rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(2 Suppl):S20-29. DOI: 10.1016/j.jse.2010.11.028.
25. Sirveaux F., Favard L., Oudet D., Huquet D., Walch G., Molé D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(3):388-395.
26. Gruen T.A., McNeice G.M., Amstutz H.C. «Modes of failure» of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;(141):17-27.
27. Werner C.M., Steinmann P.A., Gilbert M., Gerber C. Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(7):1476-1486.
28. Boileau P., Gonzalez J.F., Chuinard C., Bicknell R., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18(4):600-606. DOI: 10.1016/j.jse.2009.03.011.
29. Zumstein M.A., Pinedo M., Old J., Boileau P. Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(1):146-157. DOI: 10.1016/j.jse.2010.08.001.
30. De Wilde L., Mombert M., Van Petegem P., Verdonk R. Revision of shoulder replacement with a reversed shoulder prosthesis (Delta III): report of five cases. *Acta Orthop Belg*. 2001;67(4):348-353.
31. Melis B., DeFranco M., Ladermann A., Mole D., Favard L., Nerot C. et al. An evaluation of the radiological changes around the Grammont reverse geometry shoulder arthroplasty after eight to 12 years. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(9):1240-1246. DOI: 10.1302/0301-620X.93B9.25926.
32. Sadoghi P., Leithner A., Vavken P., Hölzer A., Hochreiter J., Weber G. et al. Infraglenoidal scapular notching in reverse total shoulder replacement: a prospective series of 60 cases and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12:101. DOI: 10.1186/1471-2474-12-101.
33. 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 Jan 3. pii: S1058-2746(17)30664-X. DOI: 10.1016/j.jse.2017.10.004.
34. Valenti P., Sauzières P., Katz D., Kalouche I., Kilinc A.S. Do less medialized reverse shoulder prostheses increase motion and reduce notching? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(9):2550-2557. DOI: 10.1007/s11999-011-1844-8.
35. 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.
36. Morris B.J., O'Connor D.P., Torres D., Elkousy H.A., Gartsman G.M., Edwards T.B. Risk factors for periprosthetic infection after reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(2):161-166. DOI: 10.1016/j.jse.2014.05.020.
37. Guery J., Favard L., Sirveaux F., Oudet D., Mole D., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(8):1742-1747.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Докولين Сергей Юрьевич — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Варфоломеев Александр Павлович — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Кузьмина Владислава Игоревна — канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Артюх Василий Алексеевич — канд. мед. наук, заведующий 4-м отделением, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Марченко Илья Владимирович — аспирант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sergey Yu. Dokolin — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexander P. Varfolomeev — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Vladislava I. Kuz'mina — Cand. Sci. (Med.), assistant researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Vasilii A. Artyukh — Cand. Sci. (Med.), head of Department N 4, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Il'ya V. Marchenko — PhD student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation