

Варианты сухожильных трансферов при передневерхних разрывах вращательной манжеты плечевого сустава: обзор зарубежной литературы

А.М. Шершнев, С.Ю. Доколин, В.И. Кузьмина, М.О. Кутузов, Е.В. Ярец

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Невосстановимые передневерхние разрывы вращательной манжеты могут значительно ухудшить функцию плечевого сустава из-за нарушения нормальной биомеханики сустава в связи с утратой компрессирующего действия вращательной манжеты на головку плечевой кости. Мышечно-сухожильные трансферы являются альтернативой стандартным вариантам хирургического лечения: дебридменту поврежденных сухожилий, артроскопическому якорному шву и реверсивному эндопротезированию плечевого сустава. В зарубежной литературе описано несколько вариантов мышечно-сухожильных трансферов для лечения этой патологии и ведется активное обсуждение результатов уже предложенных техник, а также их усовершенствование, в то время как в отечественной литературе данные методики практически не освещены.


Цель обзора — на основе анализа публикаций оценить современные хирургические техники мышечно-сухожильных трансферов при лечении пациентов с передневерхними разрывами вращательной манжеты плечевого сустава.


Материал и методы. Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MEDLINE и Google Scholar с 1988 по 2022 г.

Результаты. В настоящее время наибольшее распространение получили мышечно-сухожильные трансферы грудинно-реберной порции сухожилия большой грудной мышцы и сухожилия широчайшей мышцы спины, которые являются альтернативой стандартным методам лечения с предсказуемым результатом.

Заключение. В настоящее время нет единого мнения о четких показаниях к тем или иным вариантам мышечно-сухожильных трансферов при передневерхних разрывах вращательной манжеты плечевого сустава, недостаточно данных об отдаленных результатах. Это определяет необходимость изучения отдаленных клинических результатов применения данных методов и разработки алгоритма выбора тактики хирургического лечения профильных пациентов.

Ключевые слова: разрыв вращательной манжеты, мышечно-сухожильные трансферы, артроскопия плечевого сустава.

 Шершнев А.М., Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Кутузов М.О., Ярец Е.В. Варианты сухожильных трансферов при передневерхних разрывах вращательной манжеты плечевого сустава: обзор зарубежной литературы. *Травматология и ортопедия России*. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2017>.

 Шершнев Андрей Максимович; e-mail: andreysersh@gmail.com

Рукопись получена: 28.10.2022. Рукопись одобрена: 30.11.2022. Статья опубликована онлайн: 02.02.2023.

© Шершнев А.М., Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Кутузов М.О., Ярец Е.В., 2023



Tendon Transfers Options for Anterior-Superior Rotator Cuff Tears: Review

Andrei M. Shershnev, Sergei Yu. Dokolin, Vladislava I. Kuzmina, Matvei O. Kutuzov, Elizaveta V. Yarets

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

Background. Irreparable anterior-superior rotator cuff tears can cause significant shoulder dysfunction due to the failure of normal biomechanics of the joint, because of the loss of compressive effect of the rotator cuff on the humeral head. Muscle-tendon transfers are an alternative to standard surgical treatment options: debridement of injured tendons, arthroscopic anchor suture, and reverse shoulder arthroplasty. Currently, several options of muscle-tendon transfers are described in the foreign literature, and there is an active discussion over the results of the already proposed techniques, and their improvements, while these techniques are practically not covered in the domestic literature.

The aim – to describe modern surgical technique options of the muscle-tendon transfers for the treatment of patients with anterior-superior rotator cuff tears based on a review of foreign literature sources.

Methods. The search for publications from 1997 to 2022 was carried out in the PubMed/MEDLINE and Google Scholar databases.

Results. Nowadays, the most common muscle-tendon transfers options for patients with anterior-superior rotator cuff tears are the sternocostal portion of the of pectoralis major tendon transfer and the latissimus dorsi tendon transfer. A review of foreign literature showed that muscle-tendon transfers are a well-described alternative to standard methods of treating profile patients with a predictable result.

Conclusion. Currently, there is no consensus on clear indications for certain types of muscle-tendon transfers in case of anterior-superior rotator cuff tears, there is a lack of data on long-term results. This determines the need of study of the long-term clinical results of use of these methods and develop an algorithm for choosing the tactics of surgical treatment of relevant patients.

Keywords: rotator cuff tear, muscle-tendon transfers, shoulder arthroscopy.

Cite as: Shershnev A.M., Dokolin S.Yu., Kuzmina V.I., Kutuzov M.O., Yarets E.V. [Tendon Transfers Options for Anterior-Superior Rotator Cuff Tears: Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2017>.

✉ Andrei M. Shershnev; e-mail: andreyshersh@gmail.com

Submitted: 28.10.2022. Accepted: 30.11.2022. Published Online: 02.02.2023.

© Shershnev A.M., Dokolin S.Yu., Kuzmina V.I., Kutuzov M.O., Yarets E.V., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Разрывы вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) могут иметь множество конфигураций, которые классифицируются в зависимости от размера поражения, вовлеченных сухожилий и возможности их восстановления [1, 2]. Повреждения сухожилия подлопаточной мышцы могут оставаться без клинических проявлений, провоцируя задержку лечения, что приводит к развитию ретракции и жировой дегенерации мышечного брюшка, как следствие, разрыв становится невосстановимым [1].

Повреждение сухожилия подлопаточной мышцы зачастую ассоциируется с повреждением сухожилия надостной мышцы — такие повреждения называют передневерхними. При этих повреждениях нарушается компрессирующее действие ВМПС на головку плечевой кости (ГПК), что приводит к передневерхней трансляции ГПК, вызывая боль и дисфункцию плечевого сустава [3].

Хирургическое лечение пациентов с массивными разрывами ВМПС является сложной задачей, так как высокая частота повторных разрывов, которая может варьироваться от 18 до 94%, отсутствие приживления после восстановления и возможный невосстановимый характер разрыва ведут к низким клиническим результатам хирургического лечения [4]. Методы хирургического лечения, используемые при массивных невосстановимых разрывах ВМПС, включают дебридмент поврежденных сухожилий, частичное восстановление, мышечно-сухожильные трансферы (МСТ), реконструкцию верхней капсулы плечевого сустава, установку субакромиального баллонного спейсера и реверсивное эндопротезирование плечевого сустава [2, 5]. МСТ являются альтернативой для молодых, активных пациентов с невосстановимыми разрывами ВМПС. Для передневерхних разрывов ВМПС используют трансфер сухожилия большой грудной мышцы, трансфер сухожилия малой грудной мышцы и трансфер сухожилия широчайшей мышцы спины [2, 6, 7, 8].

Цель исследования — на основании анализа зарубежной литературы оценить современные варианты мышечно-сухожильных трансферов при передневерхних разрывах вращательной манжеты плечевого сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций с 1988 по 2022 г. осуществляли в базах данных PubMed/MEDLINE и Google Scholar. Использовались ключевые слова и словосочетания: arthroscopy, rotator cuff, rotator cuff tear, anterosuperior rotator cuff tear, massive rotator cuff tear, irreparable rotator cuff tear, subscapularis tendon, transfer, tendon transfer, latissimus dorsi transfer, pectoralis major transfer, pectoralis minor

transfer. Для анализа было отобрано 48 наиболее релевантных источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты хирургического лечения передневерхних разрывов вращательной манжеты плечевого сустава

Хирургическое лечение массивных разрывов ВМПС может иметь разные цели в зависимости от потребностей пациента, поэтому существуют различные техники лечения.

Субакромиальная декомпрессия, дебридмент поврежденных сухожилий и тенотомия или тенорез длинной головки двуглавой мышцы плеча показаны пациентам с малыми функциональными запросами, у которых боль является основной жалобой, а функция плеча достаточна для их повседневной активности [9]. Методы интерпозиции, такие как установка субакромиального баллона [10] и реконструкция верхней капсулы [11], направлены на облегчение боли и улучшение функции за счет нормализации биомеханики плечевого сустава путем установки головки плечевой кости по центру суставной впадины лопатки.

Полное или частичное восстановление ВМПС путем артроскопического якорного шва может улучшить функцию плечевого сустава и контролировать боль [12]. Эффективность биологических факторов при лечении пациентов с массивными невосстановимыми разрывами ВМПС до сих пор не доказана [13, 14], в то время как использование стволовых клеток и аутогенная транспозиция сухожилий направлены на повышение резистентности восстановленных сухожилий к повреждению и способности к заживлению [15, 16].

Транспозиция сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча была представлена недавно и является перспективной альтернативой реконструкции верхней капсулы плечевого сустава по данным клинических и биомеханических исследований, однако ограничением данной техники является тот факт, что у пациентов, уже перенесших спонтанную тенотомию, сухожилие недоступно [17, 18].

Использование мышечно-сухожильных трансферов позволяет воссоздать близкую к нормальной биомеханику плечевого сустава, снизить болевой синдром и замедлить прогрессирование артропатии, что и обуславливает интерес к данным методам лечения, особенно у молодых пациентов с высокими функциональными запросами. Но сложность проведения данных вмешательств требует высокого профессионализма хирурга, что объясняет весьма высокие показатели осложнений в послеоперационном периоде, в том числе разрывы сухожильной ткани в месте рефиксации (до 38%), неврологические и сосудистые осложнения [7, 19, 20].

В литературе приводится пять основных правил успешного выполнения мышечно-сухожильных трансферов. Транспонируемая мышца должна:

- иметь ту же линию натяжения (вектор силы), что и мышца, которую она заменяет;
- иметь то же натяжение, что и мышца, которую она заменяет;
- иметь ту же экскурсию, что и мышца, которую она заменяет;
- заменять только одну функцию;
- иметь нормальную мышечную силу [21].

Показаниями к выполнению мышечно-сухожильных трансферов являются невосстановимые передневерхние и передние разрывы ВМПС у молодых активных пациентов без остеоартрита плечевого сустава. Противопоказаниями являются остеоартрит плечевого сустава III ст., выраженная контрактура плечевого сустава, повреждение подмышечного нерва и плечевого сплетения, дисфункция дельтовидной мышцы, инфекция области оперативного вмешательства, невозможность соблюдать послеоперационный протокол, задневерхние разрывы ВМПС с одновременным повреждением подлопаточной мышцы [20, 21, 22, 23, 24].

Трансфер сухожилия большой грудной мышцы

Большая грудная мышца приводит, сгибает и вращает верхнюю конечность внутрь. Она состоит из двух головок: ключичной и грудинно-реберной. Ключичная головка берет начало от медиальной части ключицы, а грудинно-реберная — от верхней части грудины и от второго до четвертого ребер. Две головки сходятся вблизи места прикрепления, при этом грудинно-реберная головка грудины проходит кзади и крепится проксимально, а ключичная головка проходит более поверхностно и крепится по латеральному краю биципитальной борозды [22]. Основным источником кровоснабжения является грудная ветвь грудноакромиальной артерии, а иннервации — медиальный и латеральный грудные нервы. Латеральный и медиальный грудные нервы входят в мышцу в среднем на расстоянии 12,5 и 11,9 см от места прикрепления сухожилия соответственно [22]. Большую грудную мышцу можно считать хорошим кандидатом для выполнения мышечно-сухожильного трансфера при передневерхнем повреждении ВМПС, так как она обладает адекватным потенциалом мобильности и выполняет схожую функцию, что и подлопаточное сухожилие. Однако с биомеханической точки зрения большая грудная мышца имеет иной вектор, чем подлопаточная мышца, так как она расположена спереди от грудной стенки, а подлопаточная — кзади [23].

В литературе трансфер сухожилия большой грудной мышцы считается наиболее распростра-

ненным вмешательством из группы мышечно-сухожильных трансферов для лечения пациентов изучаемого профиля [21, 24, 25, 26, 27]. Эту технику впервые предложил С. Gerber в 1996 г., после чего было описано множество вариантов ее выполнения: в одних используют сухожилие грудинно-реберной порции большой грудной мышцы, в других — ключичной порции, в третьих — все сухожилие целиком. Обсуждаются варианты позиционирования транспонируемого сухожилия кпереди и кзади от объединенного сухожилия клювовидно-плечевой мышцы и сухожилия короткой головки двуглавой мышцы плеча [28, 29, 30, 31, 32].

С точки зрения биомеханики проведение транспонируемого сухожилия большой грудной мышцы кзади от объединенного сухожилия более выгодно, поскольку такое положение приближает вектор тяги к вектору подлопаточной мышцы, однако это положение более опасно с точки зрения анатомии — имеется риск повреждения мышечно-кожного нерва [1, 25, 33]. Стоит отметить, что, по данным систематического обзора, лишь в двух случаях из 195 проведенных вмешательств отмечались неврологические осложнения [33].

В работе В. Elhassan с соавторами, опубликованной в 2008 г., была описана техника транспозиции сухожилия грудинно-реберной порции большой грудной мышцы, проведенной под ее ключичной порцией, что обеспечивает приближение вектора тяги к вектору подлопаточной мышцы без риска повреждения мышечно-кожного нерва [26]. На сегодняшний день данная техника является самой распространенной в хирургической практике.

Вне зависимости от того, какая техника трансфера сухожилия большой грудной мышцы используется, происходит значимое снижение боли и достигается хороший результат по шкалам субъективной оценки пациента, однако в отдаленные сроки отмечаются неудовлетворительные функциональные результаты, в частности ограничение внутренней ротации [23, 24, 34, 35, 36].

Осложнения при выполнении трансфера сухожилия большой грудной мышцы включают тромбоз подмышечных глубоких вен, остаточную боль в месте прикрепления большой грудной мышцы, передний подвывих головки плечевой кости и дисфункцию мышечно-кожного и подмышечного нервов, а их частота составляет около 10% [33, 34, 35, 36].

Трансфер сухожилия малой грудной мышцы

Малая грудная мышца обычно прикрепляется к клювовидному отростку сверху, начиная с третьего по пятое ребро. Она стабилизирует плечо и опускает, вращает вниз и внутрь или наклоняет лопатку вперед [37].

В 1997 г. М.А. Wirth и С.А. Rockwood Jr. первыми описали перенос малой грудной мышцы на малый бугорок [38], но результаты применения этой технологии были опубликованы наряду с другими методами без дальнейшей стратификации [6].

В 2013 г. Р. Paladini с соавторами опубликовали результаты 27 транспозиций сухожилия малой грудной мышцы на малый бугорок вместе с небольшим кортикальным участком клювовидного отростка для лечения пациентов с невосстановимыми передневерхними разрывами ВМПС. Через 2 года неврологических повреждений не было, а оценка по Constant Score значительно улучшилась — в среднем на 41 балл ($p < 0,001$), хотя показатель мышечной силы значительно не увеличился. В общей сложности 78% пациентов вернулись к своей повседневной деятельности. Интересно, что средняя потеря наружной ротации составила всего 11° , и только у 22% пациентов belly-press test остался положительным [39].

В 2017 г. М. Cartaya с соавторами описали артроскопический трансфер этого сухожилия с многообещающими краткосрочными результатами, однако они применяли данный метод для лечения пациентов с повреждением подлопаточной мышцы III ст. по классификации Lafosse, а IV и V ст. отнесли к противопоказаниям для выполнения данной процедуры [40]. Согласно этому исследованию, из-за своего анатомического положения и функции малая грудная мышца является хорошим кандидатом для восстановления внутренней ротации, поскольку имеет:

- лучший вектор силы по сравнению с большой грудной мышцей;
- адекватную экскурсию сухожилия, которая, в отличие от большой грудной мышцы, более схожа с экскурсией подлопаточной мышцы [41];
- отсутствие чрезмерного мышечного натяжения после выполненного трансфера;
- минимальные воздействие и повреждение окружающих тканей.

Несмотря на то, что в опубликованных исследованиях были заявлены хорошие краткосрочные клинично-функциональные результаты, на настоящий момент нет исследований, которые подтверждали бы эти результаты в долгосрочной перспективе. В связи с этим трансфер сухожилия малой грудной мышцы пока остается недостаточно изученным и нераспространенным вариантом мышечно-сухожильных трансферов при передневерхних разрывах ВМПС.

Трансфер сухожилия широчайшей мышцы спины

Широчайшая мышца спины представляет собой крупную веерообразную мышцу, отходящую от гребня подвздошной кости, грудопоясничной

фасции и остистых отростков нижних грудных и поясничных позвонков. Она прикрепляется медиальнее большой грудной мышцы по гребню малого бугорка плечевой кости, а также латеральнее и проксимальнее большой круглой мышцы на плечевой кости. Ее нервно-сосудистое снабжение происходит от торакодорсальной артерии и торакодорсального нерва [42, 43]. Анатомическое исследование, которое провели А.Д. Pearle с коллегами в 2006 г., показало, что размер безопасного коридора мобилизации широчайшей мышцы составляет 13 см, так как на этом уровне в широчайшую мышцу входит торако-дорсальный сосудисто-нервный пучок. Это исследование также определило взаимоотношение транспонированного сухожилия и задней ветви подмышечного нерва, что еще раз подчеркивает важность адекватного формирования заднего безопасного коридора для транспонируемого сухожилия [43]. Подмышечный и лучевой нервы находятся ближе всего к месту прикрепления сухожилия широчайшей мышцы спины, когда рука согнута, и дальше всего, когда рука вращается внутрь. Этот факт особенно важен при заборе сухожилия от места прикрепления к плечевой кости [42, 43].

Трансфер сухожилия широчайшей мышцы спины является распространенным вариантом мышечно-сухожильных трансферов для хирургической коррекции изучаемой патологии. Техника трансфера сухожилия широчайшей мышцы спины совместно с большой круглой мышцей впервые была описана J.V. L'Episcopo в 1934 г. и применялась для коррекции нарушения активной наружной ротации у пациентов с параличом Дюшена – Эрба [44]. Затем, в 1988 г. С. Gerber с соавторами применили и описали транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины как способ вернуть активную наружную ротацию у пациентов с невосстановимыми задневерхними разрывами вращательной манжеты [45]. Благодаря развитию артроскопической хирургии плечевого сустава в 2007 г. доктор Е. Gervasi с соавторами описали технику артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины (АТСШМС) [46]. В дальнейшем, данная методика получила несколько модификаций, а в 2015 г. В. Elhassan описал технику переднего артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины для лечения пациентов с передне-верхними повреждениями ВМПС [47]. С точки зрения биомеханики данное вмешательство более выгодно, чем трансфер сухожилия малой грудной мышцы, так как вектор тяги широчайшей мышцы спины в большей степени совпадает с вектором подлопаточной мышцы [21, 24, 48]. Опубликованное анатомическое исследование доказало безопас-

ность трансфера сухожилия широчайшей мышцы спины в отношении сосудисто-нервных структур находящихся в зоне оперативного действия [47]. Опубликованы данные о высокой частоте послеоперационных разрывов тонкого и короткого (толщиной менее 2 мм и длиной в среднем 6 см) сухожилия широчайшей мышцы спины от точки фиксации на плечевой кости на протяжении и в месте сухожильно-мышечного перехода (от 5,5% до 38%), что связано с особенностями самого сухожилия и неправильным выбором точки фиксации, так как при этом может возникнуть эффект гильотины или «killer turn» эффект [49]. По данным разных авторов, в средние сроки наблюдения у пациентов после трансфера сухожилия широчайшей мышцы спины происходит значительное снижение боли, улучшение функции плечевого сустава, отмечается отличная субъективная оценка проведенного вмешательства, а по сравнению с трансфером сухожилия малой грудной мышцы увеличивается объем внутренней ротации [20, 25, 27, 28, 48, 49]. Несмотря на то, что в литературе на сегодняшний день не так много данных о долгосрочных результатах применения

артроскопически-ассистированного трансфера сухожилия широчайшей мышцы спины, данный метод является весьма перспективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в результате анализа литературы данные указывают на то, что применение мышечно-сухожильных трансферов при передневерхних повреждениях вращательной манжеты плечевого сустава является весьма перспективным направлением. Наиболее часто применяемыми и изученными являются трансфер большой грудной мышцы и трансфер сухожилия широчайшей мышцы спины. Несмотря на то, что изученная литература не смогла в полной мере разграничить показания к применению различных вариантов хирургических вмешательств, обнадеживающие результаты применения данных методик подчеркивают необходимость их дальнейшего изучения и внедрения в отечественную хирургическую практику. Необходимы более детальная оценка среднесрочных и отдаленных клинических результатов применения данных хирургических методов и разработка алгоритмов лечения пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Resch H., Povacz P., Ritter E., Matschi W. Transfer of the pectoralis major muscle for the treatment of irreparable rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(3):372-382. doi: 10.2106/00004623-200003000-00008.
2. Omid R., Lee B. Tendon transfers for irreparable rotator cuff tears. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(8):492-501. doi: 10.5435/JAAOS-21-08-492.
3. Kany J., Guinand R., Croutzet P., Valenti P., Werthel J.D., Grimberg J. Arthroscopic-assisted latissimus dorsi transfer for subscapularis deficiency. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2016;26(3):329-334. doi: 10.1007/s00590-016-1753-3.
4. Yamamoto A., Takagishi K., Osawa T., Yanagawa T., Nakajima D., Shitara H. et al. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(1):116-120. doi: 10.1016/j.jse.2009.04.006.
5. Cvetanovich G.L., Waterman B.R., Verma N.N., Romeo A.A. Management of the Irreparable Rotator Cuff Tear. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(24):909-917. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00199.
6. Checchia C., Domos P., Grimberg J., Kany J. Current Options in Tendon Transfers for Irreparable Rotator Cuff Tears. *JBS Rev.* 2019;7(2):e6. doi: 10.2106/JBS.RVW.18.00044.

7. Cartucho A. Tendon transfers for massive rotator cuff tears. *EFORT Open Rev.* 2022;7(6):404-413. doi: 10.1530/EOR-22-0023.
8. Adam J.R., Nanjayan S.K.T., Johnson M., Rangan A. Tendon transfers for irreparable rotator cuff tears. *J Clin Orthop Trauma.* 2021;17:254-260. doi: 10.1016/j.jcot.2021.03.021.
9. Walch G., Edwards T.B., Boulahia A., Nové-Josserand L., Neyton L., Szabo I. Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14(3):238-246. doi: 10.1016/j.jse.2004.07.008.
10. Senekovic V., Poberaj B., Kovacic L., Mikek M., Adar E., Dekel A. Prospective clinical study of a novel biodegradable sub-acromial spacer in treatment of massive irreparable rotator cuff tears. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23(3):311-316. doi: 10.1007/s00590-012-0981-4.
11. Mihata T., Lee T.Q., Watanabe C., Fukunishi K., Ohue M., Tsujimura T. et al. Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2013;29(3):459-470. doi: 10.1016/j.arthro.2012.10.022.
12. Shon M.S., Koh K.H., Lim T.K., Kim W.J., Kim K.C., Yoo J.C. Arthroscopic Partial Repair of Irreparable Rotator Cuff Tears: Preoperative Factors Associated With Outcome Deterioration Over 2 Years. *Am J Sports Med.* 2015;43(8):1965-1975. doi: 10.1177/0363546515585122.
13. Randelli P., Arrigoni P., Ragone V., Aliprandi A., Cabitza P. Platelet rich plasma in arthroscopic rotator cuff repair: a prospective RCT study, 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(4):518-528. doi: 10.1016/j.jse.2011.02.008.
14. Castricini R., Longo U.G., De Benedetto M., Panfoli N., Pirani P., Zini R. et al. Platelet-rich plasma augmentation for arthroscopic rotator cuff repair: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):258-265. doi: 10.1177/0363546510390780.
15. Ahmad Z., Henson F., Wardale J., Noorani A., Tytherleigh-Strong G., Rushton N. Review article: Regenerative techniques for repair of rotator cuff tears. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2013;21(2):226-231. doi: 10.1177/230949901302100223.
16. Isaac C., Gharaibeh B., Witt M., Wright V.J., Huard J. Biologic approaches to enhance rotator cuff healing after injury. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21(2):181-190. doi: 10.1016/j.jse.2011.10.004.
17. Berthold D.P., Muench L.N., Dyrna F., Scheiderer B., Obopilwe E., Cote M.P. et al. Comparison of Different Fixation Techniques of the Long Head of the Biceps Tendon in Superior Capsule Reconstruction for Irreparable Posterosuperior Rotator Cuff Tears: A Dynamic Biomechanical Evaluation. *Am J Sports Med.* 2021;49(2):305-313. doi: 10.1177/0363546520981559.
18. Kocaoglu B., Firatli G., Ulku T.K. Partial Rotator Cuff Repair With Superior Capsular Reconstruction Using the Biceps Tendon Is as Effective as Superior Capsular Reconstruction Using a Tensor Fasciae Latae Autograft in the Treatment of Irreparable Massive Rotator Cuff Tears. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(6):2325967120922526. doi: 10.1177/2325967120922526.
19. Reinares F., Calvo A., Reyes J.T., Moreno J.L., Paccot D. Arthroscopy-Assisted Latissimus Dorsi Transfer for Irreparable Subscapularis Tears. *Arthrosc Tech.* 2020;10(1):49-e53. doi: 10.1016/j.eats.2020.09.008.
20. Kany J., Grimberg J., Amaravathi R.S., Sekaran P., Scorpie D., Werthel J.D. Arthroscopically-assisted latissimus dorsi transfer for irreparable rotator cuff insufficiency: modes of failure and clinical correlation. *Arthroscopy.* 2018;34(4):1139-1150. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.052.
21. Kany J. Tendon transfers in rotator-cuff surgery. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020;106(1S):S43-S51. doi: 10.1016/j.jse.2020.06.002.
22. Klepps S.J., Goldfarb C., Flatow E., Galatz L.M., Yamaguchi K. Anatomic evaluation of the subcoracoid pectoralis major transfer in human cadavers. *J Shoulder Elb Surg.* 2001;10(5):453-459. doi: 10.1067/mse.2001.117125.
23. Ernstbrunner L., Wieser K., Catanzaro S., Agten C.A., Fornaciari P., Bauer D.E. et al. Long-term outcomes of pectoralis major transfer for the treatment of irreparable subscapularis tears: results after a mean follow-up of 20 years. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(23):2091-2100. doi: 10.2106/JBJS.19.00172.
24. Burnier M., Lafosse T. Pectoralis Major and Anterior Latissimus Dorsi Transfer for Subscapularis Tears. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020;13(6):725-733. doi: 10.1007/s12178-020-09674-4.
25. Clark N.J., Elhassan B.T. The Role of Tendon Transfers for Irreparable Rotator Cuff Tears. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(1):141-149. doi: 10.1007/s12178-018-9468-1.
26. Elhassan B.T., Ozbaydar M., Massimini D., Diller D., Higgins L., Warner J.J.P. Transfer of pectoralis major for the treatment of irreparable tears of subscapularis: DOES IT WORK? *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(8):1059-1065. doi: 10.1302/0301-620X.90B8.20659.
27. Elhassan B.T., Wagner E.R., Kany J. Latissimus dorsi transfer for irreparable subscapularis tear. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(10):2128-2134. doi: 10.1016/j.jse.2020.02.019.
28. Luo Z., Lin J., Sun Y., Zhu K., Wang C., Chen J. Outcome Comparison of Latissimus Dorsi Transfer and Pectoralis Major Transfer for Irreparable Subscapularis Tendon Tear: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2022;50(7):2032-2041. doi: 10.1177/03635465211018216.
29. Gerber C., Hersche O., Farron A. Isolated rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(7):1015-1023. doi: 10.2106/00004623-199607000-00005.
30. Klepps S.J., Goldfarb C., Flatow E., Galatz L.M., Yamaguchi K. Anatomic evaluation of the subcoracoid pectoralis major transfer in human cadavers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10:453-459. doi: 10.1067/mse.2001.117125.
31. Wirth M.A., Rockwood C.A. Operative treatment of irreparable rupture of the subscapularis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):722-731. doi: 10.2106/00004623-199705000-00012.
32. Konrad G.G., Sudkamp N.P., Kreuz P.C., Jolly J.T., McMahon P.J., Debski R.E. Pectoralis major tendon transfers above or underneath the conjoint tendon in subscapularis-deficient shoulders. An in vitro biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(11):2477-2484. doi: 10.2106/JBJS.F.00811.
33. Shin J.J., Saccomanno M.F., Cole B.J., Romeo A.A., Nicholson G.P., Verma N.N. Pectoralis major transfer for treatment of irreparable subscapularis tear: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(6):1951-1960. doi: 10.1007/s00167-014-3229-5.

34. Gavriilidis I., Kircher J., Magosch P., Lichtenberg S., Habermeyer P. Pectoralis major transfer for the treatment of irreparable anterosuperior rotator cuff tears. *Int Orthop.* 2010;34(5):689-694. doi: 10.1007/s00264-009-0799-9.
35. Moroder P., Schulz E., Mitterer M., Plachel F., Resch H., Lederer S. Long-term outcome after pectoralis major transfer for irreparable anterosuperior rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(3):239-245. doi: 10.2106/JBJS.16.00485.
36. Jost B., Gerber C. Pectoralis major transfer for subscapularis insufficiency. *Tech Shoulder Elbow Surg.* 2004; 5(3):157-164. doi: 10.1097/01.bte.0000135966.61724.1f.
37. Lambert S. Shoulder girdle and arm. In: Standring S. (ed) *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* 41st edn. London: Elsevier; 2015. p. 797-836.
38. Wirth M.A., Rockwood C.A. Jr. Operative treatment of irreparable rupture of the subscapularis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):722-731. doi: 10.2106/00004623-199705000-00012.
39. Paladini P., Campi F., Merolla G., Pellegrini A., Porcellini G. Pectoralis minor tendon transfer for irreparable anterosuperior cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(6):e1-5. doi: 10.1016/j.jse.2012.12.030.
40. Cartaya M., Werthel J.D., Valenti P. Arthroscopic-Assisted Pectoralis Minor Transfer for Irreparable Tears of the Upper Two-thirds of the Subscapularis Tendon: Surgical Technique. *Arthrosc Tech.* 2017;6(5):e1501-e1505. doi: 10.1016/j.eats.2017.06.010.
41. Herzberg G., Urien J.P., Dimnet J. Potential excursion and relative tension of muscles in the shoulder girdle: Relevance to tendon transfer. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8:430-437. doi: 10.1016/s1058-2746(99)90072-1.
42. Buijze G.A., Keereweer S., Jennings G., Vorster W., Debeer J. Musculotendinous transfer as a treatment option for irreparable posterosuperior rotator cuff tears: teres major or latissimus dorsi? *Clin Anat.* 2007;20(8):919-923. doi: 10.1002/ca.20547.
43. Pearle A.D., Kelly B.T., Voos J.E., Chehab E.L., Warren R.F. Surgical technique and anatomic study of latissimus dorsi and teres major transfers. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(7):1524-1531. doi: 10.2106/JBJS.E.00426.
44. L'Episcopo J. Tendon transplantation on obstetrical paralysis. *Am J Surg.* 1934;25(1):122-125.
45. Gerber C., Vinh T.S., Hertel R., Hess C.W. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(232):51-61.
46. Gervasi E., Causero A., Parodi P.C., Raimondo D., Tancredi G. Arthroscopic latissimus dorsi transfer. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1243.e1-4. doi: 10.1016/j.arthro.2006.12.021.
47. Elhassan B.T. Feasibility of latissimus and teres major transfer to reconstruct irreparable subscapularis tendon tear: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(4):e102-103. doi: 10.1016/j.jse.2014.12.035.
48. Kany J., Grimberg J., Amaravathi R.S., Sekaran P., Scorpie D., Werthel J.D. Arthroscopically-assisted latissimus dorsi transfer for irreparable rotator cuff insufficiency: modes of failure and clinical correlation. *Arthroscopy.* 2018;34(4):1139-1150. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.052.

Сведения об авторах

✉ Шершнев Андрей Максимович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0001-6623-2144>

e-mail: andreysersh@gmail.com

Доколин Сергей Юрьевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1890-4342>

e-mail: sdokolin@gmail.com

Кузьмина Владислава Игоревна — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7866-5545>

e-mail: tasha_777@bk.ru

Кутузов Матвей Олегович

<https://orcid.org/0000-0001-8746-5414>

e-mail: kutuzovsky1995@gmail.com

Ярец Елизавета Валерьевна

<https://orcid.org/0000-0002-3000-2344>

e-mail: yaretcliza@mail.ru

Authors' information

✉ Andrei M. Shershnev

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6623-2144>

e-mail: andreysersh@gmail.com

Sergei Yu. Dokolin — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1890-4342>

e-mail: sdokolin@gmail.com

Vladislava I. Kuzmina — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-7866-5545>

e-mail: tasha_777@bk.ru

Matvei O. Kutuzov

<https://orcid.org/0000-0001-8746-5414>

e-mail: kutuzovsky1995@gmail.com

Elizaveta V. Yarets

<https://orcid.org/0000-0002-3000-2344>

e-mail: yaretcliza@mail.ru