

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto659791>

EDN: THADCG



# Реабилитация при артропластике плечевого сустава

И.А. Чугреев<sup>1</sup>, И.Н. Марычев<sup>1</sup>, М.Б. Цыкунов<sup>1, 2</sup>, Я.Г. Гудушаури<sup>1</sup><sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава является эффективным методом хирургического лечения тяжёлых дегенеративных и посттравматических патологий плечевого сустава. Однако, несмотря на доказанную клиническую эффективность, остаётся открытым вопрос о выборе оптимального объёма медицинской реабилитации, способного максимизировать функциональные результаты и качество жизни пациентов.

**Цель.** Оценить эффективность специализированной программы медицинской реабилитации после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава, основанной на применении современных методик, включая изокинетическую динамометрию, и тренировок с биологической обратной связью.

**Материалы и методы.** Проведено когортное сравнительное исследование, включавшее 33 пациента с диагнозом «омартроз», перенёвших реверсивное эндопротезирование плечевого сустава. Пациенты были разделены на две группы: основная группа ( $n=17$ ) проходила структурированную программу медицинской реабилитации по разработанной методике, а контрольная ( $n=16$ ) характеризовалась отсутствием организованной реабилитации. Первичной конечной точкой исследования являлось восстановление функциональных показателей плечевого сустава, включая амплитуду движений, силу мышц, координационные способности и субъективные показатели качества жизни. Методы оценки включали гониометрию, изокинетическую динамометрию, анализ способности выполнять сложнокоординированные движения, шарового сектора движений верхней конечности и анкетирование (DASH, PSS, SF-36).

**Результаты.** Пациенты, прошедшие курс медицинской реабилитации, продемонстрировали статистически значимо лучшие функциональные показатели по сравнению с контрольной группой. Амплитуда отведения составила  $150^\circ$  [ $150^\circ-160^\circ$ ] в основной группе против  $107,5^\circ$  [ $93,75^\circ-140^\circ$ ] в контрольной ( $p < 0,001$ ). Амплитуда сгибания составила  $160^\circ$  [ $150^\circ-165^\circ$ ] в основной группе против  $120^\circ$  [ $107,5^\circ-133,8^\circ$ ] в контрольной ( $p < 0,001$ ). Амплитуда наружной ротации также была выше в основной группе ( $45^\circ$  [ $40^\circ-55^\circ$ ] против  $25^\circ$  [ $20^\circ-36,3^\circ$ ] в контрольной ( $p < 0,001$ ). Сила отведения в основной группе достигала 23,6 Нм [ $19,3-32,4$ ], тогда как в контрольной — 16,7 Нм [ $9,93-20,6$ ] ( $p=0,005$ ). Шаровой сектор движений в основной группе составил  $230\,778\text{ см}^3$  [ $207\,921-268\,565$ ], что превышало показатели контрольной группы —  $126\,952\text{ см}^3$  [ $107\,894,25-151\,971,3$ ],  $p=0,001$ . Анализ корреляционных связей показал, что объём движений в плечевом суставе имел сильную положительную корреляцию с координационными показателями ( $r=0,78$ ,  $p < 0,001$ ) и силой мышц ( $r=0,71$ ,  $p < 0,001$ ). Кроме того, высокие показатели субъективной удовлетворённости пациентов (опросник SF-36) были ассоциированы с улучшением силы мышц и амплитуды наружной ротации ( $r=0,63$ ,  $p=0,002$ ).

**Заключение.** Применение комплексной персонализированной программы реабилитации после артропластики плечевого сустава способствует значительному улучшению его функциональных показателей. Оптимизация программ медицинской реабилитации позволит повысить качество медицинской помощи и улучшить долгосрочные клинические исходы у пациентов после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

**Ключевые слова:** реверсивное эндопротезирование плечевого сустава; медицинская реабилитация; биологическая обратная связь; изокинетическая динамометрия; амплитуда движений; сила мышц; координация движений.

## Как цитировать:

Чугреев И.А., Марычев И.Н., Цыкунов М.Б., Гудушаури Я.Г. Реабилитация при артропластике плечевого сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 2. С. 385–395. DOI: 10.17816/vto659791 EDN: THADCG

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto659791>

EDN: THADCG

# Rehabilitation After Shoulder Arthroplasty

Ivan A. Chugreev<sup>1</sup>, Ivan N. Marychev<sup>1</sup>, Mikhail B. Tsykunov<sup>1, 2</sup>, Yago G. Gudushauri<sup>1</sup><sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Reverse shoulder arthroplasty is an effective surgical treatment for severe degenerative and post-traumatic conditions of the shoulder joint. However, despite its proven clinical efficacy, the optimal scope of medical rehabilitation required to maximize functional outcomes and quality of life remains unclear.

**AIM:** This study aimed to assess the efficacy of a specialized medical rehabilitation program after reverse shoulder arthroplasty based on modern techniques, including isokinetic dynamometry and biofeedback training.

**METHODS:** A comparative cohort study was conducted in 33 patients with omarthrosis who underwent reverse shoulder arthroplasty. The patients were divided into two groups. The treatment group ( $n = 17$ ) underwent a structured rehabilitation program developed by the authors, whereas the control group ( $n = 16$ ) did not receive organized rehabilitation. The primary endpoint was recovery of shoulder joint function, including range of motion, muscle strength, coordination, and patient-reported quality of life. Assessment methods included goniometry, isokinetic dynamometry, evaluation of complex coordinated movement abilities, volumetric analysis of upper limb motion using a spherical motion sector, and patient questionnaires (DASH, PSS, SF-36).

**RESULTS:** Patients who underwent the medical rehabilitation program had significantly better functional outcomes than the control group. Abduction range was  $150^\circ$  [ $150^\circ$ – $160^\circ$ ] in the treatment group vs.  $107.5^\circ$  [ $93.75^\circ$ – $140^\circ$ ] in the control group ( $p < 0.001$ ). Flexion range was  $160^\circ$  [ $150^\circ$ – $165^\circ$ ] in the treatment group vs.  $120^\circ$  [ $107.5^\circ$ – $133.8^\circ$ ] in the control group ( $p < 0.001$ ). External rotation range was also greater in the treatment group:  $45^\circ$  [ $40^\circ$ – $55^\circ$ ] vs.  $25^\circ$  [ $20^\circ$ – $36.3^\circ$ ],  $p < 0.001$ . Abduction strength reached  $23.6$  Nm [ $19.3$ – $32.4$ ] in the treatment group vs.  $16.7$  Nm [ $9.93$ – $20.6$ ] in the control group ( $p = 0.005$ ). The spherical motion sector volume in the treatment group was  $230,778$  cm<sup>3</sup> [ $207,921$ – $268,565$ ], exceeding that of the control group:  $126,952$  cm<sup>3</sup> [ $107,894.25$ – $151,971.3$ ],  $p = 0.001$ . Correlation analysis revealed a strong positive relationship between shoulder joint range of motion and coordination parameters ( $r = 0.78$ ,  $p < 0.001$ ), as well as muscle strength ( $r = 0.71$ ,  $p < 0.001$ ). Moreover, higher patient-reported satisfaction scores (SF-36) were associated with increased muscle strength and greater external rotation range ( $r = 0.63$ ,  $p = 0.002$ ).

**CONCLUSION:** Implementing a comprehensive, personalized rehabilitation program after shoulder arthroplasty significantly improves functional outcomes. Optimized medical rehabilitation programs will improve the quality of medical care and long-term clinical outcomes in patients following reverse shoulder arthroplasty.

**Keywords:** reverse shoulder arthroplasty; medical rehabilitation; biofeedback; isokinetic dynamometry; range of motion; muscle strength; motor coordination.

## To cite this article:

Chugreev IA, Marychev IN, Tsykunov MB, Gudushauri YG. Rehabilitation After Shoulder Arthroplasty. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(2):385–395. DOI: [10.17816/vto659791](https://doi.org/10.17816/vto659791) EDN: THADCG

Received: 24.02.2025

Accepted: 10.03.2025

Published online: 11.06.2025

## ОБОСНОВАНИЕ

Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава является эффективным методом хирургического лечения при тяжёлых дегенеративных заболеваниях плечевого сустава, таких как артроз и последствия сложных переломов, особенно у пациентов пожилого возраста [1]. Данный метод изначально был разработан для лечения дефект-артропатии вращательной манжеты, однако в настоящее время показания к его применению расширены и включают массивные разрывы вращательной манжеты, неудачные хирургические вмешательства, ревизионные эндопротезирования, переломы проксимального отдела плечевой кости и опухоли [2–4].

Данный хирургический метод лечения плечевого сустава демонстрирует значительное улучшение функции и снижение болевого синдрома, особенно при первичных операциях, по сравнению с ревизионными вмешательствами [5]. Однако операция приводит к серьёзным изменениям биомеханики плечевого сустава, включая медиализацию центра ротации, перераспределение нагрузки с вращательной манжеты на дельтовидную мышцу и изменение паттернов движения [6–8]. Эти факторы усложняют процесс восстановления и требуют разработки адаптированных реабилитационных программ. В то же время возможны послеоперационные осложнения, такие как вывихи, переломы и инфекции, особенно в случаях ревизионного эндопротезирования [9]. По мере расширения показаний к реверсивной артропластике проведение долгосрочных исследований становится всё более важным для оптимизации стратегии ведения пациентов [10].

Реабилитация играет ключевую роль в восстановлении двигательной функции и качества жизни пациентов после артропластики. Недавние исследования показывают, что ранняя активная мобилизация может быть более эффективной по сравнению с отсроченной, улучшая сгибание руки уже через три месяца после операции [11]. Некоторые протоколы допускают немедленную мобилизацию плеча без использования иммобилизации, что демонстрирует безопасность и эффективность данного подхода [12, 13]. Однако реабилитационные подходы значительно варьируют среди медицинских учреждений, и отсутствует единый стандарт ведения пациентов [14].

В настоящее время в России значительное число пациентов, перенёвших реверсивное эндопротезирование плечевого сустава, сталкиваются с ограниченным доступом к квалифицированной реабилитационной помощи. Данный факт обусловлен рядом факторов, среди которых можно выделить социально-экономические барьеры, территориальную удалённость специализированных реабилитационных центров, недостаточную осведомлённость пациентов и медицинских работников о специфике восстановления после данной операции, а также дефицит специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками. В результате этого пациенты нередко

вынуждены ограничиваться самостоятельными занятиями без профессионального сопровождения, что может снижать эффективность восстановления и увеличивать риск развития осложнений.

Отсутствие унифицированного реабилитационного подхода также способствует вариативности проводимых мероприятий, что затрудняет объективную оценку их эффективности и приводит к разным клиническим исходам. В связи с этим разработка единой стандартизированной программы реабилитации, адаптированной под особенности реверсивного эндопротезирования плечевого сустава, приобретает особую актуальность. Формирование научно обоснованной системы восстановительных мероприятий и их апробация с последующей оценкой эффективности позволит повысить качество медицинской помощи данной категории пациентов, снизить риск функциональных ограничений и улучшить качество их жизни.

В целом реабилитация после эндопротезирования плечевого сустава включает три этапа: заживление тканей и восстановление трофики, восстановление подвижности и укрепление мышечного аппарата [15]. В исследовании, проведённом М.С. Howard и соавт., было показано, что ранняя активизация пациентов после артропластики плечевого сустава способствует более быстрому восстановлению функции, улучшению диапазона движений и снижению риска послеоперационных осложнений без увеличения вероятности нестабильности или повреждения протеза [16]. Несмотря на доказательства безопасности возвращения к физической активности у пожилых пациентов, у молодых и высокофункциональных пациентов необходима особая осторожность при планировании реабилитационных мероприятий [17].

Несмотря на большое количество исследований, посвящённых ранней и поздней реабилитации, оценка эффективности программ в резидуальном периоде (6 месяцев и более после операции) встречается редко [18]. Пациенты, проходящие самостоятельную реабилитацию, часто недооценивают необходимость регулярных тренировок, что приводит к стойким функциональным ограничениям. Это подчёркивает необходимость разработки специализированных реабилитационных программ, направленных на восстановление функциональных возможностей плечевого сустава в долгосрочной перспективе.

Оптимальные протоколы реабилитации после артропластики плечевого сустава остаются предметом научных дискуссий, что подтверждает важность дальнейших исследований, направленных на разработку и оценку эффективности специализированных программ восстановления [19]. В связи с этим актуальность настоящего исследования заключается в разработке и анализе эффективности комплексной реабилитационной программы, ориентированной на пациентов в позднем послеоперационном периоде, с целью максимального восстановления двигательной функции верхней конечности и улучшения качества жизни.

**Цель исследования** — оценка эффективности разработанной реабилитационной программы после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при омартрозе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Выполнено экспериментальное проспективное выборочное одноцентровое контролируемое открытое исследование по оценке эффективности и безопасности программы реабилитации пациентов.

### Условия проведения

Клиническое исследование проводилось на базе отделения медицинской реабилитации Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России. Все участники исследования были госпитализированы в рамках второго этапа медицинской реабилитации после артропластики плечевого сустава и проходили лечение в условиях круглосуточного стационара. Программа реабилитации реализовывалась в соответствии с индивидуальным планом, утверждённым МДРК, и включала ежедневные занятия лечебной гимнастикой и процедуры физиотерапии. Продолжительность пребывания пациентов в стационаре составляла в среднем 14 дней.

### Продолжительность исследования

Исследование проводилось с июня 2024 по декабрь 2024 года. Каждый пациент находился под наблюдением в течение года после артропластики плечевого сустава.

### Критерии соответствия

*Критериями включения* в исследование являлись возраст от 40 до 80 лет вне зависимости от пола, реверсивное эндопротезирование плечевого сустава по поводу дегенеративно-дистрофических заболеваний плечевого сустава (не позднее 24 часов с момента хирургического вмешательства), добровольное подписание формы информированного согласия на участие в исследовании.

*Критериями исключения* — отказ больного от продолжения участия в исследовании; возникновение или обострение у больного во время исследования соматических заболеваний, препятствующих продолжению исследования или приводящих к нарушению графика процедур; несоблюдение пациентом протокола исследования; наличие нежелательных явлений в ходе исследования (значительное усиление болевого синдрома в области прооперированного плечевого сустава (более чем на 4 балла по визуальной аналоговой шкале боли ВАШ), значительное снижение объёма движений в прооперированном плечевом суставе (более чем на 50%

от исходного), асептическая нестабильность компонентов эндопротеза, разрыв манжеты ротаторов, перипротезный перелом диафиза плечевой кости, признаки повреждения лучевого, подмышечного нервов (для основной и контрольной групп).

### Описание медицинского вмешательства

Реабилитация после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава представляет собой многоэтапный процесс, направленный на восстановление функции сустава, предотвращение осложнений и улучшение качества жизни пациента. Данный протокол включает три основных периода: ранний (0–6 нед.), поздний (6–12 нед.) и резидуальный (от 12 нед.), каждый из которых имеет определённые цели, средства лечебной физкультуры (ЛФК) и критерии эффективности.

В раннем периоде (0–6 нед.) основными целями являются защита послеоперационной области, предотвращение осложнений, минимизация болевого синдрома, профилактика гипотрофии и гипокинезии за счёт поддержания подвижности в дистальных отделах конечности. В этот период применяются методы иммобилизации плеча с использованием ортеза (отводящей шины с отведением до 60°), пассивные упражнения для плечевого сустава с помощью СРМ-терапии или инструктора ЛФК (сгибание до 120°, отведение до 90°, наружная ротация в плоскости лопатки до 30°). Критериями эффективности данной фазы являются отсутствие осложнений и признаков нестабильности сустава, уровень боли  $\leq 4/10$  по ВАШ и увеличение объёма пассивных движений.

В позднем периоде (6–12 нед.) основное внимание уделяется постепенному увеличению амплитуды движений, началу активно-облегчённых и активных движений, а также активации дельтовидной и окололопаточной мускулатуры. В ходе реабилитации постепенно отменяется использование ортеза, вводятся активно-облегчённые упражнения (сгибание, отведение и наружная ротация), а также изометрические упражнения для дельтовидной мышцы. Эффективность данного этапа оценивается по следующим критериям: увеличение активных и пассивных движений без выраженной боли и уровень боли  $\leq 4/10$  по ВАШ.

Резидуальный период (от 12 нед.) ориентирован на восстановление полной амплитуды движений в плечевом суставе, восстановление силы и выносливости к статическим и динамическим нагрузкам, увеличение функциональной нагрузки на сустав и возвращение пациента к повседневной активности. В этот период используются упражнения на увеличение силы мышц (упражнения с сопротивлением), активные упражнения в функциональных положениях. В дальнейшем в реабилитационную программу включаются упражнения с утяжелением (отягощения, тренажёры), динамические упражнения для развития силы и выносливости, а также улучшения способности выполнять сложнокоординированные движения верхней конечностью. Оценка эффективности данного этапа проводится

на основании достижения полной амплитуды движений без боли, симметричного функционирования лопаточно-плечевого комплекса, выполнения функциональных тестов без выраженного дискомфорта, восстановления силы мышц сустава  $\geq 80\%$  от здоровой конечности, способности пациента выполнять бытовые и профессиональные нагрузки без боли.

### Методы регистрации исходов

Методы диагностики пациентов включали клиническое обследование, инструментальные методы оценки функционального состояния плечевого сустава, в том числе изокинетическую динамометрию, анализ координационных способностей с использованием биологической обратной связи (БОС) и анкетные методы субъективной оценки функциональных ограничений и качества жизни.

Измерение амплитуды движений в плечевом суставе осуществлялось с помощью гониометрии в стандартных плоскостях: отведение, сгибание, наружная и внутренняя ротация. Оценка мышечной силы выполнялась с использованием изокинетической динамометрии на аппарате Primus RS (BTE, США), включавшей измерение следующих параметров: отведение и приведение плеча, а также общая работа в тестах на отведение и приведение. Пациентам также проводилось измерение силы мышц, осуществляющих наружную ротацию, в изометрическом режиме из нулевого положения при отведении плечевого сустава на  $90^\circ$ . Измерение мышечной выносливости к статической нагрузке производилось с помощью безмаркерной системы видеонализа HABILECT (Россия) в статическом тесте удержания груза 4 кг в положении отведения на  $90^\circ$  и нулевой ротации плечевого сустава и сгибания локтевого сустава на  $90^\circ$  в течение 90 секунд.

Оценка шарового сектора движений и координационных способностей верхней конечности проводилась с использованием аппаратного комплекса с БОС Armeo Spring (Носота, Швейцария). Анализировались шаровой сектор движений (параметр «громкость») и балльная оценка выполнения координационного задания («рисование по контуру», сложность средняя, в течение 5 минут).

Анкетные методы включали шкалы DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire), PSS (Penn Shoulder Score) и SF-36 (Short Form-36 Health Survey). Шкала DASH использовалась для оценки функциональных ограничений верхней конечности, шкала PSS — для анализа болевого синдрома и функционального статуса плечевого сустава, а SF-36 — для оценки физического и психологического компонентов качества жизни.

### Этическая экспертиза

Все участники исследования дали письменное информированное согласие на участие в исследовании после получения полной информации о протоколе исследования. Исследование одобрено этическим комитетом

Ассоциации травматологов-ортопедов России (протокол № 2/23 от 28.12.2023 г.).

### Статистический анализ

Для анализа данных применялись методы описательной статистики, включающие расчёт медианы и межквартильного размаха — Me [Q1–Q3]. Для сравнения показателей между группами использовался непараметрический критерий Манна–Уитни, так как графический анализ и тест Шапиро–Уилка показали отсутствие нормального распределения данных ( $p < 0,05$ ). Оценка взаимосвязи между функциональными параметрами проводилась с использованием корреляционного анализа Спирмена ( $r$ ). Оценка производилась посредством ПО Jamovi 0.1.3.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

В исследовании принимали участие 33 пациента в возрасте от 40 до 83 лет, перенёвшие артропластику плечевого сустава по поводу омартроза (рис. 1), в сроки  $48,03 \pm 1,29$  недели от операции. Все пациенты были разделены на две группы: основную, включавшую 17 человек (11 женщин и 6 мужчин), прошедших разработанный курс медицинской реабилитации, и контрольную, в которую вошли 16 человек (11 женщин и 5 мужчин), не проходивших специализированную реабилитацию или занимавшихся восстановлением плечевого сустава самостоятельно. Средний возраст пациентов не различался между группами ( $61,6 \pm 11,1$  года в группе реабилитации и  $61,8 \pm 8,64$  года в группе без реабилитации).

### Основные результаты исследования

При сравнении амплитуды движений были выявлены статистически значимые различия по большинству показателей. Отведение плеча в основной группе составило  $150^\circ$  [ $150^\circ$ – $160^\circ$ ], тогда как в контрольной группе данный

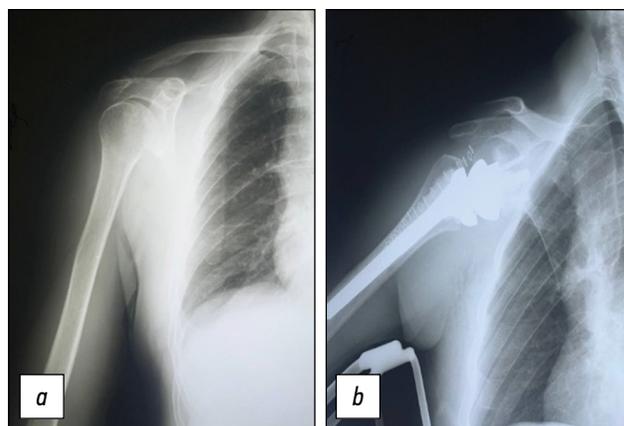


Рис. 1. Рентгенография плечевого сустава. *a* — омартроз, *b* — реверсивный эндопротез.

Fig. 1. Radiograph of the shoulder joint: *a*, omarthrosis; *b*, reverse shoulder prosthesis.

показатель был значительно ниже и составил  $107,5^{\circ}$  [ $93,75^{\circ}-140^{\circ}$ ] ( $p < 0,001$ ) (рис. 2). Сгибание плеча также оказалось значимо лучше в группе с реабилитацией ( $160^{\circ}$  [ $150^{\circ}-165^{\circ}$ ] против  $120^{\circ}$  [ $107,5^{\circ}-133,8^{\circ}$ ];  $p < 0,001$ ) (рис. 3). Существенные различия выявлены и по показателю наружной ротации: в основной группе её величина составила  $45^{\circ}$  [ $40^{\circ}-55^{\circ}$ ], тогда как в группе без реабилитации —  $25^{\circ}$  [ $20^{\circ}-36,3^{\circ}$ ] ( $p < 0,001$ ) (рис. 4). Внутренняя ротация не показала статистически значимых различий между группами ( $p=0,294$ ).

Результаты оценки мышечной силы также демонстрируют значительные различия между группами. Сила отведения составила  $23,6$  Нм [ $19,3-32,4$ ] в основной группе и  $16,7$  Нм [ $9,93-20,6$ ] в контрольной ( $p=0,005$ ) (рис. 5). Приведение в основной группе достигло  $40,1$  Нм [ $34,8-55,1$ ], тогда как в контрольной —  $30,95$  Нм [ $26,63-35,8$ ] ( $p=0,012$ ) (рис. 6). Общая работа (отведение / приведение) составила  $198,7$  Дж [ $172-291$ ] в основной группе против  $123,4$  Дж [ $93,1-153,8$ ] в контрольной группе ( $p=0,004$ ). Наружная ротация в основной группе оказалась выше ( $13,7$  Нм [ $10,6-16,7$ ]) по сравнению с контрольной группой ( $6,35$  Нм [ $5,6-12,6$ ]) ( $p=0,002$ ) (рис. 7).

Исходя из полученных данных инструментальной оценки шарового сектора движений и координации плечевого сустава с применением биологической обратной

связи, можно сделать вывод о значительных различиях между группами. Шаровой сектор движений (громкость) в основной группе составил  $230\,778$  см<sup>3</sup> [ $207\,921-268\,565$ ], тогда как в группе без реабилитации —  $126\,952$  см<sup>3</sup> [ $107\,894,25-151\,971,3$ ] ( $p=0,001$ ) (рис. 8). Показатель «балл в игре», отражающий способность выполнять сложно-ординированные действия рукой, был выше в основной группе ( $49$  [ $45-65$ ]) по сравнению с контрольной группой ( $35$  [ $30,75-49,3$ ]), различия также достигали уровня статистической значимости ( $p=0,011$ ) (рис. 9).

Результаты анкетирования пациентов с использованием шкал DASH и PSS подтвердили существенное влияние полноценной медицинской реабилитации на субъективные ощущения функционального состояния. Средний балл по опроснику DASH в группе с реабилитацией составил  $10$  [ $5,83-19$ ], тогда как в группе без реабилитации он был значительно выше —  $35$  [ $31,46-44,6$ ] ( $p < 0,001$ ) (рис. 10). Результаты оценки функционального статуса и боли в плече по шкале PSS также свидетельствуют о значимых различиях: в основной группе пациенты демонстрировали лучшую функцию плечевого сустава по сравнению с контрольной группой ( $54$  [ $49-56$ ] против  $30,27$  [ $22,63-39,3$ ];  $p < 0,001$ ); также после курса реабилитации пациенты отмечали меньшую выраженность болевого синдрома ( $30$  [ $27-30$ ]) по сравнению с пациентами без реабилитации

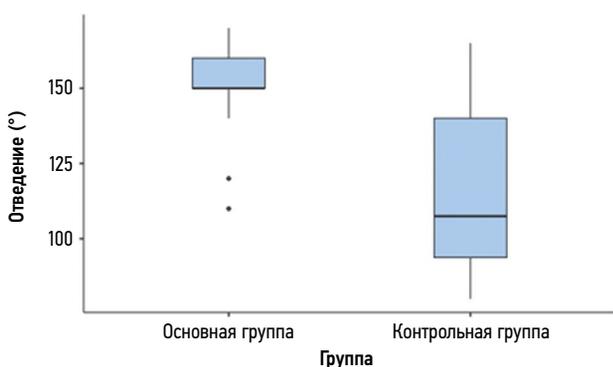


Рис. 2. Амплитуда отведения в плечевом суставе.

Fig. 2. Shoulder abduction range of motion.

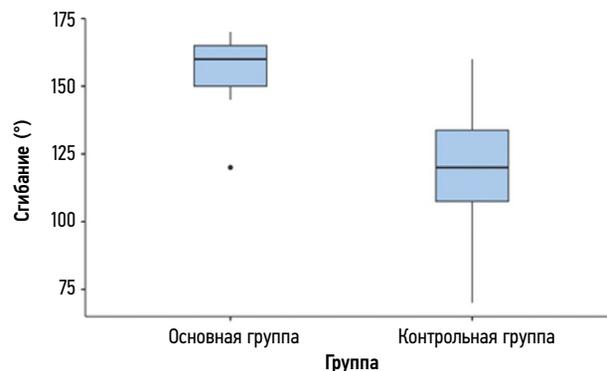


Рис. 3. Амплитуда сгибания в плечевом суставе.

Fig. 3. Shoulder flexion range of motion.

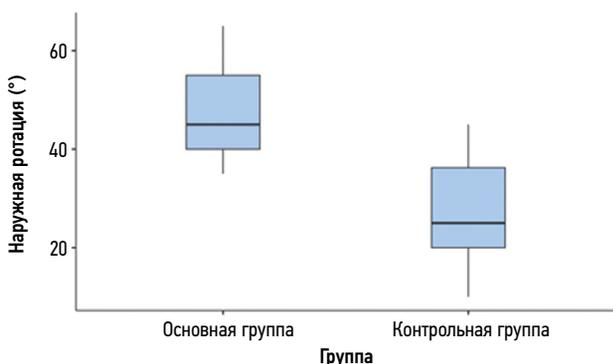


Рис. 4. Амплитуда наружной ротации в плечевом суставе.

Fig. 4. Shoulder external rotation range of motion.

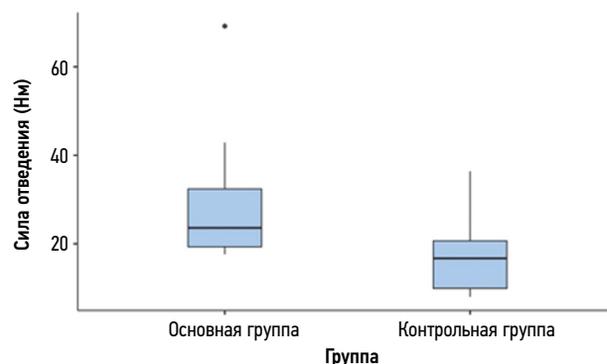


Рис. 5. Сила мышц в изокINETическом тесте отведения плечевого сустава.

Fig. 5. Muscle strength in the isokinetic shoulder abduction test.

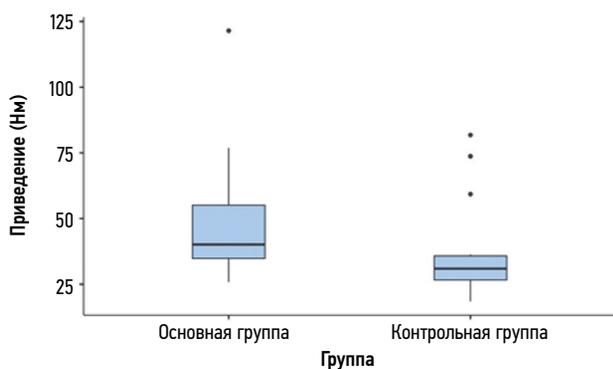


Рис. 6. Сила мышц в изокинетическом тесте приведения плечевого сустава.

Fig. 6. Muscle strength in the isokinetic shoulder adduction test.

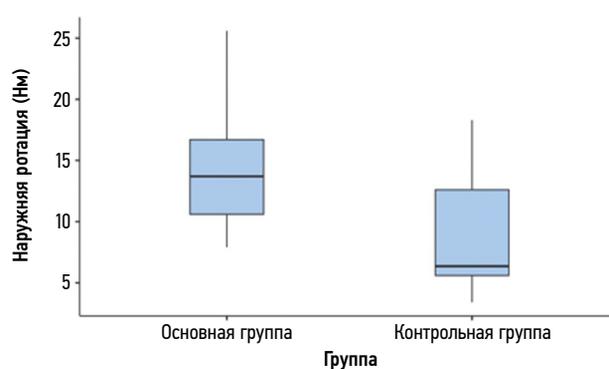


Рис. 7. Сила мышц в изометрическом тесте наружной ротации плечевого сустава.

Fig. 7. Muscle strength in the isometric shoulder external rotation test.

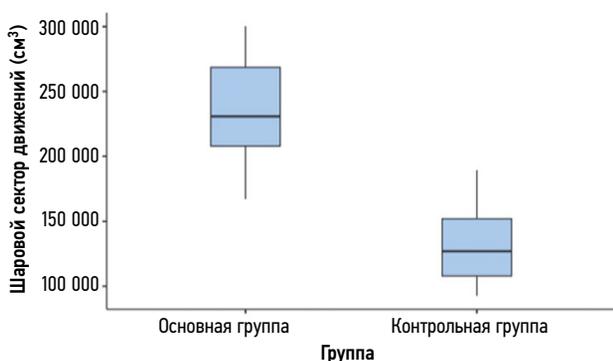


Рис. 8. Показатель шарового сектора движений плечевого сустава в тесте с биологической обратной связью.

Fig. 8. Volume of shoulder joint motion in the spherical sector test using biofeedback.

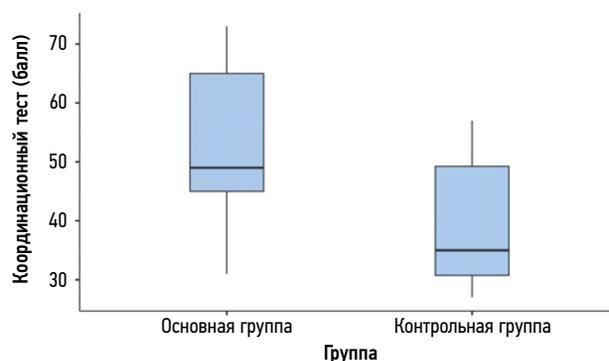


Рис. 9. Показатель способности выполнять сложнокоординированные движения рукой в стандартном двигательном тесте с биологической обратной связью.

Fig. 9. Indicator of the ability to perform complex coordinated arm movements in a standard motor test with biofeedback.

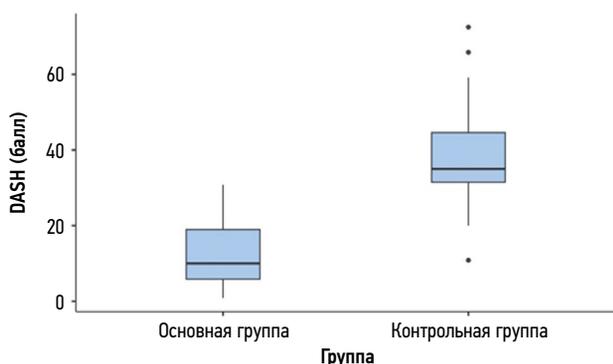


Рис. 10. Субъективный балл оценки функции плечевого сустава DASH.

Fig. 10. Subjective functional assessment score (DASH).

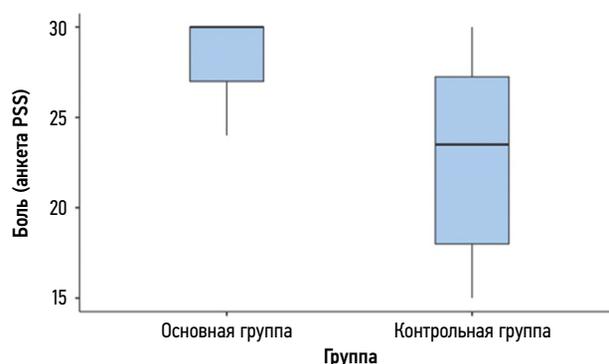


Рис. 11. Субъективная оценка боли PSS.

Fig. 11. Subjective pain score (PSS).

(23,5 [18–27,3]) ( $p=0,001$ ) (рис. 11). Физический компонент качества жизни по шкале SF-36 (PCS) был значимо выше в основной группе (50,1 [41,13–54,9]) по сравнению с контрольной группой (37,74 [34,12–44]) ( $p=0,003$ ) (рис. 12). При этом различия по психологическому компоненту SF-36 (MCS) между группами не достигли статистической значимости ( $p > 0,05$ ).

На рис. 13 и 14 показано инструментальное графическое подтверждение разницы в выносливости мышц плечевого пояса у пациентов, проходивших персонализированный курс медицинской реабилитации, и без восстановительного лечения. Исследование проводилось с помощью безмаркерного видеонализа с контролем ключевых точек во фронтальной плоскости: кисть,

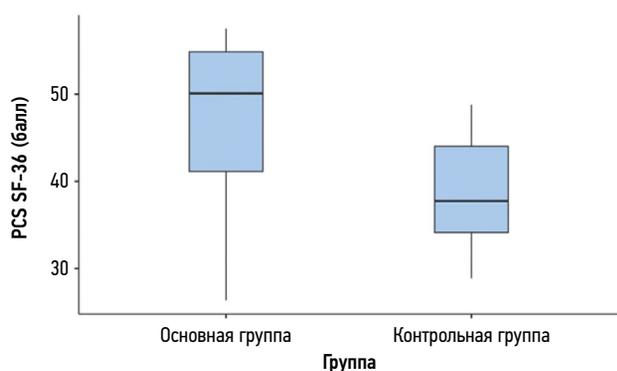


Рис. 12. Физический компонент здоровья SF-36.

Fig. 12. Physical health (SF-36).

локтевой сустав, плечевой сустав. Графики демонстрируют изменение контрольных точек (суставов) в пространстве во время нагрузочной пробы: у пациента, не проходившего организованную реабилитацию, уровень локтевого сустава опустился на 15 см (у пациента после курса реабилитации — на 7 см), кисть сместилась к центру на 20 см (у пациента после курса реабилитации — на 10 см). Данные свидетельствуют об относительно низких показателях выносливости мышц плечевого сустава к статическим нагрузкам у пациентов, которые не проходили курс медицинской реабилитации.

Корреляционный анализ взаимосвязей показал, что амплитуда движений и сила мышц плечевого сустава тесно связаны между собой. Так, отведение

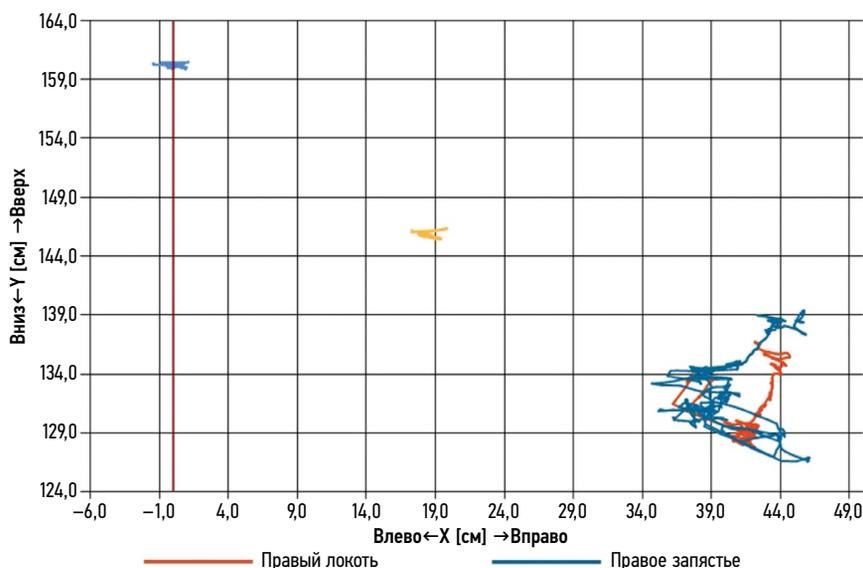


Рис. 13. Результат теста на выносливость к статической нагрузке: пациент К., 57 лет, из основной группы.

Fig. 13. Static load endurance test result: Patient K., 57 years old, treatment group.

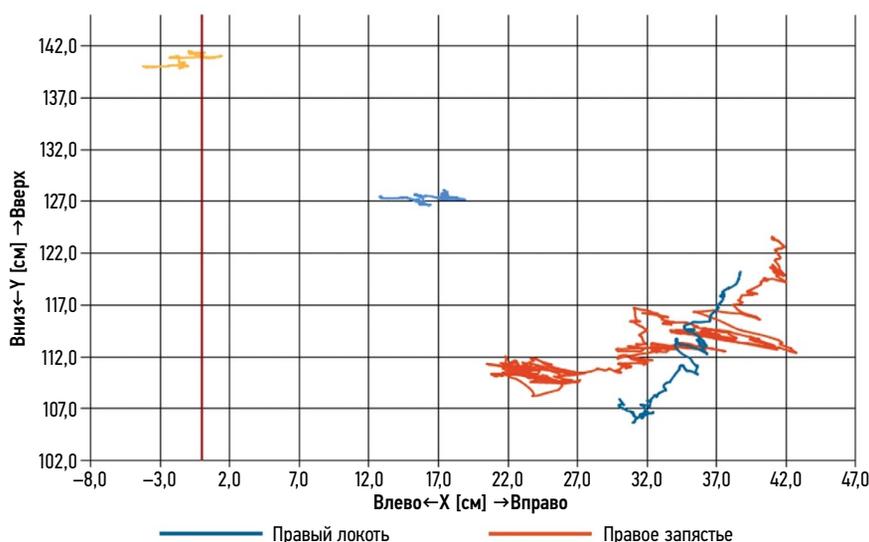


Рис. 14. Результат теста на выносливость к статической нагрузке: пациент Н., 65 лет, из контрольной группы.

Fig. 14. Static load endurance test result: Patient N., 65 years old, control group.

продemonстрировало высокую положительную корреляцию с силой отведения ( $r=0,804$ ,  $p < 0,001$ ) и сгибанием ( $r=0,941$ ,  $p < 0,001$ ), а наружная ротация показала значимую связь с силой мышц, отвечающих за соответствующее движение ( $r=0,813$ ,  $p < 0,001$ ). Исследование координационных показателей выявило, что шаровой сектор движений (громкость) положительно коррелировал с отведением ( $r=0,725$ ,  $p < 0,001$ ) и сгибанием ( $r=0,768$ ,  $p < 0,001$ ).

Анализ взаимосвязи болевого синдрома и качества жизни показал, что уровень боли (PSS) отрицательно коррелировал с показателями амплитуды движений (отведение:  $r=-0,368$ ,  $p=0,035$ ; сгибание:  $r=-0,446$ ,  $p=0,009$ ), таким образом, чем ниже субъективный уровень боли пациента, тем больше амплитуда движений в суставе. Показатель DASH имел значительную отрицательную связь с функциональными параметрами, в частности с амплитудой отведения ( $r=-0,824$ ,  $p < 0,001$ ) и координационными возможностями ( $r=-0,708$ ,  $p < 0,001$ ), что с учётом специфики оценки по данной шкале (меньше — лучше) говорит о тесной взаимосвязи данных параметров. Кроме того, выявлена положительная корреляция физического компонента SF-36 с силой мышц ( $r=0,558$ ,  $p=0,001$ ), что свидетельствует о влиянии мышечной активности на общее физическое самочувствие пациентов, воздействуя на улучшение субъективного качества жизни.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования подтвердили, что ранняя активизация пациентов после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава в сочетании с контролируемым увеличением нагрузки и включением координационных тренировок приводит к значительному улучшению амплитуды движений, силы мышц и качества жизни. Включение в программу реабилитации биологической обратной связи позволило объективно оценивать шаровой сектор движений, что ранее не учитывалось в большинстве исследований.

Полученные данные согласуются с результатами М.С. Howard и соавт., которые продемонстрировали преимущества ранней активизации для увеличения подвижности и снижения послеоперационного болевого синдрома [16]. Однако их исследование не учитывало влияние координационных способностей на функциональное восстановление. В отличие от него в нашей работе было показано, что пациенты, проходившие реабилитацию с БОС, имели значимо лучший контроль движений, что подтверждается более высоким шаровым сектором движений ( $234348,24 \pm 43536,8$  см<sup>3</sup> против  $133506,56 \pm 30866,74$  см<sup>3</sup> в контрольной группе,  $p=0,001$ ).

Анализ динамики восстановления амплитуды движений показал, что пациенты, прошедшие разработанный курс реабилитации, имели значительное преимущество по сравнению с группой без организованной реабилитации: отведение плеча достигало  $151,18 \pm 16,16^\circ$ , тогда как

в контрольной группе данный показатель составлял  $114,69 \pm 27,54^\circ$  ( $p < 0,001$ ). Эти результаты перекликаются с работами Salamh & Speer, которые подтвердили, что ранняя мобилизация не увеличивает риск нестабильности протеза. Однако их исследование, в отличие от нашей работы, не предусматривало строгого контроля нагрузки и координационных тренировок, что могло повлиять на долгосрочные функциональные исходы [20].

Наши данные также демонстрируют, что активное включение упражнений на силу и координацию привело к более выраженному улучшению мышечной функции. Так, сила отведения в основной группе составила  $28,13 \pm 13,14$  Нм, что значимо выше, чем у пациентов без реабилитации ( $17,99 \pm 8,88$  Нм,  $p=0,005$ ). В традиционном подходе, описанном J.M. Kirsch и соавт., подчёркивается необходимость длительной иммобилизации (до 6 недель), что защищает эндопротез, но может приводить к гипотрофии и контрактурам [21]. В нашем исследовании, напротив, раннее вовлечение пациента в активные упражнения способствовало сохранению силы мышц и улучшению функциональных показателей без увеличения болевого синдрома.

Использование персонализированного подхода в нашей программе реабилитации соответствует принципам, описанным А.М. Romano и соавт., где пациентам с разным риском осложнений предлагались адаптированные программы восстановления [22]. Однако наше исследование отличается тем, что индивидуализация нагрузок базировалась на объективных данных инструментальной диагностики (изокинетическая динамометрия, БОС), что позволило гибко адаптировать реабилитационный процесс и добиваться лучших функциональных результатов.

Таким образом, разработанная программа реабилитации сочетает ключевые преимущества существующих подходов: раннюю мобилизацию, персонализированное распределение нагрузок и объективную оценку восстановления. Включение контроля координации и шарового сектора движений делает эту программу более точной и эффективной в сравнении с традиционными методиками. Данные результаты подчёркивают необходимость комплексного подхода к восстановлению после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава и могут служить основой для дальнейшей оптимизации реабилитационных протоколов.

## Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации его результатов. Относительно небольшой размер выборки может снижать возможность обобщения полученных данных, что подчёркивает необходимость дальнейших исследований с более широкой репрезентативностью. Дополнительно следует учитывать гетерогенность контрольной группы, так как пациенты, выполнявшие самостоятельную

реабилитацию, могли существенно различаться по уровню активности и приверженности восстановительным мероприятиям, что могло повлиять на значимость сравнений. Также в исследовании не проводился детальный анализ влияния индивидуальных факторов, таких как исходная физическая подготовка, мотивация и особенности нервно-мышечной адаптации, что могло оказывать значительное влияние на исходы реабилитации. В дальнейшем важно учитывать эти аспекты при разработке персонализированных восстановительных протоколов, что позволит повысить точность оценки эффективности реабилитационных мероприятий и их долгосрочных результатов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ревизионное эндопротезирование плечевого сустава является эффективным методом хирургического лечения дегенеративных и посттравматических патологий плечевого сустава, позволяя существенно улучшить его функциональные возможности и снизить болевой синдром. Включение персонализированного подхода к реабилитации необходимо для адаптации пациентов к изменённой биомеханике сустава, предотвращая возможные осложнения и ускоряя восстановление.

Оптимальный объём медицинской реабилитации играет ключевую роль в восстановлении двигательной функции, координации и силы мышц плечевого сустава. Результаты исследования подтверждают, что специализированная программа реабилитации с использованием современных методик, включая биологическую обратную связь и изокинетическую динамометрию, значительно улучшает амплитуду движений, координацию и субъективное качество жизни пациентов. Дальнейшие исследования необходимы для совершенствования протоколов реабилитации и определения оптимальных сроков и объёмов восстановительных мероприятий.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы одобрили финальную версию перед публикацией, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Источники финансирования.** Отсутствуют.

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых могут быть затронуты содержанием

статьи, а также иных отношений, деятельности и интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

**Оригинальность.** При создании настоящей работы использовался способ роботизированной механотерапии, который был запатентован авторами и был отражён в прошлом исследовании, опубликованном в журнале «Медицинский алфавит» в 2024 году: Чугреев И.А., Фесюн А.Д., Стяжкина Е.М., Рожкова Е.А. Эффективность применения координационных тренировок в программе медицинской реабилитации пациентов после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава // *Неврология и психиатрия* 2024;(2):43–46. doi: 10.33667/2078-5631-2024-2-43-46

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию их медицинских данных и фотографий (24.11.2024).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contributions:** All the authors approved the final version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

**Funding sources:** No funding.

**Disclosure of interests:** The authors have no relationships, activities, or interests (personal, professional, or financial) related to for-profit, not-for-profit, or private third parties whose interests may be affected by the content of the article, as well as no other relationships, activities, or interests in the past three years to disclose.

**Statement of originality:** This study employed a method of robotic mechanotherapy previously patented by the authors and described in an earlier publication in *Medical Alphabet* in 2024: Chugreev I.A., Fesyun A.D., Styazhkina E.M., Rozhkova E.A. Efficiency of the use of coordination training in the program of medical rehabilitation of patients after reverse shoulder endoprosthesis. *Neurology and psychiatry*. 2024;(2):43–46. doi: 10.33667/2078-5631-2024-2-43-46

**Generative AI:** No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

**Provenance and peer-review:** This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

**Consent for publication:** Written informed consent was obtained from all patients for the publication of their medical data and images (November 24, 2024).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Kesyana GA, Karapetyan GS, Shuyskiy AA, et al. Reverse shoulder arthroplasty in cases of glenoid defects using primary-revision metaglene. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(2):13–20. doi: 10.17816/vto64589 EDN: HZUFOL

2. Karapetyan GS, Shuyskiy AA. Features of reverse arthroplasty of the shoulder joint in orthopedic pathology of the glenoid (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2022;7(5–2):207–221. doi: 10.29413/ABS.2022-7.5-2.21 EDN: RLWWTC

3. Gudushauri YaG, Marychev IN, Fedotov EYu, et al. The use of augments in reverse shoulder arthroplasty: a systematic review of outcomes and complications. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(1):259–270. doi: 10.17816/vto634852 EDN: TZBBOL
4. Roche CP. Reverse Shoulder Arthroplasty Biomechanics. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022;7(1):13. doi: 10.3390/jfmk7010013
5. Wall B, Noyes M, Parsons B. Primary vs. Revision Reverse Shoulder Arthroplasty: A Comparative Study. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(8):1774–1781. doi: 10.2106/JBJS.F.00666
6. Grammont P, Baulot E. The Classic: Delta Shoulder Prosthesis for Rotator Cuff Rupture. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;469(9):2424. doi: 10.3928/0147-7447-19930101-11
7. Rugg CM, Lansdown DA. Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Biomechanics and Indications. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019;12(4):542–553. doi: 10.1007/s12178-019-09586-y
8. Chugreev IA, Fesyun AD, Rozhkova EA. Features of Biomechanics and Rehabilitation of the Shoulder Joint after Reverse Arthroplasty: a Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022;21(5):122–128. doi: 10.38025/2078-1962-2022-21-5-122-128
9. Zumstein M, Pinedo M, Old J, Boileau P. Complications in Reverse Shoulder Arthroplasty: A Systematic Review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(1):146–157. doi: 10.1016/j.jse.2010.08.001
10. Mahmood A, Ward J, Parsons B. Long-Term Survival and Functional Outcomes of Reverse Shoulder Arthroplasty. *J Orthop Trauma*. 2013;27(5):289–295. doi: 10.2174/1874325001307010366
11. Edwards PK, Ebert JR, Joss B, Ackland T. Early vs. Delayed Mobilization Following Reverse Shoulder Arthroplasty: A Randomized Trial. *Shoulder Elbow*. 2020;13(5):557–572. doi: 10.1177/1758573220937394
12. Lee J, Consigliere P, Fawzy E. Accelerated Rehabilitation Following Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021;30(9):e545–e557. doi: 10.1016/j.jse.2020.11.017
13. Sabesan V, Lima DJ, Baldwin K. Immediate vs. Delayed Shoulder Mobilization After Reverse Shoulder Arthroplasty: A Prospective Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2021;479(3):345–352. doi: 10.1053/j.sart.2021.09.010
14. Littlewood C, May S, Walters S. Variability in Rehabilitation Protocols Following Reverse Shoulder Arthroplasty: A National Survey. *Physiotherapy*. 2020;108:33–40. doi: 10.1002/msc.1468
15. Philipposian A, Bryant J, Kelley M. The Phases of Rehabilitation Following Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Consensus Statement. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2019;49(6):337–346.
16. Howard MC, Trasolini NA, Waterman BR. Optimizing Outcomes After Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Rehabilitation, Expected Outcomes, and Return to Sport. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2023;16(1):1–9. doi: 10.1007/s12178-023-09798-0
17. Howard P, McCarthy L, Wilson D. Return to Sport After Reverse Shoulder Arthroplasty: A Review of Current Evidence. *Am J Sports Med*. 2023;51(4):932–940.
18. Johnson K, Li X, Wong T. Long-term Outcomes After Reverse Shoulder Arthroplasty: A Systematic Review. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(3):230–242. doi: 10.1000/lsa67890
19. Sachinis N, Papadopoulos P, Charalambous C. The Need for Consensus on Reverse Shoulder Arthroplasty Rehabilitation Protocols. *Orthop J Sports Med*. 2022;10(5):1–9.
20. Salamh PA, Speer KP. Post-Rehabilitation Exercise Considerations Following Total Shoulder Arthroplasty. *Strength & Conditioning Journal*. 2013;35(4):1–8.
21. Kirsch JM, Namdari S. Rehabilitation After Anatomic and Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Critical Analysis Review. *JBJS Reviews*. 2020;8(2):e0129. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00129
22. Romano AM, Oliva F, D'Adamio S, Ascione F, Maffulli N. Rehabilitation after reverse shoulder arthroplasty: A systematic review. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. 2017;7(3):485–490.

## ОБ АВТОРАХ

**\* Чугреев Иван Алексеевич;**

адрес: Россия, Москва, 127299, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: 0000-0002-2752-9620;  
eLibrary SPIN: 4745-3836;  
e-mail: chugreevivan@gmail.com

**Марычев Иван Николаевич,** канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-5268-4972;  
eLibrary SPIN: 9151-7883;  
e-mail: dr.ivan.marychev@mail.ru

**Цыкунов Михаил Борисович,** д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0994-8602;  
eLibrary SPIN: 8298-8338;  
e-mail: rehcito@mail.ru

**Гудушаури Яго Гогиевич,** д-р мед. наук;

ORCID: 0009-0002-1584-1999;  
e-mail: gogich71@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\* Ivan A. Chugreev,** MD;

address: 10 Priorova st, Moscow, Russia, 127299;  
ORCID: 0000-0002-2752-9620;  
eLibrary SPIN: 4745-3836;  
e-mail: chugreevivan@gmail.com

**Ivan N. Marychev,** MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-5268-4972;  
eLibrary SPIN: 9151-7883;  
e-mail: dr.ivan.marychev@mail.ru

**Mikhail B. Tsykunov,** MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-0994-8602;  
eLibrary SPIN: 8298-8338;  
e-mail: rehcito@mail.ru

**Yago G. Gudushauri,** MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0009-0002-1584-1999;  
e-mail: gogich71@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author