

# Анализ факторов риска возникновения псевдопаралича верхней конечности у пациентов с полнослойными повреждениями вращательной манжеты плечевого сустава

А.М. Шершнев, С.Ю. Доколин, В.И. Кузьмина, Д.В. Стафеев, М.О. Кутузов

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

## Analysis of the risk factors of shoulder pseudoparalysis in patients with full-thickness rotator cuff tears

A. Shershnev, S. Dokolin, V. Kuzmina, D. Stafeev, M. Kutuzov

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

© Коллектив авторов, 2024 г.

### Резюме

**Введение.** Повреждения вращательной манжеты в общей популяции встречаются примерно у каждого пятого. Непредсказуемость динамики таких повреждений дает повод к исследованиям закономерности их прогрессии. Известно, что массивные разрывы ротаторов формируются в течение длительного времени, вследствие чего нарушается нормальная биомеханика и возникает артропатия плечевого сустава. Потеря активной элевации верхней конечности, развивающаяся из-за нарушения нормальной биомеханики плечевого сустава, получила название «псевдопаралич верхней конечности». Имеется небольшое число исследований, посвященных факторам риска возникновения данного состояния, а в отечественной литературе они и вовсе отсутствуют. Данные факты диктуют необходимость проведения исследований, направленных на выявление факторов риска развития псевдопаралича верхней конечности, в том числе и в нашей стране. **Цель исследования:** оценить на собственном клиническом материале факторы риска развития функциональных нарушений в плечевом суставе в виде псевдопаралича верхней конечности у пациентов с полнослойными повреждениями вращательной манжеты.

**Материалы и методы.** Проведено ретроспективное исследование 254 пациентов, которым в период с января 2018 по август 2021 г. выполнялись оперативные вмешательства по поводу полнослойных повреждений вращательной манжеты. В основу анализа легли данные историй болезни, клиничко-функциональных и инструментальных исследований. **Результаты.** У 34,3% пациентов имелись функциональные нарушения в виде псевдопаралича верхней конечности, факторами риска являлись: массивные повреждения ротаторов ( $p < 0,001$ ), невосстановимый характер разрыва ( $p < 0,001$ ), вовлечение сухожилия подлопаточной мышцы ( $p < 0,001$ ), вовлечение точек крепления «ротаторного кабеля» ( $p < 0,001$ ). Более тяжелые повреждения сухожилия подлопаточной мышцы усугубляют проявления псевдопаралича верхней конечности ( $p < 0,001$ ). Вовлечение большего числа точек крепления «ротаторного кабеля» усугубляет проявления псевдопаралича ( $p < 0,001$ ). **Заключение.** Полученные данные демонстрируют, что массивные невосстановимые разрывы вращательной манжеты плечевого сустава с тяжелыми повреждениями сухожилия подлопаточной мышцы являются наиболее грозными с точки зрения нарушения

нормальной биомеханики и, как следствие, развития псевдопаралича верхней конечности.

**Ключевые слова:** плечевой сустав, вращательная манжета, псевдопаралич верхней конечности, артроскопия плечевого сустава

### Summary

**Background.** Rotator cuff tears occur in approximately one in five people in the general population. The unpredictability of the dynamics of tears gives rise to studies of the patterns of their progression. It is known that massive rotator cuff tears form over a long period of time, as a result of which normal biomechanics are disrupted and cuff tear arthropathy develops. The loss of active elevation of the upper limb, developing due to a violation of the normal biomechanics of the shoulder joint, is called "shoulder pseudoparalysis". There are a small number of studies devoted to risk factors for the occurrence of this condition, and they are completely absent in the domestic literature. These facts dictate the need to conduct research aimed at identifying risk factors for the development of shoulder pseudoparalysis, especially in our country. **The aim** is to evaluate, using our own clinical material, risk factors for the development of functional disorders in the shoulder joint in the form of shoulder

pseudoparalysis in patients with full-thickness rotator cuff tears. **Material and methods.** A retrospective study was conducted of 254 patients who underwent surgery for full-thickness rotator cuff tears between January 2018 and August 2021. The analysis was based on data from medical histories, clinical, functional and instrumental studies. **Results.** 34.3% of patients had functional impairment in the form of shoulder pseudoparalysis; risk factors were: massive damage to the rotator cuff ( $p < 0.001$ ), irreparable ruptures ( $p < 0.001$ ), involvement of the subscapularis tendon ( $p < 0.001$ ), involvement of attachment points of "rotator cable" ( $p < 0.001$ ). More severe injuries to the subscapularis tendon aggravate the manifestations of shoulder pseudoparalysis ( $p < 0.001$ ). Involvement of a greater number of attachment points of the "rotator cable" aggravates the manifestations of shoulder pseudoparalysis ( $p < 0.001$ ). **Conclusion.** The data obtained demonstrate that massive irreparable tears of the rotator cuff of the shoulder joint with severe damage to the subscapularis tendon are the most dangerous from the point of view of disruption of normal biomechanics and, as a consequence, the development of shoulder pseudoparalysis.

**Keywords:** shoulder joint, rotator cuff, shoulder pseudoparalysis, shoulder arthroscopy

### Введение

Повреждения вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) являются весьма распространенной патологией. Распространенность повреждений вращательной манжеты плечевого сустава колеблется в диапазоне от 5 до 40%, а в общей популяции повреждения ротаторной манжеты могут встречаться примерно у каждого пятого [1–3]. Бессимптомные разрывы наблюдаются у 54% пациентов старше 60 лет, и, хотя частота прогрессирования в настоящее время плохо изучена, некоторые разрывы прогрессируют до стадии невосстановимых [4]. Непредсказуемость динамики разрыва дает повод к исследованиям закономерности прогрессии повреждений ВМПС [5].

В настоящее время известно, что массивные полнослойные разрывы ротаторов формируются в течение длительного времени, вследствие чего нарушается нормальная биомеханика и развивается артропатия плечевого сустава. Артропатия плечевого сустава является уникальным вариантом плечелопаточного артрозо-артрита, вызванного утратой возможности вращательной манжеты оказывать компрессирующее действие на головку плечевой кости к суставной впадине лопатки в связи с массивным ее повреждением.

Нарушение вертикального и горизонтального баланса сил, приводящее к передне-верхней миграции головки плечевой кости, является основой патобиомеханики данного состояния [6, 7].

В 1993 г. было опубликовано анатомическое исследование доктора S.S. Burkhart, в котором он описал анатомию и биомеханическую роль «ротаторного кабеля» и «серповидного участка». Данное исследование демонстрировало, что «ротаторный кабель», соединяющий подлопаточное, надостное и подостное сухожилия, передавая нагрузку от мышц-ротаторов к головке плечевой кости, обеспечивает функционирование четырех сухожилий ВМПС как единой анатомической структуры, а «серповидный участок» является местом, где чаще всего формируются повреждения сухожильной ткани ротаторов в связи с прогрессированием дегенеративных изменений [8].

Биомеханические исследования показывают, что задне-верхние разрывы ВМПС приводят к передне-верхней трансляции головки плечевой кости, а сухожилие двуглавой мышцы плеча в этой ситуации центрирует головку плечевой кости и предотвращает задний подвывих и ее вертикальную трансляцию. Вовлечение сухожилия подлопаточной мышцы в разрыв приводит к утрате удерживателя сухожилия длинной

головки двуглавой мышцы плеча, вызывая его нестабильность, тем самым усугубляя нарушение биомеханики ПС [9–11].

Массивные разрывы ВМПС могут привести к таким симптомам, как боль, значительное снижение объема движений и функции плечевого сустава, влияющих на качество жизни пациентов. Только появление выраженного болевого синдрома вместе со значительным снижением функции плечевого сустава заставляет пациентов обращаться за медицинской помощью [12]. Позднее обращение приводит к атрофии поврежденных сухожилий вращательной манжеты с последующей жировой перестройкой мышечной ткани [13–15].

Потеря активной элевации верхней конечности, часто сопровождающая нарушение нормальной биомеханики вследствие передне-верхней миграции головки плечевой кости, развивается у множества пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты. Снижение амплитуды активного отведения или сгибания в плечевом суставе ниже уровня 90° при сохранении пассивного объема движений получило название «псевдопаралич верхней конечности» (ППВК) [16–19]. Несмотря на то что данное понятие широко используется в специализированной литературе, до недавнего времени не было четкого определения данного понятия в связи с тем, что различные авторы приводили разные характеристики этого состояния. Однако в 2017 г. R.J. Hawkins и восемь международных лидеров в области хирургии плеча пришли к консенсусу, определив «настоящий псевдопаралич» как отсутствие активной элевации плеча при сохранении пассивной элевации, хронического характера, зачастую с передне-верхней дислокацией ГПК, без улучшений на фоне обезболивающих блокад ПС [16, 19–22].

На сегодняшний день имеются исследования, посвященные факторам риска развития данного состояния. Отмечается, что жировая инфильтрация мышц вращательной манжеты плеча, передне-верхняя миграция головки плечевой кости и локализация повреждения ротаторов влияют на развитие псевдопаралича верхней конечности [23–26]. Стоит отметить, что данной проблеме посвящено малое число исследований, а в отечественной литературе они и вовсе отсутствуют, хотя имеются отдельные публикации, посвященные нарушению биомеханики при повреждении сухожилий ВМПС [27, 28]. Данные факты диктуют необходимость проведения исследований, направленных на выявление факторов риска развития псевдопаралича верхней конечности, в том числе и в нашей стране.

### Цель исследования

Оценить на собственном клиническом материале факторы риска развития функциональных нарушений в плечевом суставе в виде псевдопаралича верхней

конечности у пациентов с полнослойными повреждениями вращательной манжеты.

### Материалы и методы

Проведено ретроспективное одноцентровое исследование, которое было выполнено посредством анализа данных историй болезни, клинико-функциональных и инструментальных исследований пациентов с полнослойными разрывами ВМПС, которым в период с января 2018 по август 2021 г. выполнялись оперативные вмешательства в травматолого-ортопедическом отделении № 8 и в отделении восстановительной медицины № 2 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» СПб.

Критериями включения в исследование были: наличие полнослойных разрывов сухожилий ВМПС, отсутствие нарушений иннервации и возраст не менее 18 лет.

Критериями исключения из исследования были: наличие сопутствующей нестабильности плечевого сустава, признаков деформирующего артроза ПС III и IV стадий и деструктивных изменений костной структуры ГПК, признаков капсулита и контрактуры плечевого сустава.

В нашем исследовании за невосстановимый разрыв принималось такое повреждение, которое при оценке МР-исследований демонстрировало 3–4-ю степень жирового перерождения мышечного брюшка какого-либо из поврежденных сухожилий по классификации D. Goutallier, а степень ретракции этого сухожилия по классификации D. Patte соответствовала 3-й степени [29, 30]. Также во внимание принимались данные интраоперационной картины, в которых отмечалась степень восстановления анатомического крепления вращательной манжеты при выполнении артроскопического якорного шва (АЯШ) и уровень ретракции поврежденного края сухожилий ротаторов.

Псевдопаралич верхней конечности в нашем исследовании рассматривался как нарушение активной элевации верхней конечности, то есть как снижение объема активного отведения и сгибания в плечевом суставе при сохранении пассивного объема движений. Степень выраженности ППВК оценивали как умеренную при снижении объема активного отведения и сгибания в плечевом суставе ниже уровня 90°, как глубокую — ниже уровня 45°.

Оценку типа повреждения сухожилия подлопаточной мышцы проводили согласно классификациям L. Lafosse и SFA [31, 32].

### Статистический анализ

Данные исследования вносились в электронную таблицу MS Excel и были подвергнуты статистической обработке. Статистический анализ данных проводили

на персональном компьютере с использованием статистического пакета IBM SPSS 23.0. За статистически значимый уровень  $p$  принимали 0,05.

Первично для всех данных проводилась проверка нормальности распределения при помощи критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка (для выборок из менее чем 50 элементов). В качестве описательной статистики для количественных переменных приведены средние значения и стандартные отклонения, для номинальных и порядковых признаков приведены частоты и доли в процентах. Для статистического сравнения количественных показателей применялся дисперсионный анализ, для номинальных признаков — критерий хи-квадрат Пирсона. Для выявления зависимости между порядковыми признаками были рассчитаны коэффициенты корреляции  $\tau$ у Кендалла.

### Результаты исследования

В основу исследования легли данные 254 пациентов с полнослойными разрывами вращательной манжеты плечевого сустава, которым выполнялись следующие виды оперативных вмешательств: АЯШ (77,6%;  $n=197$ ), реверсивное эндопротезирование плечевого сустава (РЭПС) (11,8%;  $n=30$ ), реконструкция верхней капсулы плечевого сустава (РВКПС) (7%;  $n=18$ ) и трансфер сухожилия широчайшей мышцы (ТСШМС) (3,6%;  $n=9$ ). Мужчин было 66,1% ( $n=168$ ), женщин — 33,9% ( $n=86$ ).

Средний возраст больных составил  $57,7 \pm 7,9$  года. Самому молодому пациенту было 24 года, а самому пожилому — 85 лет. Подавляющее большинство пациентов (89,0%) было в возрасте от 40 до 70 лет.

Полнослойное повреждение вращательной манжеты правого плечевого сустава ( $n=176$ ) происходило чаще, чем левого ( $n=78$ ). При этом повреждение доминирующей руки происходило в 69,7% случаев ( $n=177$ ). Травму плечевого сустава в анамнезе отмечали 36,2% ( $n=92$ ) пациентов. Время от момента возникновения жалоб до оперативного вмешательства в среднем составило  $29,2 \pm 22,9$  мес. При этом подавляющее большинство пациентов (82,3%) предъявляли жалобы более 6 мес. Курение отмечено в анамнезе у 25,6% пациентов.

Медико-биологические и клиничко-анамнестические характеристики пациентов изучаемых групп представлены в таблице.

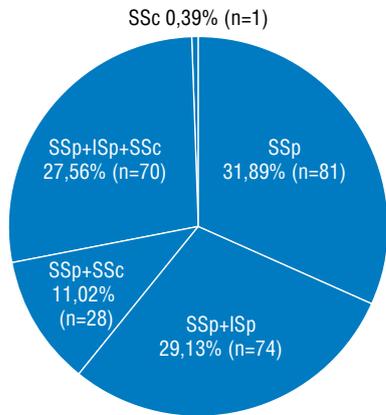
Из 254 пациентов с полнослойными повреждениями вращательной манжеты у 81 (31,9%) было выявлено изолированное повреждение сухожилия надостной мышцы, у 74 (29,1%) — массивное повреждение сухожилий надостной и подостной мышц, у 70 (27,6%) — массивное повреждение сухожилий надостной, подостной и подлопаточной мышц, у 28 пациентов (11%) — массивное повреждение сухожилий надостной и подлопаточной мышц и у 1 пациента (0,4%) — изолированное повреждение сухожилия подлопаточной мышцы. Таким образом, массивные повреждения ВМПС составили 67,7% ( $n=172$ ) от общего числа полнослойных повреждений. Отмечено, что массивные повреждения ВМПС демонстрируют большую давность от момента предъявления жалоб до операции, хотя эти различия статистически незначимы ( $30,7$  мес против  $26,6$ ;  $p=0,313$ ). Распределение разрывов по локализации у пациентов ретроспективной группы представлено на диаграмме (рис. 1).

Таблица

#### Характеристика обследуемых пациентов

Вид оперативного вмешательства	АЯШ	РЭПС	РВКПС	ТСШМС	Всего	
Количество пациентов, абс.	197	30	18	9	254	
<i>Данные, характеризующие пациентов</i>						
Средний возраст	$56,4 \pm 7,8$	$64,6 \pm 7,6$	$56,3 \pm 7,3$	$65,1 \pm 7$	$57,7 \pm 7,9$	
Пол	М — 136 Ж — 61	М — 12 Ж — 18	М — 14 Ж — 4	М — 6 Ж — 3	М — 168 Ж — 86	
Сторона поражения	П	70,1% (138)	63,3% (19)	77,8% (14)	55,6% (5)	69,3% (176)
	Л	29,9% (59)	37,7% (11)	22,2% (4)	44,4% (4)	30,7% (78)
Доминирующая рука	70,7% (140)	60% (18)	77,8% (14)	55,6% (5)	69,7% (177)	
Давность, мес	$28,7 \pm 22,2$	$27,7 \pm 20,2$	$42,6 \pm 31,2$	$23 \pm 22$	$29,2 \pm 22,9$	
Травма	36% (71)	30% (9)	50% (9)	33,3% (3)	36,2% (92)	
Курение	26,8% (53)	13,3% (4)	27,8% (5)	22,2% (2)	25,2% (64)	

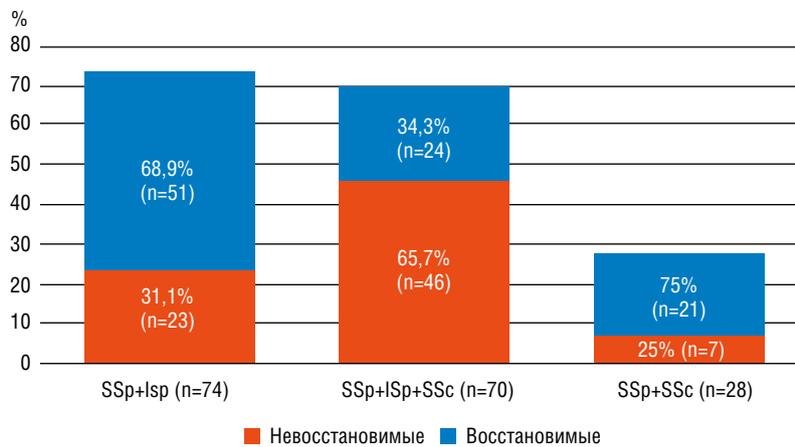
**Примечание:** АЯШ — артроскопический якорный шов; РВКПС — реконструкция верхней капсулы плечевого сустава; РЭПС — реверсивное эндопротезирование плечевого сустава; ТСШМС — трансфер сухожилия широчайшей мышцы.



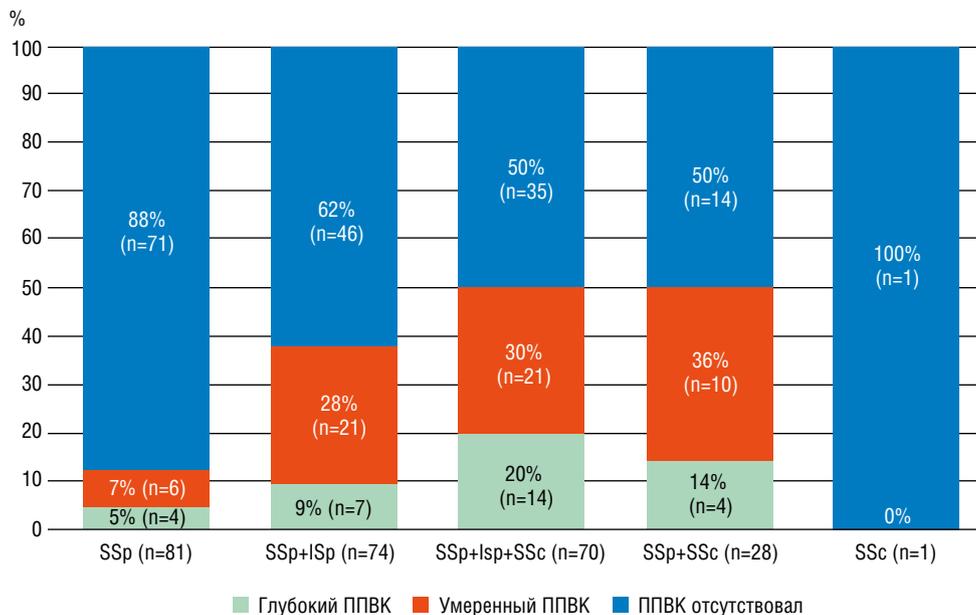
**Рис. 1.** Распределение пациентов ретроспективной группы по локализации повреждений вращательной манжеты плечевого сустава. Здесь и на рис. 2–4: SSs — сухожилие надостной мышцы; ISp — сухожилие подостной мышцы; SSs — сухожилие подлопаточной мышцы

Доля невосстановимых повреждений составила 44,2% (n=76) от всех массивных разрывов ВМПС. Анализ показал, что статистически значимо невосстановимые разрывы чаще развиваются при повреждении задне-верхней части ротаторов ( $p < 0,001$ ) и вовлечении большего числа сухожилий ( $p < 0,001$ ), а также демонстрируют большую давность от момента предъявления жалоб до операции (32,3 мес против 28,1;  $p = 0,416$ ), хотя статистически значимой разницы выявить не удалось. Распределение невосстановимых разрывов по локализации у пациентов с массивными повреждениями ВМПС представлено на гистограмме (рис. 2).

У 34,3% (n=87) из 254 пациентов с полнослойными разрывами ВМПС имелись функциональные нарушения в виде ППВК. Из них 66,7% (n=58) пациентов демонстрировали умеренный ППВК, 33,3% (n=29) —



**Рис. 2.** Распределение невосстановимых разрывов по локализации у пациентов с массивными повреждениями вращательной манжеты плечевого сустава



**Рис. 3.** Распределение долей пациентов с функциональными нарушениями плечевого сустава в виде псевдопаралича верхней конечности по локализации повреждения вращательной манжеты плечевого сустава

глубокий. Выявлено, что у пациентов с массивным повреждением ротаторов ППВК возникает чаще ( $p < 0,001$ ). Распределение долей пациентов с функциональными нарушениями плечевого сустава в виде ППВК по локализации повреждения ВМПС представлено на гистограмме (рис. 3).

Оценка зависимости выраженности функциональных нарушений от потенциала к восстановлению повреждения вращательной манжеты продемонстрировала, что у пациентов с восстановимыми разрывами ВМПС ППВК отсутствовал в 75,3% случаев, умеренный ППВК развивался в 16,8% случаев, а глубокий ППВК — в 7,9%, в то время как у пациентов с невосстановимыми разрывами ППВК отсутствовал в 43,4% случаев, умеренный ППВК — в 36,8% случаев, глубокий ППВК — в 19,7%. Данные представлены на гистограмме (рис. 4).

Сравнение соотношения пациентов с ППВК по локализациям с подгруппами восстановимых и невосстановимых повреждений продемонстрировало, что ППВК чаще развивался у пациентов с невосстановимыми разрывами ВМ ( $p < 0,001$ ). Данные представлены на гистограмме (рис. 5).

В ходе анализа полученных данных было также отмечено, что ППВК чаще развивается у пациентов с вовлечением сухожилия подлопаточной мышцы (СПМ) в разрыв ( $p < 0,001$ ). Так, без вовлечения СПМ в разрыв ППВК имелся у 24,5% пациентов, с вовлечением СПМ — у 49,5%. Более того, при вовлечении СПМ в разрыв у пациентов чаще развивался глубокий ППВК (18,2% против 7,1%).

В ходе данного исследования также была рассмотрена зависимость выраженности функциональных

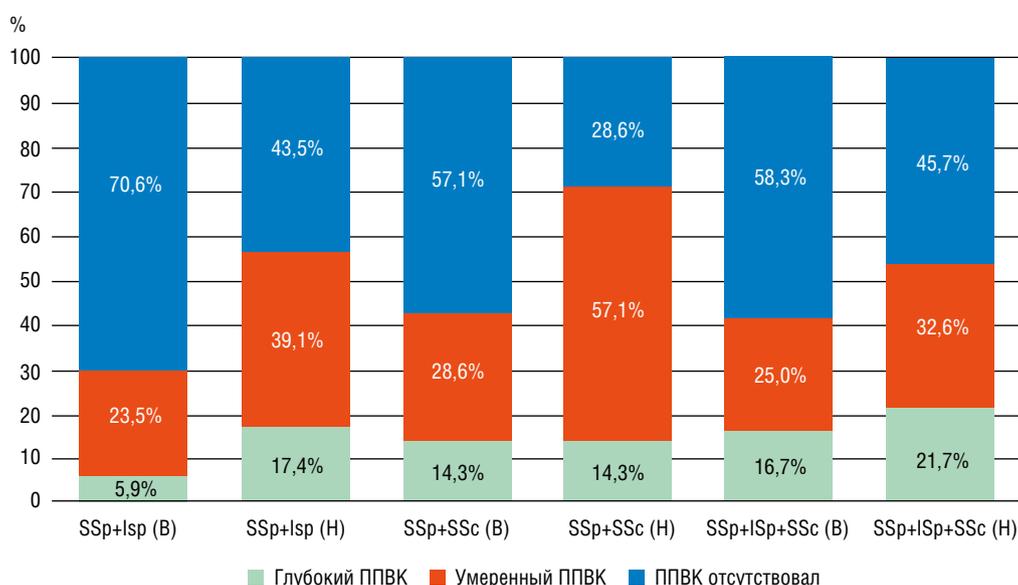


Рис. 4. Доля пациентов с псевдопараличом верхней конечности среди восстановимых и невосстановимых разрывов вращательной манжеты плечевого сустава в соответствии с локализацией

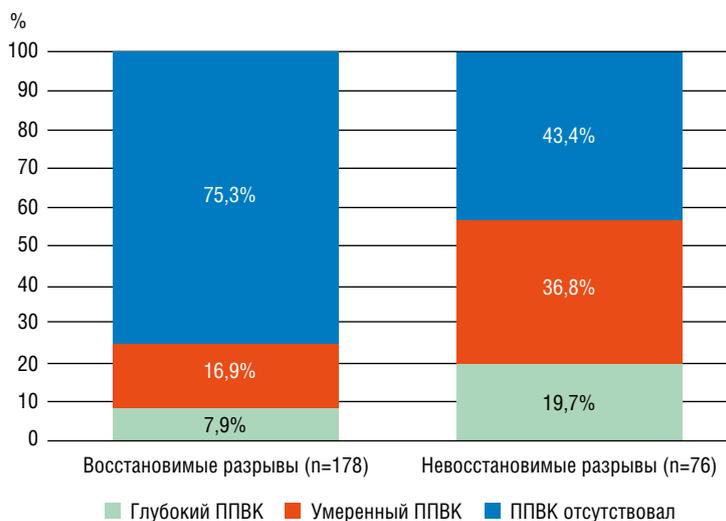


Рис. 5. Доля пациентов с псевдопараличом верхней конечности среди восстановимых и невосстановимых разрывов вращательной манжеты плечевого сустава в соответствии с характеристикой разрыва

нарушений верхней конечности и типа повреждения сухожилия подлопаточной мышцы. Выявлено, что у пациентов с частичным повреждением СПМ без повреждения удерживателя сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча ППВК возникает значительно реже, лишь в 20% (7 из 35 пациентов) случаев, в то время как при повреждении удерживателя сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча или полнослойном повреждении СПМ ППВК возникал в 65,6% (42 из 64 пациентов). Более того, степень выраженности и частота функциональных нарушений (в виде ППВК) возрастали при более тяжелых повреждениях СПМ (коэффициент корреляции тау Кендалла: 0,308;  $p < 0,001$ ). Влияние типа повреждения СПМ на выраженность ППВК представлено на гистограмме (рис. 6).

В ходе нашего исследования также проанализировали взаимосвязь развития ППВК с вовлечением точек крепления «ротаторного кабеля» в разрыв. Мы рассматривали область передней точки крепления,

как две отдельные структуры, так как отрыв глубокого слоя СПМ и повреждение удерживателя сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча вызывает его нестабильность, что усугубляет нарушение биомеханики плечевого сустава, и учитывали различные комбинации вовлечения точек крепления «ротаторного кабеля» (рис. 7).

Так, ППВК у пациентов без вовлечения в разрыв точек крепления «ротаторного кабеля» не развивался ( $p < 0,001$ ), с вовлечением одной точки крепления развивался в 37,9% случаев, двух точек крепления — в 63,3% случаев, трех точек крепления — в 79,2% случаев. Распределение пациентов с ППВК в зависимости от вовлечения точек крепления «ротаторного кабеля» представлено на гистограмме (рис. 8).

Полученные данные демонстрируют, что вовлечение большего числа точек крепления «ротаторного кабеля» усугубляет проявления ППВК (коэффициент корреляции тау Кендалла: 0,540;  $p < 0,001$ ).

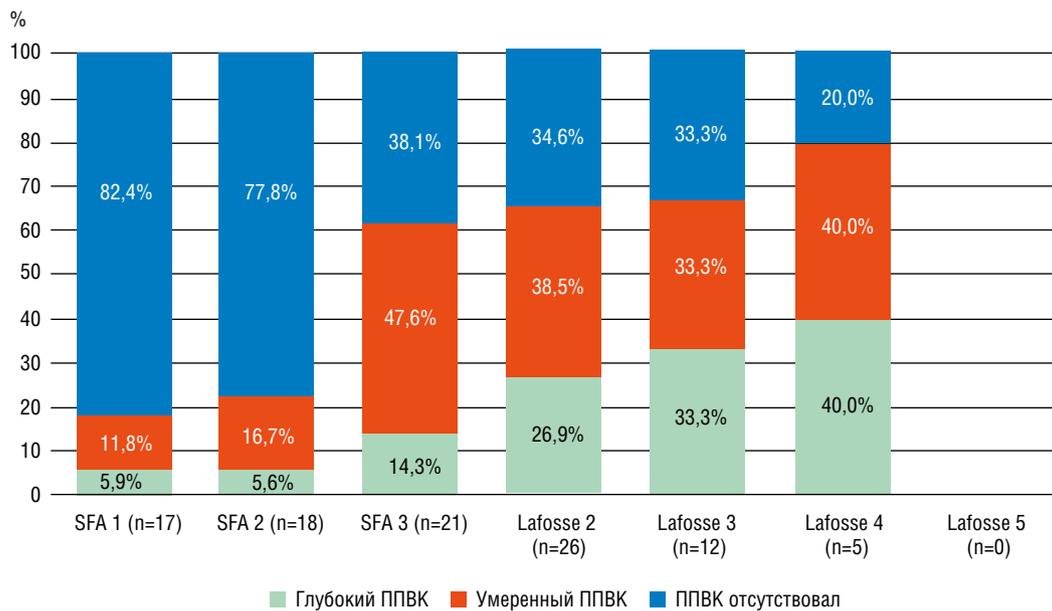
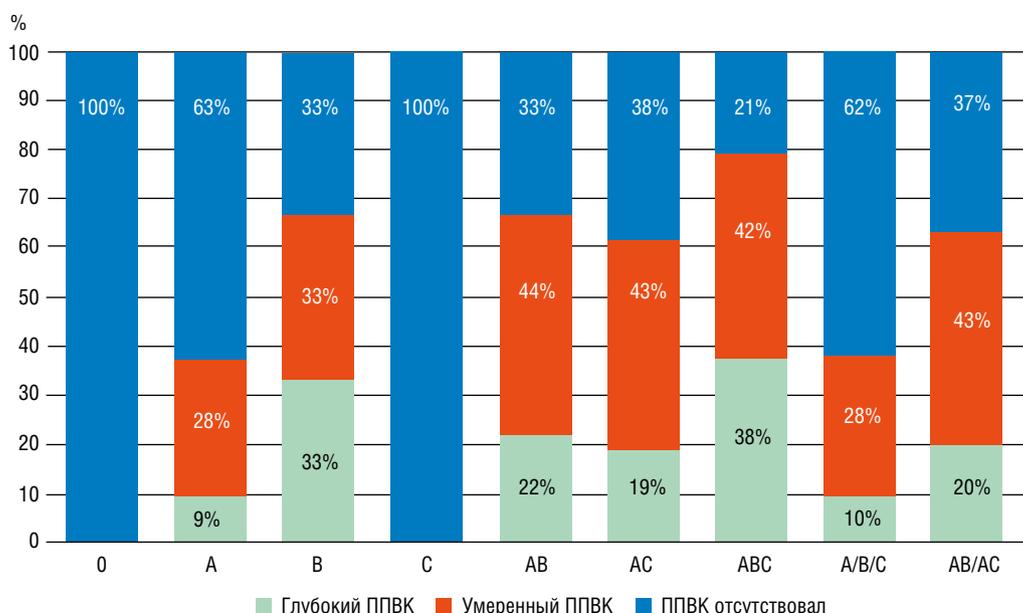


Рис. 6. Влияние типа повреждения сухожилия подлопаточной мышцы на выраженность вращательной манжеты плечевого сустава



Рис. 7. «Ротаторный кабель» и «серповидный участок». А — передняя точка крепления на большом бугорке; В — задняя точка крепления; С — передняя точка крепления на малом бугорке



**Рис. 8.** Зависимость развития псевдопаралича верхней конечности от вовлечения точек крепления «ротаторного кабеля»: А — повреждение точки А; В — повреждение точки В; С — повреждение точки С; АВ — сочетанное повреждение точек А и В; АС — сочетанное повреждение точек А и С; АВС — сочетанное повреждение точек А, В и С; А/В/С — наличие повреждения одной из точек крепления (либо А, либо В, либо С); АВ/АС — наличие повреждения двух точек крепления (либо АВ, либо АС)

## Обсуждение результатов

Проведенное исследование продемонстрировало, что факторами риска повреждений вращательной манжеты являются мужской пол и возраст старше 40 лет, так как среди исследуемых пациентов преобладали мужчины, возраст пациентов преимущественно находился в диапазоне от 40 до 70 лет, а повреждения возникали чаще в правом плечевом суставе и доминирующей руке. Эти данные соотносятся с ранее опубликованными исследованиями о распространенности и факторах риска повреждений вращательной манжеты [1–3].

Полученные данные о том, что невосстановимые разрывы статистически значимо чаще развиваются при повреждении задне-верхней части ротаторов и вовлечении большого числа сухожилий, отлично подчеркивают опубликованные ранее анатомо-биомеханические исследования, посвященные прогрессирующую разрывов [33–35].

Результаты исследования R. Furuhashi и соавт., демонстрирующие важную роль целостности нижней части крепления подлопаточной мышцы и количества вовлеченных сухожилий в развитии функциональных нарушений в виде нарушения активной элевации верхней конечности, также подтвердились и в ходе нашего исследования [26].

Исследование P.J. Denard продемонстрировало, что основным фактором риска развития ППVK является вовлечение точек крепления «ротаторного кабеля» [25]. В нашем исследовании, в отличие от данного исследования, мы рассматривали область передней точ-

ки крепления как две отдельные структуры, что позволило подтвердить важность целостности медиального удерживателя сухожилия длинной головки бицепса в обеспечении нормальной биомеханики плечевого сустава. Также подтвердился тот факт, что вовлечение в разрыв большого числа точек крепления «ротаторного кабеля» значимо усугубляет проявления ППVK.

Публикации P. Collin и S. Bauer, которые подчеркивали важную роль целостности сухожилия подлопаточной мышцы и сохранения, по крайней мере, одного функционирующего мышечно-сухожильного узла в каждом из сегментов (верхнем, передне-верхнем и задне-верхнем) вращательной манжеты, также нашли подтверждение в результатах нашего исследования [16, 17, 36]. Более того, наше исследование было направлено на более глубокое изучение корреляции локализации повреждений с учетом вовлеченности структур ротаторного кабеля в разрыв и функциональных нарушений в плечевом суставе, тем самым подчеркивая, что при частичном восстановлении вращательной манжеты важно рефиксировать точки крепления ротаторного кабеля, за счет чего обеспечиваются условия для максимального приближения биомеханики плечевого сустава к нормальной.

Стоит отметить, что накопление большого числа исследований, посвященных изучению нарушений функции и биомеханики плечевого сустава, является фундаментом для дальнейших исследований, направленных на разработку новых и усовершенствование существующих методик реконструктивных вмешательств по поводу повреждений вращательной манжеты.

## Заключение

Полученные данные демонстрируют, что массивные невосстановимые разрывы вращательной манжеты плечевого сустава с тяжелыми повреждениями сухожилия подлопаточной мышцы являются наиболее грозными с точки зрения нарушения нормальной биомеханики и, как следствие, развития псевдопаралича верхней конечности.

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

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

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding:** no funding or sponsorship was received for this study.

## Список литературы

1. *Tashjian R.Z.* Epidemiology, natural history, and indications for treatment of rotator cuff tears. *Clin Sports Med.* 2012; 31 (4): 589–604. doi: 10.1016/j.csm.2012.07.001.
2. *Wani Z., Abdulla M., Habeebullah A., Kalogriantis S.* Rotator cuff tears: Review of epidemiology, clinical assessment and operative treatment. *Trauma* 2016; 18 (3): 190–204. doi: 10.1177/1460408615596770.
3. *Yamamoto A., Takagishi K., Osawa T. 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.
4. *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.
5. *Blevins F.T., Djurasovic M., Flatow E.L., Vogel K.G.* Biology of the rotator cuff tendon. *Orthop. Clin. North Am.* 1997 Jan; 28 (1): 1–16. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70260-1.
6. *Neer C.S. 2<sup>nd</sup>, Craig E.V., Fukuda H.* Cuff-tear arthropathy. *J. Bone Joint Surg Am.* 1983; 65 (9): 1232–1244. doi: 10.2106/00004623-198365090-00003.
7. *Burkhart S.S.* Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears: clinical results and biomechanical rationale. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1991; 267: 45–56. doi: 10.1097/00003086-199106000-00006.
8. *Burkhart S.S., Esch J.C., Jolson R.S.* The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge". *Arthroscopy.* 1993; 9 (6): 611–616. doi: 10.1016/s0749-8063(05)80496-7.
9. *Lafosse L., Reiland Y., Baier G.P., Toussaint B., Jost B.* Anterior and posterior instability of the long head of the biceps tendon in rotator cuff tears: a new classification based on arthroscopic observations. *Arthroscopy* 2007; 23 (1): 73–80. doi: 10.1016/j.arthro.2006.08.025.
10. *Habermeyer P., Magosch P., Pritsch M., Scheibel M.T., Lichtenberg S.* Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2004; 13 (1): 5–12. doi: 10.1016/j.jse.2003.09.013.
11. *Williams M.D., Lädermann A., Melis B., Barthelemy R., Walch G.* Fatty infiltration of the supraspinatus: a reliability study. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18 (4): 581–587. doi: 10.1016/j.jse.2008.12.014.
12. *Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Каданцев П.М., Макарьева О.В., Бурцев М.Е., Рязанцев М.С., Магнитская Н.Е., Фролов А.В., Королев А.В.* Особенности диагностики частичных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России* 2019; 25 (2): 143–149. [*Logvinov A.N., Ilyin D.O., Kadantsev P.M., Makarieva O.V., Burtsev M.E., Ryazantsev M.S., Magnitskaya N.E., Frolov A.V., Korolev A.V.* Features of Partial Rotator Cuff Tears Diagnostics. *Traumatology and Orthopedics of Russia* 2019; 25 (2): 143–149 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-143-149.
13. *Лазко М.Ф., Призов А.П., Лазко Ф.Л., Беляк Е.А., Маглареперидзе И.Г., Кузнецов А.В., Ахпашев А.А., Скипенко Т.О.* Лечение больших, массивных невосстановливаемых повреждений вращательной манжеты плечевого сустава. *Клиническая практика.* 2019; 10 (4): 74–80. [*Lazko M.F., Prizov A.P., Lazko F.L., Belyak E.A., Maglaperidze I.G., Kuznetsov A.V., Akhpashev A.A., Skipenko T.O.* Treatment of Large, Massive Irreparable Rotator Cuff Tears. *Journal of Clinical Practice.* 2019; 10 (4): 74–80 (In Russ.)]. doi: 10.17816/clinpract18925.
14. *Huffman G.R., Romeo A.A.* Massive rotator cuff tear. *Orthopedics* 2013; 36 (8): 625–627. doi: 10.3928/01477447-20130724-08.
15. *Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Румакин В.П., Овчаренко А.Б.* Что происходит с сухожильной и мышечной тканями вращательной манжеты плеча при полнослойном разрыве: данные МРТ, артроскопического и гистологического исследований. *Травматология и ортопедия России* 2014; 20 (3): 93–103. [*Dokolin S.Y., Kuz'muna V.I., Rumakin V.P., Ovcharenko A.B.* What results in tendon and muscle tissues of the rotator cuff from full-thickness tears: data of MRI, arthroscopy and histology. *Traumatology and Orthopedics of Russia* 2014; 20 (3): 93–103 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-93-103.
16. *Tokish J.M., Alexander T.C., Kissenberth M.J., Hawkins R.J.* Pseudoparalysis: a systematic review of term definitions, treatment approaches, and outcomes of management techniques. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2017; 26 (6): e177–e187. doi: 10.1016/j.jse.2017.02.024.
17. *Bauer S., Okamoto T., Babic S.M., Coward J.C., Coron C.M.P.L., Blakeney W.G.* Understanding shoulder pseudoparalysis: Part I: Definition to diagnosis. *EFORT Open Rev.* 2022; 7 (3): 214–226. doi: 10.1530/EOR-21-0069.
18. *Collin P., Matsumura N., Lädermann A., Denard P.J., Walch G.* Relationship between massive chronic rotator cuff tear pattern and loss of active shoulder range of motion. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2014; 23 (8): 1195–1202. doi: 10.1016/j.jse.2013.11.019.
19. *Rosler H.* Ruptures in the rotator aponeurosis (author's transl). *Z. Orthophr Grenzgeb* 1976; 114: 282–294.
20. *Gschwend N., Ivosević-Radovanović D., Patte D.* Rotator cuff tear — relationship between clinical and anatomopathological findings. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* (1978) 1988; 107 (1): 7–15. doi: 10.1007/BF00463518.
21. *Oh J.H., Kim S.H., Shin S.H. et al.* Outcome of Rotator Cuff Repair in Large-to-Massive Tear With Pseudoparalysis: A Comparative Study With Propensity Score Matching. *The American Journal of Sports Medicine* 2011; 39 (7): 1413–1420. doi: 10.1177/0363546511399865.
22. *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: 1476–1486. doi: 10.2106/JBJS.D.02342.
23. Berhouet J., Collin P., Benkalfate T. et al. Massive rotator cuff tears in patients younger than 65 years: epidemiology and characteristics. *Orthop Traumatol. Surg. Res.* 2009; 95 (4 suppl. 1): S13–S18. doi: 10.1016/j.otsr.2009.03.006.
  24. Rhee Y.G., Cho N.S., Song J.H., Park J.G., Kim T.Y. Volumetric evaluation of the rotator cuff musculature in massive rotator cuff tears with pseudoparalysis. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2017; 26 (9): 1520–1526. doi: 10.1016/j.jse.2017.03.017.
  25. Denard P.J., Koo S.S., Murena L., Bukhart S.S. Pseudoparalysis: the importance of rotator cable integrity. *Orthopedics* 2012; 35 (9): 1353–1357. doi: 10.3928/01477447-20120822-21.
  26. Furuhashi R., Matsumura N., Oki S., Kimura H., Suzuki T., Iwamoto T., Matsumoto M., Nakamura M. Risk Factors for Loss of Active Shoulder Range of Motion in Massive Rotator Cuff Tears. *Orthop J. Sports Med.* 2022; 10 (1): 23259671211071077. doi: 10.1177/23259671211071077.
  27. Колышенков В.А., Ответчикова Д.И., Фесюн А.Д. Анализ биомеханических нарушений у пациентов с повреждением вращательной манжеты плечевого сустава. *Российский журнал восстановительной медицины* 2021; 2: 4–8. [Kolysheikov V.A., Otvetchikova D.I., Fesyun A.D. Analysis of biomechanical disorders in patients with rotator cuff injuries. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine* 2021; 2: 4–8 (In Russ.).]
  28. Кутя С.А., Ткач А.В. Функциональная анатомия плечевого сустава в норме и при повреждении вращательной манжеты. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины* 2019; 9 (3): 61–67. [Kutia S.A., Tkach A.V. Functional anatomy of the shoulder joint in normal conditions and with the rotator cuff tear. *Krymskij zhurnal jeksperimental'noj i klinicheskoy mediciny* 2019; 9 (3): 61–67 (In Russ.).]
  29. 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. doi: 10.1097/00003086-199407000-00014.
  30. Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin. Orthop Relat Res.* 1990; 254: 81–86. doi: 10.1097/00003086-199005000-00012.
  31. Lafosse L., Jost B., Reiland Y., Audebert S., Toussaint B., Gobezie R. Structural integrity and clinical outcomes after arthroscopic repair of isolated subscapularis tears. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2007; 89 (6): 1184–1193. doi: 10.2106/JBJS.F.00007.
  32. Toussaint B., Barth J., Charousset C., Godeneche A., Joudet T., Lefebvre Y., Nove-Josserand L., Petroff E., Solignac N., Hardy P., Scymanski C., Maynou C., Thelu C.-E., Boileau P., Graveleau N., Audebert S. New endoscopic classification for subscapularis lesions. *Orthop. Traumatol Surg. Res.* 2012; 98 (8): 186–192. doi: 10.1016/j.otsr.2012.10.003
  33. Mesiha M.M., Derwin K.A., Sibole S.C., Erdemir A. McCarron J.A. The biomechanical relevance of anterior rotator cuff cable tears in a cadaveric shoulder model. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013; 95 (20): 1817–1824. doi: 10.2106/JBJS.L.00784.
  34. Kim H.M., Dahiya N., Teefey S.A., Keener J.D., Galatz L.M., Yamaguchi K. Relationship of tear size and location to fatty degeneration of the rotator cuff. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2010; 92 (4): 829–839. doi: 10.2106/JBJS.H.01746.
  35. Roache P.B. Anterior Cable Tears in Arthroscopic Rotator Cuff Repairs. *Arthrosc. Sports Med. Rehabil.* 2021; 3 (3): 695–705. doi: 10.1016/j.asmr.2021.01.007.
  36. Coward J.C., Bauer S., Babic S.M., Coron C., Okamoto T., Blakely W.G. Understanding shoulder pseudoparalysis. Part II: Treatment. *EFORT Open Rev.* 2022; 7 (3): 227–239. doi: 10.1530/EOR-21-0070.

Поступила в редакцию: 22.03.2024 г.

### Сведения об авторах:

Шершнеv Андрей Максимович — аспирант ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: andreysheersh@gmail.com; ORCID 0000-0001-6623-2144;

Доколин Сергей Юрьевич — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: sdokolin@gmail.com; ORCID 0000-0003-1890-4342;

Кузьмина Владислава Игоревна — кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: tasha\_777@bk.ru; ORCID 0000-0001-7866-5545;

Стафеев Дмитрий Викторович — кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: stafeevd@gmail.com; ORCID 0009-0001-4332-2574;

Кутузов Матвей Олегович — врач — травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: kutuzovsky1995@gmail.com; ORCID 0000-0001-8746-5414.

### Заявленный вклад авторов:

А.М. Шершнеv — разработка концепции и дизайна, сбор и обработка материала, интерпретация и анализ полученных данных, поиск научной литературы по теме, подготовка текста.

С.Ю. Доколин — разработка концепции и дизайна, интерпретация и анализ полученных данных, поиск научной литературы по теме, редактирование.

В.И. Кузьмина — поиск научной литературы по теме, сбор и обработка материала.

Д.В. Стафеев — поиск научной литературы по теме, сбор и обработка материала.

М.О. Кутузов — поиск научной литературы по теме, сбор и обработка материала.

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.