

АРТРОДЕЗ – КЛЮЧ К РЕШЕНИЮ СЛОЖНЫХ ПРОБЛЕМ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

ARTHRODESIS – A KEY TO DECISION OF THE MOST DIFFICULT PROBLEMS IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF SHOULDER JOINT

Герашенко Н.И. Воронкевич И.А.
Gerashchenko N.I. Voronkevich I.A.

ФГБУ РНИИТО им. П.П. Вредена
Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия
Vreden Russian Research Institute
of Traumatology and Orthopedics,
Saint Petersburg, Russia

В настоящее время возрождается интерес к применению артродеза плечевого сустава при наиболее тяжелых разрушениях плечевого сустава. Эндопротезирование плечевого сустава, особенно с использованием реверсивных систем, значительно более популярно, применяется шире, чаще и позволяет достичь большего объема движений. Однако при возникновении показаний к ревизионной операции у части пациентов выявляют противопоказания к эндопротезированию. Именно у них современный артродез плечевого сустава показал себя в качестве эффективной ревизионной опции.

Цель – на основании данных литературы оценить современное состояние проблемы артродеза плечевого сустава.

Материалы и методы. В представленном обзоре, посвященном артродезу плечевого сустава и конкурирующих с ним вмешательствах, проведен анализ научных работ за последние 40 лет. Рассмотрены показания к операции, развитие хирургических методик, стабильность фиксации, а также плечелопаточные пространственные соотношения при функционально выгодном анкилозе.

Результаты. Анализ публикаций показал, что всего пять методик артродеза плечевого сустава актуальны и применяются в клиниках мира. И при любой методике в случае успеха формирование анкилоза в функционально выгодном положении дает сравнимые положительные результаты, заключающиеся в купировании болевого синдрома и восстановлении силы верхней конечности, причем без тенденции к ухудшению в среднесрочной перспективе. Их дальнейшее развитие привело к появлению специальной методики и имплантата, которые решают проблему стабильности фиксации и помогают достижению функционально выгодного положения для формирования анкилоза.

Выводы. На сегодняшний день операция артродеза плечевого сустава восстанавливает свою актуальность и применяется на новом технологическом уровне, причем в ряде случаев является методом выбора. Проанализированные данные указывают на ряд вопросов, требующих уточнения, а именно методики интраоперационного позиционирования верхней конечности, методики стабильной фиксации плечевой кости к лопатке. Требуют уточнения показаний к артродезу так называемые спорные случаи: тяжелая артропатия плечевого сустава на фоне невосстановимого повреждения подкрыльцового нерва, последствия огнестрельных переломов этой локализации, а также инфицированные околосуставные псевдоартрозы.

Ключевые слова: артродез; анкилоз плечевого сустава в функционально выгодном положении; эндопротез плечевого сустава; реверсивное эндопротезирование плеча; повреждения подкрыльцового нерва; парез плечевого сплетения; остеосинтез; стабильность фиксации.

Currently, one can observe the increasing interest to use of shoulder joint arthrodesis in most severe disorders of the shoulder joint. Shoulder joint endoprosthesis, especially with reverse systems, is much more popular. It results in higher volume of motions. However, if the indications for revision surgery appear, the contraindications for surgery can be found in some patients. For such patients, the modern arthrodesis of the shoulder joint showed itself as efficient revision option.

Objective – to estimate the modern state of the problem of shoulder joint arthrodesis on the basis of the literature data.

Materials and methods. The presented review of shoulder joint arthrodesis and concurrent interventions included the analysis of the studies for the last 40 years. The surgery indications, development of surgical techniques, stability of fixation, and humeroscapular spatial relationships in functionally profitable ankylosis were reviewed.

Results. The analysis of publications showed the actuality of all five techniques of shoulder joint arthrodesis and their wide use in clinics of the world. In any successful use of any technique, formation of ankylosis in functionally profitable position gives the comparable positive results consisting in correction of pain syndrome and in restoration of the strength of the upper extremity without a trend to worsening in the medium term. Their subsequent improvement resulted in a special technique and the implant which solved the problem of fixation stability and achievement of functional position for ankylosis formation.

Conclusion. Currently, shoulder joint arthrodesis is reestablishing its actuality at new technological level. Moreover, it is the method of choice in some cases. The analyzed data shows some issues, which require for clarification: intrasurgical positioning of the upper extremity, stable fixation of the shoulder to the scapula. So called disputable cases require for clarification of indications for arthrodesis: severe shoulder arthropathy at the background of unrecoverable injury to the axillary nerve, consequences of gun-shot injuries in this location, and infected periarticular pseudoarthrosis.

Key words: arthrodesis; shoulder ankylosis in functional position; shoulder joint endoprosthesis; reverse shoulder endoprosthesis; axillary nerve injury; brachial plexus paresis; fixation stability.



Для цитирования: Герашенко Н.И., Воронкевич И.А. АРТРОДЕЗ – КЛЮЧ К РЕШЕНИЮ СЛОЖНЫХ ПРОБЛЕМ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2019. № 4, С. 85-95. Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/177>

Артродез плечевого сустава — это операция, целью которой является формирование стабильного плечелопаточного анкилоза в функционально выгодном положении [41, 44, 62]. Артродез плечевого сустава впервые выполнен и описан чешским хирургом-ортопедом Eduard Albert в 1884 году. Им же впервые проведено успешное формирование плечелопаточного анкилоза при многоплоскостной рецидивирующей нестабильности плечевого сустава с помощью костной аутопластики и фиксации верхней конечности торакобрахиальной повязкой [42]. В 1933 году Putti описал схожую методику артродеза плечевого сустава при последствиях туберкулезного омартрита [48]. В этом же году Watson-Jones впервые описывает методику внесуставного артродеза плечевого сустава [49]. В 1955 году Charles Neer представляет методику гемиартропластики плечевого сустава эндопротезом собственной конструкции, которая значительно сокращает число операций артродеза, но все же не решает проблему восстановления функции верхней конечности в ряде тяжелых случаев, таких как невосстановимые повреждения ротаторной манжеты, тракционные повреждения подмышечного нерва [63]. В 1985 году Paul Grammount предлагает решение проблемы восстановления амплитуды движений в плечевом суставе при полном или частичном отсутствии мышц ротаторной манжеты, создав, апробировав и внедрив в клинику первый реверсивный эндопротез, предназначенный для лечения широкого спектра патологии плечевого сустава, связанной с субтотальной или тотальной потерей функции ротаторной манжеты [34]. Механизм работы этой системы основан на изменении биомеханики плечевого сустава за счет низведения и медиализации его центра ротации. Это изменило направление сил, увеличило плечо рычага, ответственного за отведение, и обеспечило дельтовидной мышце новую возможность — отведение плеча из крайней нижней точки. Это отчасти заменило собой функцию ротатор-

ной манжеты и привело к увеличению силы отведения верхней конечности [34, 35]. С появлением реверсивного эндопротеза значительно улучшились результаты оперативного лечения сложной патологии плечевого сустава, такой как остеоартрит на фоне массивных разрывов ротаторной манжеты, многоплоскостная рецидивирующая нестабильность, тяжелый посттравматический остеоартрит. Обязательным условием применения данной металлоконструкции является сохранение удовлетворительной функции дельтовидной мышцы за счет ненарушенной иннервации [34].

Именно поэтому пациенты с повреждениями подкрыльцового нерва, плечевого сплетения или атрофией дельтовидной мышцы, возникшими вследствие различных причин, не могут быть оперированы при помощи реверсивного эндопротеза, так как при отсутствии функции дельтовидной мышцы исчезает главный двигательный механизм данной системы. Таким пациентам эндопротезирование противопоказано [34].

Таким образом, успехи в развитии эндопротезирования лишь временно потеснили операцию артродеза. Значительной части пациентов выполнение реверсивного эндопротезирования противопоказано. Это больные, у которых в результате тяжелых травм и заболеваний произошло невосстановимое повреждение дельтовидной мышцы или подкрыльцового нерва. Отдельно рассматриваются пациенты с сохранной функцией подкрыльцового нерва и дельтовидной мышцы, у которых имеются так называемые социальные показания к эндопротезированию: это лица тяжелого физического труда, которые не могут сменить профессию. Для таких пациентов единственным решением, позволяющим сохранить функцию верхней конечности в оптимальных пределах для самообслуживания, является артродез [16, 21, 23]. Следует отметить, что операция артродеза также прошла ряд модернизаций, приведших к увеличению ее эффективности и технологичности. Эти изменения позволяют пересмотреть парадигму

артродеза как калечащей операции, а в ряде случаев рассматривать ее в качестве операции выбора [1, 4, 6-8, 10, 13, 14, 18, 40, 46, 50].

Цель настоящего обзора — на основании данных литературы оценить современное состояние проблемы артродеза плечевого сустава. В ходе анализа планируется уточнить общие показания к артродезу плечевого сустава, эволюцию методик, современные показания к частным методикам, их эффективность, особенности оперативных техник, анатомо-функциональные результаты.

В настоящее время отмечается устойчивый рост хирургической активности по отношению к плечевому суставу, связанный как с появлением новых технологий, конструкций для остеосинтеза и эндопротезирования, так и с уточнением тактических подходов при лечении различных травм и заболеваний [1-3]. Несмотря на значительные успехи хирургического лечения травм и заболеваний плечевого сустава, существует категория пациентов с так называемой тяжелой патологией, при лечении которой традиционные хирургические техники показывают низкую эффективность [4-6]. Так, Dimmen S. с соавторами (2007) в своей работе анализирует 15-летние результаты артродеза по стандартной методике АО с применением двух реконструктивных пластин у 18 пациентов. Автор отмечает, что у 9 пациентов сохраняются периодические боли, у 2 рентгенологически выявлено несращение, у 1 — септическая нестабильность металлоконструкции [8]. В ежегодном отчете Австралийского регистра артропластики за период 2008-2016 годов проанализированы результаты 15 781 наблюдения реверсивного эндопротезирования плечевого сустава, сообщается о 582 ревизионных вмешательствах, при этом в обзоре не указаны исходы ревизионных операций [9]. Артродез плечевого сустава является серьезным решением для хирурга, потому что операция приводит к необратимым анатомо-функциональным изменениям как в плечевом суставе, ликвидируя его как анатомическое образование, так и в верхней конечности в целом, меняя

ее биомеханику [7, 8]. Несмотря на всю радикальность, артродез плечевого сустава в ряде случаев является операцией выбора [7, 10, 11].

ПОКАЗАНИЯ К ОПЕРАЦИИ

По современным представлениям показаниями для артродеза плечевого сустава в настоящее время являются: последствия переломов и переломовывихов проксимального отдела плеча с полным необратимым выпадением функции аксиллярного нерва, подтвержденным данными электронейромиографии [41, 43, 44]; последствия повреждения плечевого сплетения с сохранной функцией кисти либо как способ стабилизации плечевого сустава перед реконструкцией плечевого сплетения [5, 41, 43]; последствия огнестрельных переломов области плечевого сустава [17]; последствия безуспешных ревизионных вмешательств по поводу инфекционных и неинфекционных осложнений эндопротезирования плечевого сустава при невозможности проведения ревизионного эндопротезирования [18]; дегенеративно-дистрофические заболевания плечевого сустава у лиц тяжелого физического труда, при высоких требованиях к нагрузке и невозможности смены профессии; опухоли проксимальной области плечевого сустава, после резекции которых эндопротезирование с приемлемым функциональным результатом невозможно [22, 47].

Проблема посттравматической нейропатии аксиллярного нерва с параличом дельтовидной мышцы и рецидивирующей нестабильности плечевого сустава нашла широкое отражение в публикациях ряда авторов. В своей работе Thangarajah T. с соавторами (2014) сообщают о результатах 6 операций артродеза плечевого сустава у пациентов с последствиями вывихов и нестабильностью плечевого сустава на фоне эпилептических припадков. Авторы отмечают формирование костного блока во всех случаях, высокую эффективность методики, проявляющуюся в отсутствии рецидивов нестабильности, улучшение функциональных результатов по Оксфордской шкале нестабильности для плечевого сустава [12]. Diaz J.A. с соавторами

(2003) в своей работе, посвященной анализу результатов артродеза плечевого сустава у 8 пациентов с рецидивирующей многоплоскостной нестабильностью плечевого сустава, ранее перенесших различные виды стабилизирующих операций, отмечают отсутствие рецидивов нестабильности в отдаленном периоде (35 месяцев после операции) [13]. Tomaino M.M. (2000) описывает двух пациентов с массивными посттравматическими дефектами проксимального отдела плеча, которым был выполнен артродез винтами и пластиной с применением свободного костного аутотрансплантата малоберцовой кости. В обоих случаях у пациентов наступило формирование анкилоза, появилась возможность совершать безболезненные движения рукой, достаточные для самообслуживания [14].

Большинство авторов уделяют особое внимание роли артродеза в комплексе хирургического лечения последствий травмы плечевого сплетения. В крупной работе, основанной на анализе функциональных исходов 54 операций артродеза у двух групп пациентов с полным (группа 1) и неполным (группа 2) повреждением плечевого сплетения Atlan F. с группой соавторов (2012) отслежили отдаленные результаты через 37 месяцев после операции. До операции у всех пациентов отсутствовали активные движения в плечевом суставе. В результате исследования авторы отметили 51 формирование анкилоза, 3 несращения, потребовавших ревизионной костной аутопластики. Функциональные результаты операции были следующими: средняя амплитуда отведения 57 градусов у группы 1, 67 – у группы 2. При этом средняя амплитуда отведения составила более 45 градусов, амплитуда ротации составила 50 градусов у группы 1, 46 – у группы 2, и в 35 случаях была более 45 градусов [7]. В исследовании Chammas M. с соавторами (2004) проанализированы функциональные результаты артродеза плечевого сустава у 27 пациентов с частичным (11 пациентов) и полным (12 пациентов) повреждением плечевого сплетения. Авторы приходят к выводу, что артродез

плечевого сустава приводит к значительному улучшению качества жизни. Лучшие функциональные результаты достигнуты у пациентов с сохранной функцией кисти [15]. Rtaimate M. с соавторами (2002) исследовали качество жизни у 15 пациентов, которым по поводу полного повреждения плечевого сплетения выполнен артродез плечевого сустава с 1981 по 1997 год. Авторы сообщают, что все оперированные пациенты могут совершать движения верхней конечностью, необходимые для самообслуживания, а средний вес, который они могут носить в руке, равен 5,2 кг, что превышает допустимую нагрузку на верхнюю конечность при эндопротезировании [16].

При лечении тяжелых огнестрельных ранений области плечевого сустава артродез заслуженно занимает важнейшую роль, поскольку эндопротезирование в условиях инфекции и повреждений мягких тканей после огнестрельного перелома области плечевого сустава очень ограничено. За годы Великой Отечественной войны накоплен большой материал, касающийся огнестрельных ранений области плечевого сустава. Маят В.С. (1953) на основании анализа данных раненых и погибших отмечает, что огнестрельные ранения плечевого сустава составляют 20,4 % от общего числа ранений крупных суставов [68]. Кириллов Б.П. (1948), Фридланд М.О. (1953) оценили исходы огнестрельных ранений области плечевого сустава, при этом процент осложнений был крайне высоким и составил 28,8 %. Исходы ранений были следующими: анкилозы в функционально невыгодном положении сформировались у 5,6 % раненых, гнойная инфекция развилась у 41,2 % [69, 70]. Во время вооруженного конфликта в Республике Афганистан, по данным Аверкиева В.А. (1988), частота огнестрельных ранений плечевого сустава составила 11,2 %, гнойные осложнения наблюдались у 35,8 % раненых. По данным Военно-медицинского музея МО РФ, за периоды ведения боевых действий в Афганистане и Чеченской республике к сентябрю 1996 года поступило соответственно 179 и 39 историй бо-

лезни раненных в плечевой сустав. Их анализ показал, что гнойные осложнения наблюдали у 30,4 % раненных, сращение с образованием анкилоза — у 31,8 %, восстановление функции сустава отмечено у 6,9 %, резкое ограничение функции сустава имело место в 93,1 % наблюдений, контрактуры наблюдались у 61,7 %, болтающийся плечевой сустав — у 6,2 % раненных. Основными причинами осложнений являлись: отсутствие первой врачебной, а часто и первой медицинской помощи раненым с поздней доставкой пострадавших в госпиталь, что существенно сказывалось на частоте развития осложнений (шок, гнойные осложнения); недостаточность хирургической подготовки врачей по военно-полевой хирургии, которая приводила к нерадикальной хирургической обработке ран суставов; излишний радикализм при

хирургической обработке оскольчатых переломов, который приводил к образованию обширных дефектов костей после резекций.

По данным Шаповалова В.М. (2000), анализ 12 000 историй болезни раненных в ходе локального конфликта в Афганистане показал, что огнестрельные ранения конечностей составили от 54 до 70 % в структуре боевой травмы, из них ранения области плечевого сустава отмечены в 17,4 % случаев [73].

По данным Шаповалова В.М., Аверкиева В.А. (2000) анализ структуры осложнений огнестрельных ранений плечевого сустава за период 1-го и 2-го вооруженных конфликтов в Чеченской республике выявил 164 раненных в область плечевого сустава, из них гнойные осложнения развились у 53 (32,3 %). При этом авторы отмечают, что частота развития ос-

ложнений прямо пропорционально зависела от характера повреждения кости. При оскольчатых и раздробленных переломах гнойные осложнения диагностировались практически у половины раненных [72].

Подробный анализ структуры боевых повреждений верхней конечности в период 1-го и 2-го вооруженных конфликтов на Северном Кавказе проведен коллективом кафедры военной травматологии и ортопедии ВМА им. С.М. Кирова. Структура ранений представлена в таблице 1.

В представленной структуре ранений отдельно можно выделить такие группы, как раненные с повреждениями магистральных нервов области плечевого сустава и ранения собственно плечевого сустава, как потенциальных кандидатов для первичного артродеза плечевого сустава.

Таблица 1

Частота ранений области плечевого сустава период в период 1-го и 2-го вооруженных конфликтов на Северном Кавказе (данные ВМедА им. С.М. Кирова) [72, 73]

Table 1

Incidence of shoulder joint injuries during the first and second war conflicts in North Caucasus (the data of Kirov Military Medical Academy) [72, 73]

Характер ранения Characteristics of wounds	1994-1996 (%)	1999-2002 (%)
Ранения мягких тканей плеча Shoulder soft tissue injuries	17.6	18.6
Ранения плеча с повреждением костей Shoulder injuries with bone damages	6.1	7.6
Ранения плечевого сустава Shoulder joint injuries	0.8	1.3
Ранения плеча с повреждением магистральных сосудов Shoulder injuries with magistral vessel damage	4.7	3.9
Ранения плеча с повреждением магистральных нервов Shoulder injuries with magistral nerve damage	2.8	3.1
Разрушение (отрыв) конечности на уровне плеча Damage (rupture) of extremity at shoulder level	0.5	0.3
Ушиб мягких тканей плеча Shoulder soft tissue contusion	0.7	0.8
Закрытый перелом плечевой кости Closed fracture of shoulder	0.9	1.3
Открытый перелом плечевой кости Opened fracture of shoulder	0.4	-
Закрытые повреждения плечевого сустава Closed injuries to shoulder	1.8	2.4
Закрытые повреждения плеча с повреждением магистральных сосудов Closed injuries to shoulder with magistral vessel damages	1.1	0.3
Закрытые повреждения плеча с повреждением магистральных нервов Closed shoulder injuries with magistral nerve damage	0.5	0.3
Повреждения плеча с признаками синдрома сдавления Shoulder injuries with signs of crushing syndrome	0.2	0.3

В работе Zsoldos С.М. с соавторами (2013) сообщается о результатах лечения 7 пациентов с огнестрельными ранениями плечевого сустава с массивным разрушением проксимального отдела плеча. Четверем пациентам выполняли первичную гемиартропластику, трем — первичный артродез. По прошествии 44 месяцев авторами проведена оценка амплитуды активных движений. Так, у пациентов, перенесших первичную гемиартропластику, средняя амплитуда отведения составила 38 градусов, сгибания — 48 градусов, наружной ротации — 4 градуса; 1 пациент этой группы перенес ревизионную операцию. У трех пациентов, которым выполнялся первичный артродез, средняя амплитуда отведения составила 58 градусов, сгибания — 98 градусов, наружной ротации — 12 градусов. В работе убедительно доказано, что артродез плечевого сустава, направленный на формирование анкилоза в функционально выгодном положении характеризуется более высоким и стойким анатомо-функциональным результатом. При этом все пациенты с анкилозом вернулись к привычному труду [17].

В ряде случаев нестабильности эндопротезов плечевого сустава структурные изменения дельтовидной мышцы, проксимального отдела плечевой кости и суставного отростка лопатки ставят перед хирургом, выполняющим ревизионные вмешательства по поводу инфекционных и неинфекционных осложнений эндопротезирования плечевого сустава, задачу, практически невыполнимую с точки зрения восстановления нормальной анатомии и биомеханики плечевого сустава. Недостаточность дельтовидной мышцы, массивные дефекты суставного отростка лопатки и проксимального отдела плечевой кости подчас бывают настолько выраженными, что выполнение ревизионного эндопротезирования либо становится невозможным технически, либо сопровождается высоким риском послеоперационных осложнений, в первую очередь вывихов. Scalise J.J. (2008) сообщает о 7 пациентах, которым был выполнен артродез плечевого

сустава после инфекционных осложнений первичного эндопротезирования с формированием массивных костных дефектов суставного отростка и проксимального отдела плечевой кости. У всех пациентов достигнуто формирование анкилоза, однако у 2 этот процесс был замедленным и занял 6 месяцев. Хороший функциональный результат выражался в регрессе болевого синдрома и приросте баллов по Penn Shoulder Score [18]. Kager J. (2011) сообщает о 2 случаях артродеза плечевого сустава у пациентов с перенесенным гнойным омаритом. Артродез по методике АО был выполнен с костной аутопластикой трансплантатом из гребня подвздошной кости. Десятилетнее наблюдение за пациентами показало, что операция восстановила объем движений, необходимый для самообслуживания, избавила пациентов от боли [19] без тенденции к нарушению достигнутой функции. В своей оригинальной статье Alta T.D. (2016) указывает на возможность мобилизации плечелопаточных анкилозов при пересмотре данных электронной миографии, однако прирост функции при этом остается низким, а риск развития осложнений — высоким [20].

В ортопедической хирургии операции по поводу злокачественных опухолей отличаются крайней радикальностью и часто сопровождаются неизбежным формированием обширных дефектов области верхней трети плеча и плечевого сустава, которые затрудняют имплантацию эндопротезов. Но даже если имплантацию искусственного сустава удастся осуществить, мышечная недостаточность создает неблагоприятные условия для функционирования эндопротеза. В последующем недостаточная функциональная нагрузка верхней конечности может привести к потере костной массы суставного отростка лопатки и проксимального отдела плечевой кости и последующему развитию расшатывания эндопротеза плечевого сустава. Mimata Y. (2016) сообщает об успешной резекции единым блоком с частью дельтовидной мышцы злокачественных опухолей области плечевого сустава с последующим замещением по-

стрезекционных дефектов свободными аутотрансплантатами из малоберцовой кости и выполнением артродеза пластиной. Автор доказывает, что данная операция является единственной возможной у таких пациентов [21]. Padiolleau G. с соавторами (2014) анализируют функциональные результаты лечения 12 пациентов, которым выполнена резекция злокачественной опухоли области плечевого сустава с одномоментным артродезом. Средний срок наблюдения составил 5 лет. Результаты оценивали рентгенологически и функционально при помощи шкал Musculo Skeletal Tumour Society (MSTS) score and Toronto Extremity Salvage Score (TESS). Авторы сообщают о 87,5 % формирования анкилоза, MSTS 70 % восстановления функции и TESS 70 % функции. Авторы отмечают высокую эффективность данной операции и по сути ее безальтернативность [22].

Артродез как альтернатива эндопротезированию плечевого сустава может рассматриваться в случае невозможности смены профессии пациентами, которые страдают посттравматическим, ревматоидным, идиопатическим омартозом с выраженным болевым синдромом [23]. Иными словами, артродез у таких пациентов выполняется по социальным показаниям. Причиной этому служит факт лимита весовой нагрузки после эндопротезирования плечевого сустава, отмеченный рядом авторов [24-27]. Большинство фундаментальных работ, в которых проводится анализ результатов артродеза по поводу дегенеративных заболеваний, датируются 1960-1980-м годами. В то время артродез был основной операцией при тяжелом дегенеративном процессе в плечевом суставе. В фундаментальной работе Cofield R.H. (1979) анализирует результаты 71 артродеза плечевого сустава, выполненного по поводу дегенеративных заболеваний плечевого сустава. Авторы отмечают, что у 17 пациентов отмечено расшатывание металлоконструкции, а у 10 пациентов зафиксирован перелом внутренних фиксаторов. В общей сложности авторами выполнено 27 ревизионных операций

по поводу несостоятельности первичной фиксации при артродезе плечевого сустава. Несмотря на высокую долю осложнений, вероятно, связанную с несовершенством имплантатов, авторы отмечают, что формирование анкилоза во всех случаях приводит к хорошему функциональному результату и удовлетворенности пациента, что подтверждается даже через 10 лет после операции [28]. Souter W.A. (1983) указывает на возможность выполнения артродеза у пациентов с ревматоидным омаритом, считая данную операцию полезной и радикальной опцией для устранения болевого синдрома [31]. Wilde A.H. с соавторами (1987) считают артродез плечевого сустава более безопасной и надежной операцией у пациентов с дегенеративными поражениями плечевого сустава в условиях высоких требований к весовой нагрузке, чем эндопротезирование [30].

ХИРУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРТРОДЕЗА

Существуют различные техники выполнения артродеза плечевого сустава. По мере воздействия на структуры плечевого сустава их можно разделить на внесуставные, внутрисуставные и комбинированные [31, 41]. Внесуставной артродез плечевого сустава описан Watson-Jones в 1933 году. Пациенту с последствиями туберкулезного омаритита проводилась хирургическая мобилизация разрушенного плечевого сустава путем артролиза, далее верхняя конечность фиксировалась в положении отведения, сгибания и наружной ротации при помощи массивной гипсовой торакобрахиальной повязки до формирования анкилоза [49]. Dege предлагает методику внесуставного артродеза с использованием костно-мышечного лоскута из края лопатки, который укладывают по нижней поверхности плечевого сустава, создавая оптимальные условия для формирования анкилоза, верхняя конечность фиксируется торакобрахиальной повязкой в положении 15 градусов сгибания, 45 градусов отведения, 15-25 градусов наружной ротации [64]. Частным вариантом внесуставно-

го артродеза является компрессионный артродез по Илизарову, описанный Н.А. Шестерней [64]. Предложенный Р.Р. Вреденом способ внутрисуставного артродеза плечевого сустава заключается в мобилизации, костнопластической резекции, фиксации плечевого сустава при помощи трубчатого костного аутотрансплантата из края лопатки. Данный способ также предусматривает применение внешней гипсовой иммобилизации в течение 3 месяцев [36]. По типу используемой металлоконструкции артродезы плечевого сустава целесообразно подразделять на несколько групп.

С использованием только винтов – Вреден Р.Р. (1930), Lerch (2011). Последний подробно описал оперативную технику. В положении пациента лежа на здоровом боку трансдельтовидным доступом обнажают плечевой сустав, мобилизуют его, удаляя рубцы и костные разрастания, затем при помощи пилы проводят последовательно клиновидную резекцию головки плечевой кости, вывихивая плечо в рану, проводят экономную резекцию суставного отростка лопатки перпендикулярно его оси, далее резецируют нижнюю кортикальную стенку акромиона. Следующим этапом позиционируют верхнюю конечность в положении 20 градусов отведения, 20 градусов сгибания, 40 градусов ротации. Фиксация проводится при помощи шести 6,5-миллиметровых канюлированных винтов, три из которых проходят в направлении суставного отростка лопатки со стороны плечевой кости, а 3 других – со стороны акромиона в направлении головки плечевой кости. Данная методика предусматривает иммобилизацию жесткой повязкой с аддукционной подушкой в течение 6 недель. Результаты данной методики изучены на серии 4 последовательных наблюдений за пациентами, оперированными в период 2007-2008 годов по поводу различных ситуаций. Авторы отмечают, что во всех четырех наблюдениях удалось достичь формирования плечелопаточного анкилоза. Средняя амплитуда движений верхней конечности со-

ставила 60 градусов отведения и 40 градусов сгибания [6, 36].

Широкое распространение философии АО в отношении спектров стабильности остеосинтеза позволило рассмотреть возможность и применить в клинике LC-DCP для создания условий для формирования плечелопаточного анкилоза. Schatzker с соавторами в 1984 году описывает методику артродеза плечевого сустава с использованием одной или двух пластин в комбинации с винтами (методика АО) [50]. При использовании данной техники рекомендуется располагать пациента в положении «пляжного кресла». Доступом от начала ости лопатки, переходя кпереди на дельтовидногрудную борозду, разрез продлевают до средней трети плеча, подходят к плечевому суставу и диафизу плечевой кости. Плечевой сустав мобилизуют, головку частично резецируют, вывихивают кзади. Далее формируется воспринимающее костное ложе суставного отростка лопатки путем удаления хряща. Выполняется установка плечевой кости и лопатки под следующими углами: 20 градусов сгибания, 30 градусов отведения, 30 градусов ротации. Далее подготавливают фиксатор, в роли которого выступает 4,5-мм LC-DCP на 12-14 отверстий, которая изгибается под углом 100 градусов холодной гибкой. Пластина фиксируется спонгиозными винтами к ости лопатки, кортикальными винтами к диафизу плечевой кости в условиях компрессии. Остаточные полости между стыкуемыми фрагментами заполняются аутокостью. Внешняя иммобилизация на 6 недель необходима для заживления мягких тканей [8, 38, 45, 50, 51, 66]. Результаты применения этого метода описаны достаточно хорошо, так как он наиболее популярен среди ортопедов. Наиболее масштабная работа выполнена Richards в период с июня 1980 по июнь 1991 года в серии наблюдений за 57 пациентами, большая часть которых (46 пациентов) оперирована по поводу многоплоскостной рецидивирующей нестабильности при повреждении плечевого сплетения. Автором использовалась одна 4,5-мм пластина

и внутрисуставный спонгиозный стягивающий винт. Автор отмечает 14 % осложнений, потребовавших ревизии. Кроме того, у 3 пациентов отмечено 10-градусное несоответствие угловых установок в послеоперационном периоде в сравнении с данными предоперационного планирования [66].

Артродез с использованием внешнего фиксатора не получил широкого распространения, хотя и применяется в клинике в основном при инфекционных проблемах плечевого сустава и боевых повреждениях [75]. Существует 2 типа методик артродеза с использованием внешнего фиксатора: это артродез при помощи монологического аппарата и артродез по Илизарову [52, 54, 67, 75]. В обоих случаях выполняется резекция плечевого сустава, после которой производится наложение аппарата наружной фиксации. Верхняя конечность позиционируется относительно срединной линии тела под углами, соответствующим 30 градусам отведения, 30 градусам ротации и 30 градусам сгибания. Выполняется компрессия. Внешняя иммобилизация не требуется. Данная методика хорошо описана и иллюстрирована Kendall. После мобилизации и резекции плечевого сустава в ость лопатки и метадиафиз плечевой кости вводятся консольные элементы и спицы, проводится установка верхней конечности относительно средней линии. Выполняется компрессия [67]. При лечении раненых в плечевой сустав Аверкиевым Д.В. предложены оригинальные способы артродеза плечевого сустава с использованием аппарата внешней фиксации. Аппарат состоит из центральной базы, фиксирующей лопатку с помощью двух стрижней. Стержни введены в ость лопатки и фиксированы в сегменте, который закреплен перпендикулярно полукольцу. Периферическая база состоит из двух полуколец и содержит три стержня, введенных в диафиз плечевой кости. Преимуществом данного аппарата по сравнению с его спицевым аналогом — аппаратом Илизарова является быстрота и несложность наложения, снижение дополнительных ворот инфекции, распо-

ложение консольных элементов в безопасных промежутках [75].

Артродез с использованием оригинальных устройств впервые предложен в ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена для широкого спектра патологии плечевого сустава. Для его выполнения разработан специализированный фиксатор, состоящий из 2 частей — лопаточную, представленную вильчатым узлом с 2 плоскими зубцами, с параллельными отверстиями для винтов, и диафизарную, представленную круглыми и комбинированными отверстиями [61]. Для выполнения артродеза по этой методике автор предлагает укладывать пациента в положение пляжного кресла. Для подхода к плечевому суставу используется доступ прямой трансдельтовидный, а для установки лопаточной части фиксатора — мини-доступ к ости лопатки. После резекции и мобилизации плечевого сустава выполняется заведение фиксатора через лопаточный доступ в рану, импактором проводят усадку фиксатора на ость лопатки, диафизарную часть фиксируют костодержателями. Выполняют остеосинтез и костную аутопластику. Сгибание и отведение предзаданы конструкцией фиксатора, ротация переменна в пределах 30 градусов. Внешняя иммобилизация не требуется [61]. Изучены отдаленные результаты применения фиксатора на серии 15 наблюдений за пациентами, оперированными с 2007 по 2012 год по поводу различной патологии плечевого сустава. У всех пациентов наблюдалось статистически значимое улучшение функции по сравнению с предоперационной [71].

Так как металлические конструкции, имплантируемые во время операции артродеза, в перспективе в большинстве случаев не подлежат удалению, вопрос об их стабильности является чрезвычайно важным. В литературе имеется несколько качественных масштабных работ по изучению жесткости фиксации плечевой кости и лопатки в различных ее вариантах. В своей работе, посвященной биомеханическому анализу 5 техник артродеза плечевого сустава Miller B.S. (2003) акцентирует внимание на том, что

после 100 циклов изгиба и торсии наивысшую стабильность показывает артродез по методике двух внесуставных пластин в комбинации с тремя внутрисуставными винтами [32]. Однако всеми признается факт, что специальные пластины, предназначенные для артродеза плечевого сустава отсутствуют, а непредназначенные прямые приходится изгибать во время операции холодной гибкой под экстремально высокими углами, что приводит к их критической деформации, которая угрожает развитием перелома фиксатора либо в руках хирурга, во время операции, либо на этапах лечения пациента. Lerch S. (2013) в оригинальном исследовании 4 различных комбинаций металлофиксаторов при артродезе плечевого сустава на 24 свежих трупных препаратах плечевого сустава приходит к выводу о наивысшей стабильности комбинации реконструктивной пластины на 16 отверстий, 3 винтов внутрисуставно и 1 короткой пластины на 6 отверстий, уложенной по передней поверхности плечевого сустава [33]. Хочется отметить, что общепринятого достоверного интраоперационного подхода к позиционированию плеча относительно лопатки нет, о чем свидетельствуют обобщенные данные литературы, приведенные в таблице 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время артродез плечевого сустава вновь становится актуальной операцией. Это связано, с одной стороны, с ростом числа повторных ревизий реверсивных систем, которых из года в год имплантируется все больше и часть из которых через обозримый промежуток времени не только требует ревизии, но и сталкивается с проблемой противопоказаний к реэндопротезированию. С другой стороны, очевиден прогресс в модернизации самой методики артродеза. Появление специального устройства увеличило технологичность операции, стабильность фиксации и эффективность при применении по всем известным показаниям.

По данным проанализированной литературы, в ряде спорных случаев, таких как частичное по-

Таблица 2

Угловые характеристики пространственных взаимоотношений плеча и лопатки при формировании анкилоза (данные литературы) [23, 28, 36, 44, 50, 53, 60]

Table 2

Angle characteristics of spatial relationships of shoulder and scapula in ankylosis formation (literature data) [23, 28, 36, 44, 50, 53, 60]

Автор Author	Внутренняя ротация (градусы) Internal rotations (degrees)	Отведение (градусы) Abduction (degrees)	Сгибание (градусы) Flexion (degrees)
Makin	-	-	30
Charnley	-	50	50
Feray	-	50	30
Cofield	-	30	30
Rowe	-	20	30
Groh	-	10-15	10-15
Huber	45	20-30	30
Reichelt	45	20-25	30
Clare	45	10-15	10-15
Rybka	40	50	30
Debrunner	40	50	30
Schmit-Neuerburg	30	50	20
Hawkins	30	25-40	25-30

вреждение подкрыльцового нерва с сомнительными результатами электронейромиографии, артродез является предпочтительным. В случаях тотального повреждения подкрыльцового нерва, рубцового перерождения дельтовидной мышцы, повреждения плечевого сплетения с сохраненной функцией кисти, а также при последствиях открытых и огнестрельных повреждений артродез является операцией выбора. Из методик, описанных в работах по биомеханике плечелопаточной фиксации [32, 33], в настоящее время в разных клиниках применяются все, причем в случаях достижения анкилоза в функционально выгодном положении отмечаются практически одинаковая достаточная удовлетворенность пациента и стойкость получаемых отдаленных результатов. Однако частота осложнений артродеза после этих методик, по данным разных авторов, колеблется в пределах 14-30 %. По пространственным соотношениям функционально выгодного плечелопаточного анкилоза очевидны разногласия по рекомендованным углам, причем приводятся данные, полученные методиками ангулометрии, не применимыми в операционной. Опиерирующие ортопеды вынуждены ориентироваться не на инструментальный контроль точности сопоставления плеча с ло-

паткой, а на свой опыт, пространственное мышление и собственное мышечно-суставное чувство.

Следует заметить, что единственный известный специальный внутренний фиксатор для артродеза плечевого сустава [61] не только позволил приблизиться к решению проблемы корректного позиционирования плеча относительно лопатки, в том числе и при отсутствии головки плечевой кости, но и показал достаточно высокую эффективность в операционной. После применения этой методики отмечены хорошие клинические результаты применения как по частоте консолидаций, так и по функциональным результатам. Но его развитие пока рано считать завершенным и следует ожидать модернизированных систем нового поколения.

Анализ научных публикаций по проблеме сравнительной оценки эффективности артродеза плечевого сустава и реверсивного эндопротезирования выявил ряд ключевых проблем, требующих дальнейшего изучения. Первое: следует осознать факт, что значимая часть ревизионных операций, которые предстоит выполнить по поводу всех видов несостоятельности реверсивного эндопротеза плечевого сустава, — это артродез. К сожалению, долю этой операции по данным регистров эндопротезирования определить не представляется

возможным, и этот вопрос требует отдельного изучения.

Второе — это факт, что при анкилозе плечевого сустава в функционально выгодном положении функция верхней конечности соответствует хорошему результату реверсивного эндопротезирования, причем без тенденции к ухудшению в отдаленном периоде, без риска поздней ревизии по поводу расшатывания и со значимым выигрышем в мышечной силе верхней конечности, что обязательно приходится учитывать у пациентов физического труда.

Также в настоящее время становится очевидным, что истинные плечелопаточные соотношения функционально выгодного анкилоза пока неизвестны. К сожалению, отсутствуют и способы их точного контроля во время операции, в частности, под какими углами сопоставлять лопатку и плечо, как при этом избежать ошибки и, самое главное, что при этом принимать за нулевую отметку. Совершенно очевидно, что традиционное измерение углов относительно туловища, как это принято при ангулометрии у бодрствующего пациента в положении стоя, на операционном столе у пациента в наркозе и положении «на боку» и в «пляжном шезлонге» повторить не удастся. Но перед хирургом стоит задача точного попадания в функционально

выгодные углы, которых мы пока не знаем и не можем проконтролировать на операционном столе. Это требует отдельного изучения. Получить данные по истинному функционально выгодному положению, возможно, удастся с применением трехмерных реконструкций по данным компьютерных томограмм у пациентов с наилучшими результатами лечения. Этот метод стал общедоступным и существенно более объективным, чем проекционные рентгенограммы.

Оценку трехмерной конфигурации и допустимые диапазоны отклонений функционально вы-

годных соотношений при плечелопаточном анкилозе еще предстоит разработать и изучить. И в этом остро нуждается хирургическая методика, при которой стандартизованные углы между осью вилки фиксатора и осью плечевой пластины, под которыми должны быть сопоставлены плечо и лопатка, максимально могут быть приближены к функционально выгодным. А в фиксаторы новых поколений еще придется вносить поправки, которые улучшат возможность самоустановки под правильными углами при сопоставлении элементов резецированного

сустава вне зависимости от квалификации хирурга.

И наконец, необходимо исследование прочностных характеристик фиксации плечевой кости к лопатке специальным устройством в сравнении с наиболее популярными техниками, известными из публикаций.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Chen L, Xing F, Xiang Z. Effectiveness and safety of interventions for treating adults with displaced proximal humeral fracture: a network meta-analysis and systematic review. *PLoS One*. 2016; 11(11): e0166801. doi: 10.1371/journal.pone.0166801.
- Li W, Ding G, Liu J, Shi J, Zhang C, Gao Q. Operative versus non-operative treatment for three- or four-part proximal humeral fractures in elderly patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2016; 45(6): 641-647.
- Shukla DR, McAnany S, Kim J, Overley S, Parsons BO. Hemiarthroplasty versus reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures: a meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016; 25(2): 330-340. Doi: 10.1016/j.jse.2015.08.030.
- Porcellini G, Savoie FH 3rd, Campi F, Merolla G, Paladini P. Arthroscopically assisted shoulder arthrodesis: is it an effective technique? *Arthroscopy*. 2014; 30(12): 1550-1556. doi: 10.1016/j.arthro.
- Lenoir H, Williams T, Griffart A, Lazerges C, Chammas M, Coulet B, et al. Arthroscopic arthrodesis of the shoulder in brachial plexus palsy. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017; 26(5): e115-e121. doi: 10.1016/j.jse.2016.09.040.
- Lerch S, Berndt T, Lipka W, Rühmann O. Screw arthrodesis of the shoulder. *Oper Orthop Traumatol*. 2011; 23(3): 215-226. doi: 10.1007/s00064-011-0035-9.
- Atlan F, Durand S, Fox M, Levy P, Belkheyar Z, Oberlin C. Functional outcome of glenohumeral fusion in brachial plexus palsy: a report of 54 cases. *J Hand Surg Am*. 2012; 37(4): 683-688. doi: 10.1016/j.jhssa.2012.01.012.
- Dimmen S, Madsen JE. Long-term outcome of shoulder arthrodesis performed with plate fixation: 18 patients examined after 3-15 years. *Acta Orthop*. 2007; 78(6): 827-833. doi: 10.1080/17453670710014626.
- Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Hip, Knee and Shoulder Arthroplasty. Annual report 2017. URL: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2017>
- Scalise JJ, Iannotti JP. Glenohumeral arthrodesis after failed prosthetic shoulder arthroplasty. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91 Suppl 2 Pt 1: 30-37. doi: 10.2106/JBJS.H.01249.
- Viehweger E, Gonzalez JF, Launay F, Legre R, Jouve JL, Bollini G. Shoulder arthrodesis with vascularized fibular graft after tumor resection of the proximal humerus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2005; 91(6): 523-529.
- Thangarajah T, Alexander S, Bayley I, Lambert SM. Glenohumeral arthrodesis for the treatment of recurrent shoulder instability in epileptic patients. *Bone Joint J*. 2014; 96-B(11): 1525-1529. doi: 10.1302/0301-620X.96B11.33754.
- Diaz JA, Cohen SB, Warren RF, Craig EV, Allen AA. Arthrodesis as a salvage procedure for recurrent instability of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*. 2003; 12(3): 237-241.
- Tomaino MM. Scapulohumeral arthrodesis for post-traumatic proximal humeral loss using vascularized fibular transplantation and allograft bone. *J Reconstr Microsurg*. 2000; 16(5): 335-340.
- Chammas M, Goubier JN, Coulet B, Reckendorf GM, Picot MC, Allieu Y. Glenohumeral arthrodesis in upper and total brachial plexus palsy. A comparison of functional results. *J Bone Joint Surg Br*. 2004; 86(5): 692-695.
- Rtimate M, Henry E, Larivière J, Farez E, Laffargue P. Shoulder fusion for sequelae secondary to brachial plexus palsy. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2002; 88(1): 35-40.
- Zsoldos CM, Basamania CJ, Bal GK. Shoulder fusion after a self-inflicted gunshot wound: an injury pattern and treatment option. *Bone Joint J*. 2013; 95-B(6): 820-824. doi: 10.1302/0301-620X.95B6.31447.
- Scalise JJ, Iannotti JP. Glenohumeral arthrodesis after failed prosthetic shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2008; 90(1): 70-77. doi:10.2106/JBJS.G.00203.
- Kager J, Marti RK, Raaymakers EL. Shoulder fusion in two patients with a long-standing proximal humerus resection. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2011; 78(2): 161-164.
- Alta TD, Willems WJ. Once an arthrodesis, always an arthrodesis? *J Shoulder Elbow Surg*. 2016; 25(2): 232-273. doi: 10.1016/j.jse.2015.07.010.
- Mimata Y, Nishida J, Sato K, Suzuki Y, Doita M. Glenohumeral arthrodesis for malignant tumor of the shoulder girdle. *J Shoulder Elbow Surg*. 2015; 24(2): 174-178. doi: 10.1016/j.jse.2014.05.023.
- Padiolleau G, Marchand JB, Odri GA, Hamel A, Gouin F. Scapulo-humeral arthrodesis using a pedicled scapular pillar graft following resection of the proximal humerus. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014; 100(2): 177-181. doi: 10.1016/j.otsr.2013.09.012.
- Rühmann O, Schmolke S, Bohnsack M, Flamme C, Wirth CJ. Shoulder arthrodesis: indications, technique, results, and complications. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005; 14(1): 38-50.
- Boyer P, Hutten D, Alnot JY. Bipolar shoulder prosthesis for rheumatoid arthritis with irreparable rotator cuff tear: results after 5 years' follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2006; 92(6): 556-566.

25. Patel RJ, Gulotta L, Wright TM, Gao Y. Effects of osteoarthritis on load transfer after cemented total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24(3): 407-415. doi: 10.1016/j.jse.2014.08.011.
26. Gregory T, Hansen U, Taillieu F, Baring T, Brassart N, Mutchler C, et al. Glenoid loosening after total shoulder arthroplasty: an in vitro CT-scan study. *J Orthop Res.* 2009; 27(12): 1589-1595. doi: 10.1002/jor.20912.
27. Gregory TM, Boukebous B, Gregory J, Pierrart J, Masemjean E. Short, medium and long term complications after total anatomical shoulder arthroplasty. *Open Orthop J.* 2017; 11: 1133-1141. doi: 10.2174/1874325001711011133.
28. Cofield RH, Briggs BT. Glenohumeral arthrodesis. Operative and long-term functional results. *J Bone Joint Surg Am.* 1979; 61(5): 668-677.
29. Souter WA. The surgical treatment of the rheumatoid shoulder. *Ann Acad Med Singapore.* 1983; 12(2): 243-255.
30. Wilde AH, Brems JJ, Boumpfrey FR. Arthrodesis of the shoulder. Current indications and operative technique. *Orthop Clin North Am.* 1987; 18(3): 463-472.
31. Nagy L, Koch PP, Gerber C. Functional analysis of shoulder arthrodesis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2004; 13(4): 386-395.
32. Miller BS, Harper WP, Gillies RM, Sonnabend DH, Walsh WR. Biomechanical analysis of five fixation techniques used in glenohumeral arthrodesis. *ANZ J Surg.* 2003; 73(12): 1015-1017.
33. Lerch S, Keller S, Kirsch L, Berndt T, Rühmann O. Biomechanical analysis for primary stability of shoulder arthrodesis in different resection situations. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2013; 28(6): 618-625. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.05.010.
34. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: design rationale and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005; 14: 147-161.
35. Neer CS 2nd, Craig EV, Fukuda H. Cuff-Tear arthropathy. *J Bone Joint Surg.* 1983; 65-A: 1232-1244.
36. Vreden RR. The manual for orthopedics. L.; M.: Federal Medical Publishing Office, 1930; 269 p. Russian (Вреден Р. Р. Практическое руководство по ортопедии. Л.; М.: Гос. мед. изд., 1930. 269 с.)
37. Moseley HF. Arthrodesis of the shoulder in the adult. *Clin Orthop.* 1961; 20: 156-62.
38. May VR Jr. Shoulder fusion. A review of fourteen cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1962; 44: 65-76.
39. Chandler RW. Glenohumeral arthrodesis. Gaithersburg, MD: Aspen; 1991. P. 181-184.
40. Beltran JE, Trilla JC, Barjau R. A simplified compression arthrodesis of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 1975; 57: 538-541.
41. González-Díaz R, Rodríguez-Merchán EC, Gilbert MS. The role of shoulder fusion in the era of arthroplasty. *Int Orthop.* 1997; 21: 204-209.
42. Iqbal S, Jacobs U, Akhtar A, Macfarlane R., Waseem M. A History of Shoulder Surgery. *The Open Orthopaedics Journal.* 2013; 7: 305-309. doi:10.2174/1874325001307010305.
43. Justis EJ. Arthrodesis of shoulder, elbow, and wrist. 8th ed. New York: Mosby; 1992. P. 353-361.
44. Neer CS. Glenohumeral arthrodesis. Philadelphia: WB Saunders; 1990. P. 438-442.
45. Wilde AH, Brems JJ, Boumpfrey FR. Arthrodesis of the shoulder. Current indications and operative technique. *Orthop Clin North Am.* 1987; 18: 463-472.
46. Jónsson E, Brattström M, Lidgren L. Evaluation of the rheumatoid shoulder function after hemiarthroplasty and arthrodesis. *Scand J Rheumatol.* 1988; 17: 17-26.
47. Gebhardt MC, McGuire MH, Mankin HJ. Resection and allograft arthrodesis for malignant bone tumors of the extremities. In: *Enneking WF, editor. BristolMyers/Zimmer Orthopaedic Symposium. Limb salvage in musculoskeletal oncology.* New York: Churchill Livingstone, 1987. P. 567-582.
48. Putti V. Arthrodesis for tuberculosis of the knee and the shoulder. *Chir Organi Mov.* 1933; 18: 217-225.
49. Watson Jones R. Extra-articular arthrodesis of the shoulder. *J Bone Joint Surg.* 1933; 15: 862-871.
50. Kostuik JP, Schatzker J. Shoulder arthrodesis – AO technique. In: *Surgery of the Shoulder.* Bateman JE, Welsh RP, editors. St. Louis: CV Mosby, 1984. P. 207-210.
51. Muller ME, Allgower M, Schneider R, Willenegger H. Manual of internal fixation. Technique recommended by the AO-Group. 2nd ed. New York: Springer, 1979. P. 384.
52. Riggins RS. Shoulder fusion without external fixation. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1976; 58: 1007-1008.
53. Charnley J. Compression arthrodesis of the ankle and shoulder. *J Bone Joint Surg Br.* 1951; 33: 180-191.
54. Johnson CA, Healy WL, Brooker AF, Krackow KA. External fixation shoulder arthrodesis. *Clin Orthop.* 1986; 211: 219-223.
55. Rowe CR, Zarins B. Improvements in arthrodesis of the shoulder. New York: Mosby; 1990. P. 353-355.
56. Uematsu A. Arthrodesis of the shoulder: posterior approach. *Clin Orthop.* 1979; 139: 169-173.
57. Steindler A. Arthrodesis of the shoulder. *Instr Course Lect.* 1944; 12: 293-301.
58. Groh GI, Williams GR, Jarman RN, Rockwood CA. Treatment of complications of shoulder arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997; 79: 881-887.
59. Richards RR. Redefining indications and problems of shoulder arthrodesis. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1997. P. 319-337.
60. Richards RR. Shoulder arthrodesis. New York: Raven; 1995. P. 385-396.
61. Voronkevich IA. The internal fixator for shoulder arthrodesis: the patent 2343866 / 200711575/14; application 25 April 2007; published on 20 January 2009. Russian (Воронкевич И.А. Внутренний фиксатор для артродеза плечевого сустава: патент № 2343866 / 200711575/14; заявл. 25.04.2007; опубл. 20.01.2009)
62. Clare DJ, Wirth MA, Gordon G, Rockwood CA. Shoulder Arthrodesis. *J Bone Joint Surg.* 2001; 83(4): 593-600.
63. Flatow EL, Harrison AK. A History of reverse total shoulder arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2011; 469(9): 2432-2439. doi:10.1007/s11999-010-1733-6.
64. Revenko TA, Guryev VN, Shesternya NA. Surgical atlas for locomotor system injuries. M.: Medicine, 1987. 272 p. Russian (Ревенко Т.А., Гурьев В.Н., Шестерня Н.А. Атлас операций при травмах опорно-двигательного аппарата М.: Медицина, 1987. 272 с.)
65. David A, Makowski S, Muhr G. Post-traumatic shoulder arthrodeses – indications, technique, results. *Unfallchirurg.* 1995; 98(11): 566-569.
66. Richards RR, Beaton D, Hudson AR. Shoulder arthrodesis with plate fixation: functional outcome analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 1993; 2(5): 225-239.
67. Kendall J, McNally M. Septic arthritis of the shoulder with proximal humerus osteomyelitis, treated by Ilizarov shoulder arthrodesis. *J Bone Jt Infect.* 2017; 2(2): 90-95. doi: 10.7150/jbji.17083
68. Mayat VS. Incidence and classification of shoulder wounds. Soviet medicine experience in Great Patriotic War 1941-1945. M., 1953; Vol. 17; 129-133. Russian (Маят В.С. Частота и классификация ранений

- плечевого сустава //Опыт Советской медицины в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. М., 1953. Т. 17. С. 129-133.)
69. Fridland MO, Rybushkin IN. Outcomes of gun-shot injuries to the shoulder joint. Soviet medicine experience in Great Patriotic War 1941-1945. М., 1953; Vol. 17; 185-185. Russian (Фридланд М. О., Рыбушкин И. Н. Исходы огнестрельных ранений плечевого сустава //Опыт Советской медицины в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. М., 1953. Т. 17. С. 185-185.)
70. Kirillov BP .Gun-shot wounds of big joints: abstracts of PhD in medicine. Sverdlovsk, 1948, 20 p. Russian (Кириллов Б. П. Огнестрельные ранения крупных суставов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Свердловск, 1948. 20 с.)
71. Voronkevich IA, Varfolomeev AP, Gerashchenko NI. Shoulder arthrodesis with original fixator. Actual problems of traumatology and orthopedics: collection of scientific articles dedicated to 110th anniversary of Vreden Research Institute of Traumatology and Orthopedics. Spb, 2016; 40-46. Russian (Воронкевич И.А., Варфоломеев А.П., Геращенко Н.И. Артродез плечевого сустава с использованием оригинального фиксатора //Актуальные проблемы травматологии и ортопедии: сборник науч. статей, посвящ. 110-летию РНИИТО им. Р.Р. Вредена. СПб, 2016. С. 40-46.)
72. Averkiev VA, Shapovalov VM, Averkiev DV. Gun-shot injuries to joints: the manual. Spb: Interline, 2000; 130 p. Russian (Аверкиев В.А, Шаповалов В.М., Аверкиев Д.В. Огнестрельные ранения суставов: учебное пособие. С.-Пб.: ООО «Интерлайн», 2000. 130 с.)
73. Shapovalov VM. Combat injuries to locomotor system. The main results of research and practical activity in optimization of treatment of patients. Commencement address in the day of 206th anniversary of Academy. Spb: VMA, 2000. Russian (В.М. Шаповалов. Боевые повреждения опорно-двигательного аппарата. Основные итоги научно-исследовательской и практической деятельности по оптимизации лечения раненых. Актовая речь в день 206-й годовщины Академии. СПб.: VMA, 2000.)
74. Experience with medical provision for military forces in Afghanistan in 1979-1989. Five volumes. Vol. 3: 049. Russian (Опыт медицинского обеспечения войск в Афганистане 1979-1989 гг.: В 5 т. Т. III: 049 Оказание хирургической помощи при ранениях различной локализации под ред. И.А. Ерюхина, В.И. Хрупкина. М.: ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко, 2003. 485 с.)
75. Averkiev DV. Features of gun-shot injuries to shoulder joint after impaction of modern shells, and the ways for fixation of fragments: Abstracts of candidate of medical sciences. Spb., 1997; 26 p. Russian (Аверкиев Д.В. Особенности огнестрельных ранений плечевого сустава, нанесенных современными ранящими снарядами, и способы фиксации отломков: автореф. дис. ... канд. мед. наук. С-Пб., 1997. 26 с.)

Сведения об авторах:

Геращенко Н.И., лаборант-исследователь научного отделения лечения травм и их последствий, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия.

Воронкевич И.А., д.м.н., заведующий научным отделением лечения травм и их последствий, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия.

Адрес для переписки:

Геращенко Н.И., ул. Акад. Байкова, д. 8, г. Санкт-Петербург, Россия, 195427

Тел: +7 (911) 289-27-90

E-mail: Gerashchenko@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 17.09.2019

Рецензирование пройдено: 16.10.2019

Подписано в печать: 25.11.2019

Information about authors:

Gerashchenko N.I., clinical research assistant, research department of treatment of injuries and their consequences, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia.

Voronkevich I.A., MD, PhD, chief of research department of treatment of injuries and their consequences, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia.

Address for correspondence:

Gerashchenko N.I., Akademika baykova St., 8, Saint Petersburg, Russia, 195427

Tel: +7 (911) 289-27-90

E-mail: Gerashchenko@gmail.com

Received: 17.09.2019

Review completed: 16.10.2019

Passed for printing: 25.11.2019