



Артродез голеностопного сустава: реалии и перспективы на фоне новых технологий. Обзор литературы

Ван Ж., Ахтямов И.Ф., Зиятдинов Б.Г., Файзрахманова Г.М.

Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

Резюме

Артродез считается методом выбора для лечения поздних стадий деформирующего артроза голеностопного сустава. Отличительной особенностью данной операции является вариативность фиксации костных фрагментов. Существуют различные варианты артрореза, однако в основном они делятся на внутреннюю и внешнюю фиксации. Кроме того, набирающая популярность технология артроскопического артрореза и совершенствование эндопротезирования голеностопного сустава открыли для врачей новые возможности, но и поставили новые задачи.

Цель. Оценить варианты лечения артроза голеностопного сустава различной этиологии и предоставить рекомендации по клиническому совершенствованию. Дать перспективный анализ развития технологии. Клинические результаты при эндопротезировании, артрорезе и артроскопии не имели существенных различий. У пациентов с эндопротезами достоверно чаще были повторные операции.

Заключение. При артрорезировании с применением аппарата Илизарова больше преимуществ ввиду вариативности и большого количества модификаций, но сфера применения внутренней фиксации расширяется. Имеются разногласия при выборе оптимального варианта внутренней фиксации при артрорезировании. Выбор определяется такими факторами, как состояние пациента и предпочтения врача. При неосложненном остеоартрозе голеностопного сустава более предпочтителен антеградный интрамодулярный штифт по сравнению с ретроградным штифтом. Артроскопия голеностопного сустава имеет очевидные технические преимущества, и ее применение при тяжелых деформациях суставов стало направлением будущих исследований. Полученные результаты можно применять в двигательной реабилитации пациентов, перенесших артрорезирование. Наиболее перспективными для послеоперационной двигательной реабилитации пациента являются артроскопия и артрорез по сравнению с эндопротезированием.

Ключевые слова: артрорез, голеностопный сустав, внешняя фиксация, внутренняя фиксация, артроскопия, протезирование, двигательная реабилитация

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

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

Для цитирования: Wang R., Akhtyamov I.F., Ziatdinov B.G., Faizrahmanova G.M. Ankle Joint Arthrodesis: Realities and Prospects against the Background of New Technologies. Literature Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(2): 115-126. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-115-126>

Для корреспонденции: Жоши Ван, e-mail: jioshi.wan5093@rambler.ru

Статья получена: 13.12.2021

Поступила после рецензирования: 05.04.2022

Статья принята к печати: 11.04.2022

Ankle Joint Arthrodesis: Realities and Prospects against the Background of New Technologies. Literature Review

Ruoshi Wang, Ildar F. Akhtyamov, Bulat G. Ziatdinov, Gulnara M. Faizrahmanova

Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

Abstract

Arthrodesis is one of the methods for treating advanced stages of the ankle joint deforming arthrosis. A distinctive feature of this operation is the variability of bone fragments fixation. There are various options for arthrodesis, but they are mainly divided into internal and external fixation. Moreover, the increasing popularity of arthroscopic arthrodesis technology and ankle arthroplasty developments have opened new possibilities for doctors but have also posed new challenges.

Aim. To evaluate treatment options for ankle arthrosis of various etiologies and provide recommendations for clinical improvement. To give a prospective analysis of technology development. Clinical outcomes of arthroplasty, arthrodesis, and arthroscopy were not significantly different. Patients with endoprosthesis had significantly more frequent reoperations.

Conclusion. In arthrodesis with the Ilizarov apparatus, there are more advantages due to variability and many modifications, and the scope of internal fixation expands. There is disagreement over the optimal choice of internal fixation for arthrodesis. The choice is determined by factors such as the patient's condition and the doctor's preferences. In uncomplicated ankle osteoarthritis, an antegrade intramedullary pin is preferred over a retrograde pin. Ankle joint arthroscopy has technical advantages, and its use in severe joint deformities has become a direction for future research. The results obtained can be applied in the motor rehabilitation of patients after arthrodesis. Arthroscopy and arthrodesis are the most promising for postoperative motor rehabilitation of patients compared to endoprosthetics.

Keywords: arthrodesis, ankle joint, external fixation, internal fixation, arthroscopy, prosthetics, motor rehabilitation

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Disclosure of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Wang R., Akhtyamov I.F., Ziatdinov B.G., Faizrahmanova G.M. Ankle Joint Arthrodesis: Realities and Prospects against the Background of New Technologies. Literature Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(2): 115-126. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-115-126>

For correspondence: Ruoshi Wang, e-mail: jioshi.wan5093@rambler.ru

Received: Dec 13, 2021

Revised: Apr 04, 2022

Accepted: Apr 11, 2022

Введение

Артродез – это операция с определенным лечебным эффектом и отработанной технологией, которая применяется как вариант лечения остеоартроза на поздних стадиях патологического процесса. Целью метода является сохранение, пусть и с ограничением, функциональных возможностей конечности, а также купирование болевого синдрома, как характерного признака остеоартроза. Основой методики является принцип взаимориентации и остеосинтез элементов сустава, для чего используют различные варианты погружной и внешней фиксации.

Наружная фиксация – это использование различных типов соответствующих аппаратов, обладающих свойствами для коррекции, компрессии и замыкания голеностопного сустава [1]. Метод наружной фиксации подходит для пациентов с проблемной ситуацией со стороны мягких тканей области сустава или другими факторами. Внутренняя фиксация основана на использовании винтов, пластин, интрамедуллярных штифтов. Этот вид в настоящее время превалирует в практике ортопедов [2]. Сравнение эффективности методов внутренней и внешней фиксации в подавляющем большинстве публикаций сводится к анализу частоты сращения суставов, т. е. состоятельности артрореза и числу возникших осложнений.

Развитие современных малоинвазивных технологий в большинстве областей хирургии, в т. ч. и в ортопедии, привело к тому, что формирование артрореза методом артроскопии стало значимой темой для обсуждения [3], а совершенствование эндопротезирования голеностопного сустава ставит под сомнение статус артрореза [4].

До развития современных методик (артроскопии, БИОСа, эндопротезирования и т. п.) артрорез всегда был стандартным методом лечения остеоартроза голеностопного сустава на поздней стадии. Однако открытый артрорез голеностопного сустава приводит к значительной травматизации мягких тканей, высокому уровню кровотечения, проблемам с заживлением мягких тканей и длительному периоду сращения костных

фрагментов, что в определенной степени влияет на клиническую эффективность [4].

Артроскопия голеностопного сустава снижает подобные риски и открывает перед хирургами больше возможностей. По сравнению с традиционной открытой операцией, хирургические процедуры, выполняемые при артроскопии голеностопного сустава, обычно связаны с более быстрым выздоровлением [5] и лучшими косметическими результатами [6].

Разбирая варианты фиксации, нельзя не отметить, что практически все известные конструкции прошли апробацию на столь функционально важном сегменте организма. Актуальным направлением остается сравнение эффективности разных вариантов фиксации.

При оценке разных вариантов фиксации необходимо учитывать их эффективность для послеоперационной двигательной реабилитации пациента. Двигательная реабилитация является составной частью восстановительной медицины. В случае, если повторные операции не требуются, следует ожидать более быстрого восстановления двигательной активности пациента. Поэтому такие методы фиксации будут более эффективными и с точки зрения двигательной реабилитации, поскольку пациент быстрее восстановит утраченный потенциал движений.

Цель. Оценить варианты лечения артрореза голеностопного сустава различной этиологии и предложить рекомендации по клиническому совершенствованию методики хирургического лечения. Дать перспективный анализ развития технологии.

Материал и методы

В поиске используется комбинация тематических терминов и ключевых слов. Ключевые слова, используемые для поиска в базе данных: «Артродез голеностопного сустава», «внешняя фиксация», «внутренняя фиксация», «артроскопия», «эндопротезирование». Английский стиль поиска: ((external fixation) OR (internal fixation) OR (arthroscopy) OR (replacement)) AND (Ankle Arthrodesis). 1756 статей были найдены в базе данных

PubMed с использованием английского стиля поиска. 706 статей найдены в базе данных Web of Science. В русскоязычной литературе на основе Научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» и eLIBRARY найдено 960 статей. Статьи не ограничены языком или датой публикации.

Критерии отбора включенных исследований: различные причины артроза голеностопного сустава у взрослых; артродез и эндопротезирование голеностопного сустава; послеоперационные осложнения.

Критерии исключения из исследований: отчеты о клинических случаях; тезисы конференций; безоперационное лечение; выбор хирургического разреза; периоперационная подготовка; статьи послеоперационной реабилитации. После использования программного обеспечения для управления документами EndNote для удаления повторяющихся статей и фильтрации заголовков и аннотаций в соответствии с указанными выше критериями были исключены 3244 статьи и выполнен поиск по 178 полнотекстовым статьям.

Использование технологии внешней фиксации

Технически и функционально совершенным методом применения внешней фиксации стал артродез голеностопного сустава с использованием аппарата Илизарова [2], в первую очередь, на фоне ревматоидного артрита, несращения, гнойных инфекций, коррекции большого угла деформации, укорочения конечностей и т. п. [5, 6] (табл. 1). El-Alfy ретроспективно проанализировал клинические данные группы пациентов с артродезом голеностопного сустава, сформированным с использованием АВФ Илизарова при лечении инфекции или костного дефекта и установил, что частота послеоперационного сращения составила 91,7%, а фиброзный анкилоз возникал в 8% случаев [7].

При этом частота местной инфекции (области входа спиц) достигла 75%, варусная деформация стопы сформировалась у 8% пациентов. Другое исследование с использованием аппарата Илизарова для лечения 37 пациентов с последствиями хронической инфекции голеностопного сустава показало, что частота послеоперационного сращения достигает 94,6%. Расположение заднего отдела стопы показало в семи случаях (18,9%) остаточную деформацию по типу косолапости в пределах 10°, в одном случае (2,7%) варусное положение в 10° и в двух случаях (5,4%) вальгусное положение до 10° (табл. 1). В остальных случаях стопы оказались без анатомических отклонений или отклонения были минимальны [8].

Karapinar с соавт. [9], наблюдая за 11 пациентами с нейропатией области голеностопного сустава, возникшей на фоне диабета, обнаружили, что частота сращения сустава достигла 91% в среднем через 16,1 недели после операции и ни у одного из пациентов не было серьезных осложнений. Аvascularный некроз приводит к коллапсу и деформации тела таранной кости, что является причиной возникновения деформации и остеоартроза. Плаксейчук и соавт. [10] у 23 пациентов с остеоартрозом применен новый метод двухсуставного артродеза над- и подтаранного суставов с костной пластикой за счет остеотомированной малоберцовой кости с компрессией в аппарате Илизарова.

В 22 случаях (95,6%) достигнуто сращение суставов. Клинический результат был отличным у 6 пациентов (26,1%), хорошим в 12 случаях (52,2%), удовлетворительным в трех (13%) и плохим у двух пациентов (8,7%).

По данным Кензора с соавторами [11], в 89% случаев удалось добиться удовлетворительного клинического результата, если применялся внешний фиксатор Хофманна. Данные Malarkey с соавт. [12] показали удовлетворительный клинический результат в 92% случаев, когда использовался треугольный внешний фиксатор. Thiryayi et al. [13] в 100% случаев перелома лодыжки получили удовлетворительный клинический результат, когда в качестве вида фиксации использовалась пространственная рама Тейлора. Kiene с соавт. [14] показали, что в 95,8% случаев применение треугольного внешнего фиксатора дало удовлетворительный результат. Наконец, применение аппарата Илизарова при терапии последствий огнестрельных ранений (переломы костей, [15]) дало 100% результат сращения костей, однако в половине случаев были осложнения (инфекция). В случае комбинации костной пластики и компрессии в аппарате Илизарова при артрозе также получили 100% результат – сращение, хотя в 8% случаев были осложнения в виде инфекции [16].

Артродезирование с использованием погружных конструкций

Torudom [17] сообщил о 20 случаях артродеза голеностопного сустава, сформированного двумя компрессионными винтами. Анкилоз состоялся у 95% пациентов в течение 4 лет после операции. В то же время Zwirp с соавт. [18] использовали внутреннюю фиксацию четырьмя винтами для артродеза голеностопного сустава. Из 94 пациентов сращение наступило в 99% случаев при сроках наблюдения в среднем 5,9 года после операции. Из осложнений следует отметить задержку заживления ран в 5%, а в 3,2% случаев была констатирована послеоперационная гематома. Частота вторичного артроза подтаранного сустава и таранно-ладьевидного сустава составила 17% и 11%, на фоне того, что 30% и 19% пациентов, соответственно, уже имели подтаранный и таранно-ладьевидный артроз до операции. Это показывает, что использование внутрикостной фиксации для артродеза голеностопного сустава может обеспечить высокий коэффициент сращения при низком уровне осложнений. Однако до сих пор нет веских оснований для утверждения, что количество винтов влияет на коэффициент сращения после артродеза голеностопного сустава. Есть мнение, что для пациентов с септическими заболеваниями голеностопного сустава лучшим выбором является артродез внешней фиксации голеностопного сустава. Тем не менее, недавнее исследование Klouche с соавт. [19] с использованием винтов и компрессионных гвоздей для артродезирования в случаях лечения инфекций области голеностопного сустава показало, что в среднем через 4,8 месяца после операции замыкание сустава наступило в 89,5% случаев, а уровень элиминации инфекции достиг 85%.

Технология ретроградного интрамедуллярного гвоздя может быть использована для лечения ортопедических последствий ревматоидного артрита [20–22]

и косолапости [23]. Ретроспективное исследование показало, что подобный артродез позволяет эффективно избежать риска ампутации при артропатии Шарко: частота сращения составила 77,8%, серьезных послеоперационных осложнений не было [24, 25].

Высоких показателей добились Mückley и соавт. [26], которые использовали новейшие интрамедуллярные штифты вальгусно-изогнутой формы в 55 случаях для артродезирования голеностопного сустава. Частота сращения составила 96,3%, а частота краткосрочных осложнений составила только 25%. При ревматоидном артрите, в случае использования технологии интрамедуллярного гвоздя, возможен 100% клинически удовлетворительный результат. Недостатком является медленное заживление раневой области – это наблюдалось у трети пациентов [21, 27].

Артроскопический малоинвазивный артродез голеностопного сустава

Myerson [28] сравнил артроскопическую операцию с открытой операцией и случайной выборкой разделил 33 пациента на две группы. В группе I было 17 пациентов после артроскопических операций и в группе II – 16 пациентов со случаями открытого вмешательства. В обеих группах использовались полые винты 6,5 мм или 7,0 мм для внутренней фиксации. Результаты показали, что среднее время анкилозирования сустава составило 8,7 недели в группе артроскопии и 14,5 недели в группе открытой хирургии.

Сливков с соавт. [29] используют традиционный артродез голеностопного сустава и артроскопический. Авторы считают, что малоинвазивный вариант позволяет значительно снизить количество осложнений в области хирургического вмешательства: сером – на 18,5%, раневых гематом – на 23,3%, некрозов окружающих тканей – на 17,5%, частоты флеботромбозов на 21,8%, а также полностью избежать послеоперационной раневой инфекции. Применение артроскопического варианта вмешательства привело к уменьшению сроков стационарного лечения на 39%, а сроков нетрудоспособности на 17%.

Обсуждение

Артродез голеностопного сустава остается «золотым стандартом» в лечении поздней стадии остеоартроза [30]. Однако, функция голеностопного сустава пациента ограничивается, что вызывает компенсаторное увеличение диапазона движений смежных суставов стопы, приводит к перегрузке и возможным дегенеративным изменениям таких суставов, как подтаранный и таранно-ладьевидный и пяточно-кубовидный в последующем [31]. Кроме того, имеются наблюдения, свидетельствующие, что движение мелких суставов здоровой стопы имитирует сторону поражения, так что у пациента формируется симметричная измененная походка с обеих сторон. В результате у ряда пациентов после артродеза формируется патология симметричной конечности [32]. Некоторым пациентам после вмешательства требуется повторный артродез [33], возможны стрессовые переломы большеберцовой и малоберцовой кости [34]. При аваскулярном некрозе таранной кости имеется недостаточное кровоснабжение, а длительный прием различных

препаратов и системные нарушения у пациентов с ревматоидным артритом увеличивают риск неудачи артродеза [35–39]. При этом условием успешного артродеза является адекватная компрессия [36]. При болезни Шарко частота осложнений после проведенного артродеза была выше у курильщиков и диабетиков [38]. Клинические результаты при эндопротезировании, артродезе и артроскопии были сходными. Однако, у пациентов с эндопротезами достоверно чаще были повторные операции [40]. По другим данным, эндопротезирование и артродез оказались одинаково эффективными при остеоартрозе. Материал получен на основании анализа 517 участников, перенесших операцию [41].

На материале анализа кинематики походки 20 прооперированных пациентов (большеберцово-таранный артродез) установлено, что походка этих пациентов была хуже, чем у здоровых людей, но лучше, чем у этих же пациентов до операции [42]. Данные, полученные при обзоре статей за период 1990–2005 гг., показали отсутствие преимуществ эндопротезирования над артродезом, хотя авторы отмечают недостаточность базы данных для окончательного вывода [43]. 1% пациентов нуждался в проведении ампутации ниже колена в случае эндопротезирования, тогда как для артродеза это было 5% [43]. Проанализирована динамика движений у 18 пациентов (по 9 в группах артродеза и эндопротезирования), выявлено, что в обеих группах уменьшились показатели боли, улучшилась ходьба, однако амплитуда движений в тазобедренном суставе была выше в группе артродеза, тогда как в голеностопном суставе была выше в группе эндопротезирования [44]. Эндопротезирование позволяет улучшать объем движений в суставах по сравнению с дооперационными показателями, как это было продемонстрировано для 20 пациентов [45].

Как артродез, так и эндопротезирование устраивают пациентов с остеоартрозом, в долгосрочной перспективе (спустя полгода после операции) в 15% случаев негативные симптомы (боль при ходьбе) ослаблялись [46]. Параметры походки пациентов спустя год после операции были лучше, чем до нее [47]. Те же данные получены и для 35 пациентов с остеоартритом голеностопного сустава, которым проводилась операция по выравниванию стопы и голени, из них лишь 29% подверглись ревизионной операции и еще у 9% было проведено эндопротезирование [48]. После операции организм пациента претерпевает адаптационные изменения, которые отображают общие для всех живых существ свойства приспособления [49, 50]. От силы адаптации будет зависеть то, насколько быстро к пациенту вернется хотя бы частичная двигательная активность. Важными этапами восстановления двигательной активности является купирование болевого синдрома, а также восстановление комплекса движений [51, 52]. После операции восстановление двигательной активности будет зависеть от строгого соблюдения рекомендаций специалистов-реаниматологов [53]. При восстановлении двигательной активности особое внимание уделяется стабилизации мышечной активности [54]. В данном случае первостепенной задачей является понимание причин изменений мышечного тонуса [55]. В некоторых исследованиях выполняется подробный

анализ изменений в мышечной и соединительной тканях на уровне морфологии и физиологических процессов [56]. Это необходимо для того, чтобы подчеркнуть изменения, приводящие либо к восстановительным процессам, либо к дегенерации мышечной и соединительной тканей [57]. Таким образом, двигательная реабилитация требует полного исследования, начиная с уровня состояния тканей и процессов, происходящих в них и вплоть до изучения амплитуды движений пациентов в до- и послеоперационном периоде [58]. Важным элементом двигательной реабилитации, с точки зрения восстановительной медицины, является компьютерное 3Д-моделирование движений [59]. При этом довольно широкое распространение получило ультразвуковое обследование состояния мышц прооперированных пациентов [60]. Применение таких технологий в комплексе позволяет лучше понять суть процессов восстановления двигательной активности с точки зрения реабилитационной медицины.

Заключение

1. Артродез голеностопного сустава с внутренней фиксацией в настоящее время признан оптимальным выбором для хирургического лечения остеоартроза голеностопного сустава на поздней стадии. Однако при серьезных дефектах костей, хронических активных инфекциях, обширных повреждениях мягких

тканей и т. п., внешняя фиксация остается безопасным и эффективным вариантом лечения. Несомненно, что у аппарата Илизарова больше преимуществ. С постоянным развитием техники внутренней фиксации традиционные взгляды меняются. Соответствующие исследования использования внутренней фиксации при тяжелой инфекции и дефектах кости описаны в литературе, но для оценки результата требуются дальнейшие наблюдения.

2. По-прежнему существуют разногласия по поводу выбора варианта внутренней фиксации при артродезировании. Несомненно, что он должен быть сугубо индивидуален в зависимости от состояния пациента и предпочтений врача. Но очевидно, что при неосложненном остеоартрозе голеностопного сустава антеградный интрамедуллярный штифт предпочтительнее ретроградного.

3. Артроскопический артродез голеностопного сустава имеет очевидные преимущества и применяется в клинических лечебных мероприятиях, но распространенность его применения не высока, особенно при лечении тяжелых деформаций суставов. Исследования по этой проблеме стали основным направлением развития технологий будущего. С развитием технологий это ограничение будет снято. Более широко будет использоваться малоинвазивный артродез голеностопного сустава.

Приложение

Таблица 1. Анализ литературы по внешней фиксации
Table 1. Analysis of literature on external fixation

Авторы и год публикации / Authors and year of publication	Количество операций / Number of surgeries	Средний срок наблюдения (месяц) / Average follow-up period (month)	Вид нозологической категории / Type of nosological category	Виды фиксации / Types of fixation	Частота сращения суставов (кол-во / процент) / Frequency of joint fusion (number/percent)	Осложнение / Adverse events
Yousry с соавт. [5] / Yousry et al. [5]	12	19,3	Болезнь Шарко / Charcot's disease	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	9 (75%)	Несращение – 3 (25%), инфекции пинового тракта – 10 (83,3%), стрессовый перелом большеберцовой кости – 1 (8,3%) / Nonunion – 3 (25%), pin tract infections – 10 (83,3%), stress fracture of the tibia – 1 (8,3%)
El-Gafary с соавт. [6] / El-Gafary et al. [6]	20	20	Болезнь Шарко / Charcot's disease	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	20 (100%)	Инфекции пинового тракта – 15 (75%), постоянный отек и боль – 2 (10%) / Pin tract infections – 15 (75%), persistent swelling and pain – 2 (10%)
El-Alfy [7]	12	29	Посттравматический – 11, нейропатический – 1, инфекция – 7, костный дефект – 5 / Post-traumatic – 11, neuropathic – 1, infection – 7, bone defect – 5	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	11 (91,7%)	Поверхностная инфекция – 9 (75%), варусная деформация стопы – 1 (8%), фиброзный анкилоз – 1 (8%) / Superficial infection – 9 (75%), varus deformity of the foot – 1 (8%), fibrous ankylosis – 1 (8%)
Gessmann с соавт. [8] / Gessmann et al. [8]	37	46	Хроническая инфекция / Chronic infection	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	35 (94,6%)	Несращение – 2 (25%), деформация по типу косолапости – 7 (18,9%), варусное положение в 10° – 1 (2,7%), вальгусное положение до 10° – 2 (5,4%) / Nonunion – 2 (25%), clubfoot deformity – 7 (18,9%), varus position at 10° – 1 (2,7%), valgus position up to 10° – 2 (5,4%)
Карпинар с соавт. [9] / Karapinar et al. [9]	11	16,1	Болезнь Шарко / Charcot's disease	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	10 (90,9%)	Отсутствие / Absence
Плакейчук с соавт. [10] / Plakseichuk et al. [10]	23	60	Асептический некроз таранной кости / Aseptic necrosis of the talus	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	22 (95,7%)	Замедленное сращение – 2 (8,7%), инфекция – 2 (8,7%) / Delayed union – 2 (8,7%), infection – 2 (8,7%)
Kenzora с соавт. [11] / Kenzora et al. [11]	Группа I:31 / Group I:31	56	Посттравматический / Post-traumatic	Внешний фиксатор Hoffmann / Hoffmann External Fixator	33 (89%)	Несращение – 4, стойкий сепсис и боль – 3 (14%), инфекции пинового тракта – 16 (43%) / Nonunion – 4, persistent sepsis and pain – 3 (14%), pin tract infections – 16 (43%)
	Группа II:6 / Group II:6			Треугольный внешний фиксатор / Triangular external retainer		

Malarkey с соавт. [12] / Malarkey et al. [12]	12	20,4	–	Треугольный внешний фиксатор / Triangular external retainer	11 (92%)	–
Thiryayı с соавт. [13] / Thiryayı et al. [13]	11	16,7	Посттравматический – 2 Неправильное сращение – 1 Несращение – 1 Инфекция – 1 Предыдущий неудачный хирургический артродез – 5 / Post-traumatic – 2 Vicious union – 1 Nonunion – 1 Infection – 1 Previous failed surgical arthrodesis – 5	Пространственная рама Taylor / Taylor space frame	11 (100%)	Перелом лодыжки – 1 / Ankle fracture – 1
Kiene с соавт. [14] / Kiene et al. [14]	95	52,8	Посттравматический / Post-traumatic	Треугольный внешний фиксатор / Triangular external retainer	91 (95,8%)	Несращение – 4 (4,5%) Случаи раздражения кожи – 9 (10,1%) Инфекции пионого тракта – 18 (20,2%) Стрессовый перелом большеберцовой кости – 1 (1,1%) / Nonunion – 4 (4,5%) Cases of skin irritation – 9 (10,1%) Pin tract infections – 18 (20,2%) Stress fracture of the tibia – 1 (1,1%)
Bek с соавт. [15] / Bek et al. [15]	19	59	Посттравматический (огнестрельные ранения) / Post-traumatic (gunshot wounds)	Аппарат Илизарова / Ilizarov apparatus	19 (100%)	Инфекция – 10 (52,6%) / Infection – 10 (52,6%)
Плаксейчук с соавт. [16] / Plakseichuk et al. [16]	Группа I: 36 / Group I: 36	84	Посттравматический / Post-traumatic	Сочетание костной пластики с компрес- сий в аппарате Илизарова / Combination of bone grafting with compression in the Ilizarov apparatus	36 (100%)	Артроз таранно-ладьевидного сустава – 12 (33,3%), инфекция – 3 (8,3%) / Arthrosis of the talonavicular joint – 12 (33,3%), infection – 3 (8,3%)
Группа II: 250 / Group II: 250					Ретроспективное исследование / Retrospective study	243 (97,2%) Несостоятельность анкилоза – 5 (2%), инфекция – 16 (6,4%) / Ankylosis failure – 5 (2%) Infection – 16 (6,4%)

Список литературы

1. Baker M.J., Offutt S.M. External fixation: indications and patient selection. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. 2003; (20): 9–26.
2. Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Чураев Д.В., Коновальчук Н.С., Ласунский С.А. Артродезирование голеностопного сустава как оптимальная хирургическая опция при лечении пациентов с деформирующим артрозом голеностопного сустава терминальной стадии (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2019; (4): 18–26. <https://doi.org/10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26>
3. Dhillon M.S., Hooda A., Kumar P. History of foot and ankle arthroscopy. *Journal of Arthroscopic Surgery and Sports Medicine*. 2020; (1): 126–132. https://doi.org/10.25259/JASSM_4_2020
4. Stavrakis A.I., SooHoo N.F. Trends in complication rates following ankle arthrodesis and total ankle replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2016; (98): 1453–1458. <https://doi.org/10.2106/JBJS.15.01341>
5. Yousry A.H., Abdaihy A.M. Management of diabetic neuropathic ankle arthropathy by arthrodesis using an Ilizarov frame. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2010; 7(6): 821–826.
6. El-Gafary K.A., Mostafa K.M., Al-Adly W.Y. The management of Charcot joint disease affecting the ankle and foot by arthrodesis controlled by an Ilizarov frame: early results. *The Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume*. 2009; (91): 1322–1325. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B10.22431>
7. El-Alfy B. Arthrodesis of the ankle joint by Ilizarov external fixator in patients with infection or poor bone stock. *Foot and Ankle Surgery*. 2010; (16): 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2009.06.004>
8. Gessmann J., Ozokuy L., Fehmer T., Muhr G., Seybold D. Arthrodesis of the infected ankle joint: results with the Ilizarov external fixator. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2010; (149): 212–218. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250360>
9. Karapinar H., Sener M., Kazimoglu C., Akgun U. Arthrodesis of neuropathic ankle joint by Ilizarov fixator in diabetic patients. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2009; (99): 42–48. <https://doi.org/10.7547/0980042>
10. Плаксейчук Ю.А., Салихов Р.З., Соловьев В.В. Современные методы лечения аваскулярного некроза таранной кости и их результаты. *Практическая медицина*. 2011; (55): 98–101.
11. Kenzora J.E., Simmons S.C., Burgess A.R., Edwards C.C. External fixation arthrodesis of the ankle joint following trauma. *Foot & Ankle*. 1986; (7): 49–61. <https://doi.org/10.1177/107110078600700108>
12. Malarkey R.F., Binski J.C. Ankle arthrodesis with the Calandruccio frame and bimalleolar onlay grafting. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1991; (268): 44–48.
13. Thiryayi W.A., Naqui Z., Khan S.A. Use of the Taylor spatial frame in compression arthrodesis of the ankle: a study of 10 cases. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2010; 49(2): 182–187. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2009.05.015>
14. Kiene J., Schulz A.P., Hillbricht S., Jürgens C., Paech A. Clinical results of resection arthrodesis by triangular external fixation for posttraumatic arthrosis of the ankle joint in 89 cases. *European Journal of Medical Research*. 2009; 14(1): 25–29. <https://doi.org/10.1186/2047-783x-14-1-25>
15. Bek D., Demiralp B., Kürklü M., Ateşşalp A.S., Başşbozkurt M. Ankle arthrodesis using an Ilizarov external fixator in patients wounded by landmines and gunshots. *Foot & Ankle International*. 2008; 29(2): 178–184. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0178>
16. Плаксейчук Ю.А., Салихов Р.З., Соловьев В.В. Хирургическое лечение больных с артрозом голеностопного сустава. *Казанский медицинский журнал*. 2012; 93(1): 38–43.
17. Torudom Y. The results of ankle arthrodesis with screws for end stage ankle arthrosis. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2010; 93(2): S50–54.
18. Zwipp H., Rammelt S., Endres T., Heineck J. High union rates and function scores at midterm followup with ankle arthrodesis using a four-screw technique. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2010; 468(4): 958–968. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1074-5>
19. Klouche S., El-Masri F., Graff W., Mamoudy P. Arthrodesis with internal fixation of the infected ankle. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2011; 50(1): 25–30. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2010.10.011>
20. Fujimori J., Yoshino S., Koima M., Nakamura H., Shiga H., Nagashima S. Ankle arthrodesis in rheumatoid arthritis using an intramedullary nail with fins. *Foot & Ankle International*. 1999; 20(8): 485–490. <https://doi.org/10.1177/107110079902000804>
21. Takenouchi K., Morishita M., Saitoh K., Wauke K., Takahashi H., Nagashima M. Long-term results of ankle arthrodesis using an intramedullary nail with fins in patients with rheumatoid arthritis hindfoot deformity. *Journal of Nippon Medical School*. 2009; 76(5): 240–246. <https://doi.org/10.1272/jnms.76.240>
22. Бакир Р.А., Логунов А.Л., Макаров С.А., Павлов В.П. Артродез голеностопного и таранно-пяточного суставов у больных ревматоидным артритом. *Научно-практическая ревматология*. 2012; 4(53): 98–99.
23. Moore T.J., Prince R., Pochatko D., Smith J.W., Fleming S. Retrograde intramedullary nailing for ankle arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 1995; 16(7): 433–436. <https://doi.org/10.1177/107110079501600710>
24. Paola L.D., Volpe A., Varotto D., Postorino A., Brocco E., Senesi A., Merico M., Vido De D., Da Ros R., Assaloni R. Use of a retrograde nail for ankle arthrodesis in Charcot neuroarthropathy: a limb salvage procedure. *Foot & Ankle International*. 2007; 28(9): 967–970. <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0967>
25. Pinzur M.S., Noonan T. Ankle arthrodesis with a retrograde femoral nail for Charcot ankle arthropathy. *Foot & Ankle International*. 2005; 26(7): 545–549. <https://doi.org/10.1177/107110070502600709>
26. Mückley T., Klos K., Drechsel T., Beigel C., Gras F., Hofmann G.O. Short-term outcome of retrograde tibiotalar calcaneal arthrodesis with a curved intramedullary nail. *Foot & Ankle International*. 2011; 32(1): 47–56. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0047>
27. Саакян С.В., Мякошина Е.Б., Юровская Н.Н. Дистантная опухлеассоциированная макулопатия при начальной меланоме хориоидеи. *Российский Офтальмологический Журнал*. 2011; 4(2): 41–45.
28. Myerson M.S., Quill G. Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1991; (268): 84–95.
29. Сливков К.А., Брижань Л.К., Давыдов Д.В., Керимов А.А., Асеева И.А. Хирургические осложнения после артродеза голеностопного сустава. *Медицинский совет*. 2013; (4–2): 96–99.
30. Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакунов Д.А., Жумагазиев С.Е., Комаров А.В. Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов. *Травматология и ортопедия России*. 2018; 24(2): 117–126. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126>
31. Coester L.M., Saltzman C.L., Leupold J., Pontarelli W. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2001; 83(2): 219–28. <https://doi.org/10.2106/00004623-200102000-00009>
32. Mazur J.M., Schwartz E., Simon S.R. Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 1979; 61(7): 964–975.
33. Henricson A., Jephsson L., Carlsson A., Rosengren B.E. Re-arthrodesis after primary ankle fusion: 134/1,716 cases from the Swedish Ankle Registry. *Acta Orthopaedica*. 2018; 89(5): 560–564. <https://doi.org/10.1080/17453674.2018.1488208>
34. Lidor C., Ferris L.R., Hall R., Alexander I.J., Nunley J.A. Stress fracture of the tibia after arthrodesis of the ankle or the hindfoot. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1997; 79(4): 558–564.
35. Федоров В.Г. Артродез голеностопного сустава при ревматоидном артрите. *Научно-практическая ревматология*. 2011; (1): 75–77.
36. Jeng C.L., Baumbach S.F., Campbell J., Kalesan B., Myerson M.S. Comparison of initial compression of the medial, lateral, and posterior screws in an ankle fusion construct. *Foot & Ankle International*. 2011; (32): 71–76. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0071>

37. Оболенский В.Н., Процко В.Г. Пяточно-большеберцовый артродез в хирургической тактике лечения стопы Шарко с поражением голеностопного сустава. Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченка. 2019; 6(1): 13–24. <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2018-6-1-13-24>
38. Zarutsky E., Rush S.M., Schuberth J.M. The use of circular wire external fixation in the treatment of salvage ankle arthrodesis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2005; (44): 22–31. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2004.11.004>
39. Pickering R.M. Arthrodesis of ankle, knee, and hip. *Campbell's Operative Orthopaedics*. Mosby, St. Louis. 163–207. Available at: <https://www.hanspub.org/reference/ReferencePapers.aspx?ReferenceID=111575> (дата обращения 07.04.2022)
40. Veljkovic A.N., Daniels T.R., Glazebrook M.A., Dryden P.J., Penner M.J., Wing K.J., Younger A.S.E. Outcomes of total ankle replacement, arthroscopic ankle arthrodesis, and open ankle arthrodesis for isolated non-deformed end-stage ankle arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2019; 101(17): 1523–1529. <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.01012>
41. Norvell D.C., Ledoux W.R., Shofer J.B., Hansen S.T., Davitt J., Anderson J.G., Bohay D., Coetzee J.C., Maskill J., Brage M., Houghton M., Sangeorzan B.J. Effectiveness and safety of ankle arthrodesis versus arthroplasty: A prospective multicenter study. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. American Volume. 2019. 101(16): 1485–1494. <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.01257>
42. Brodsky J.W., Kane J.M., Coleman S., Bariteau J., Tenenbaum S. Abnormalities of gait caused by ankle arthritis are improved by ankle arthrodesis. *The Bone & Joint Journal*. 2016; 98B(10): 1369–1375. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B10.37614>
43. Haddad S.L., Coetzee J.C., Estok R., Fahrback K., Banel D., Nalysnyk L. Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2007; 89(9): 1899–1905. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01149>
44. Hahn M.E., Wright E.S., Segal A.D., Orendurff M.S., Ledoux W.R., Sangeorzan B.J. Comparative gait analysis of ankle arthrodesis and arthroplasty: Initial findings of a prospective study. *Foot & Ankle International*. 2012; 33(4): 282–289. <https://doi.org/10.3113/FAI.2012.0282>
45. Caravaggi P., Pullini G., Leardini A., Berti L., Vannini F., Giannini S. Functional and clinical evaluation at 5-year follow-up of a three-component prosthesis and osteochondral allograft transplantation for total ankle replacement. *Clinical Biomechanics*. 2015; 30(1): 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.11.003>
46. Pinsker E., Inrig T., Daniels T.R., Warmington K., Beaton D.E. Symptom resolution and patient-perceived recovery following ankle arthroplasty and arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 2016; 37(12): 1269–1276. <https://doi.org/10.1177/1071100716660820>
47. Flavin R., Coleman S.C., Tenenbaum S., Brodsky J.W. Comparison of gait after total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 2013; 34(10): 1340–1348. <https://doi.org/10.1177/1071100713490675>
48. Pagenstert G.I., Hintermann B., Barg A., Leumann A., Valderrabano V. Realignment surgery as alternative treatment of varus and valgus ankle osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2007; (462): 156–168. <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e318124a462>
49. van den Boom N.A.C., Stollenwerck G.A.N.L., Evers S.M.A.A., Poeze M. Effectiveness and cost-effectiveness of primary arthrodesis versus open reduction and internal fixation in patients with Lisfranc fracture instability (The BFF Study) study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Surgery*. 2021; 21(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01320-1>
50. van den Boom N.A.C., Stollenwerck G.A., Lodewijks L., Bransen J., Evers S.M., Poeze M. Lisfranc injuries: fix or fuse? a systematic review and meta-analysis of current literature presenting outcome after surgical treatment for Lisfranc injuries. *Bone & Joint Open*. 2021; 2(10): 842–849. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.210.BJO-2021-0127.R1>
51. Kandil M.I., Abouzeid M., Eltaher S.M., Eltregy S. Primary fusion versus open reduction internal fixation for purely ligamentous lisfranc injuries: A Prospective comparative study and analysis of factors affecting the outcomes. *Foot and Ankle Surgery*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2021.12.006>
52. Godoy-Santos A.L., de Cesar Netto C. Primary Arthrodesis for High-Energy Lisfranc Injuries. *Foot and Ankle Clinics*. 2020; 25(4): 727–736. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2020.08.010>
53. Laffont I. 2019 Sidney Licht lecture: Spasticity and related neuro-orthopedic deformities: A core topic in physical and rehabilitation medicine. *The Journal of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2021; 4(2): 51–57. <https://doi.org/10.4103/JISPRM-000080>
54. Lorentzen J., Pradines M., Gracies J.M., Nielsen J.B. On Denny-Brown's 'spastic dystonia'—What is it and what causes it? *Clinical Neurophysiology*. 2018; 129(1): 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.10.023>
55. Chalard A., Amarantini D., Tisseyre J., Marque P., Tallet J., Gasq D. Spastic co-contraction, rather than spasticity, is associated with impaired active function in adults with acquired brain injury: A pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 51(4): 307–311. <https://doi.org/10.2340/16501977-2528>
56. Dehail P., Gaudreault N., Zhou H., Cressot V., Martineau A., Kirouac-Laplanche J., Trudel G. Joint contractures and acquired deforming hypertonia in older people: Which determinants? *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 62(6): 435–441. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.10.005>
57. Kuo C.L., Hu G.C. Post-stroke spasticity: a review of epidemiology, pathophysiology, and treatments. *International Journal of Gerontology*. 2018; 12(4): 280–284. <https://doi.org/10.1016/j.ijge.2018.05.005>
58. Pérennou D., Bensmail D., Laffont I., Marque P., Yelnik A. A century of research on spasticity: Editors' opinion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 62(6): 393–396. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.001>
59. European Physical and Rehabilitation Medicine Bodies Alliance. White Book on Physical and Rehabilitation Medicine (PRM) in Europe. Chapter 4. History of the specialty: where PRM comes from. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018; 54(2): 186–197. <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.18.05147-x>
60. Hernigou P., Gravina N., Potage D., Dubory A. History of club-foot treatment; part II: tenotomy in the nineteenth century. *International Orthopaedics*. 2017; 41(10): 2205–2212. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3578-z>

References

1. Baker M.J., Offutt S.M. External fixation: indications and patient selection. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. 2003; (20): 9–26.
2. Fomichev V.A., Sorokin E.P., Chugaev D.V., Konovalchuk N.S., Lasunsky S.A. Arthrodezirovaniye golenostopnogo sustava kak optimal'naya khirurgicheskaya optsiya pri lechenii patsiyentov s deformiruyushchim artrozom golenostopnogo sustava terminal'noy stadii (obzor literatury) [Arthrodesis of the ankle joint as the optimal surgical procedure in the treatment of terminal stage deforming arthrosis of the ankle joint (literature review)]. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2019; (4): 18–26. <https://doi.org/10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26> (In Russ.).
3. Dhillon M.S., Hooda A., Kumar P. History of foot and ankle arthroscopy. *Journal of Arthroscopic Surgery and Sports Medicine*. 2020; (1): 126–132. https://doi.org/10.25259/JASSM_4_2020
4. Stavrakis A.I., SooHoo N.F. Trends in complication rates following ankle arthrodesis and total ankle replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2016; (98): 1453–1458. <https://doi.org/10.2106/JBJS.15.01341>
5. Yousry A.H., Abdaihy A.M. Management of diabetic neuropathic ankle arthropathy by arthrodesis using an Ilizarov frame. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2010; 7(6): 821–826.
6. El-Gafary K.A., Mostafa K.M., Al-Adly W.Y. The management of Charcot joint disease affecting the ankle and foot by arthrodesis controlled by an Ilizarov frame: early results. *The Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume*. 2009; (91): 1322–1325. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B10.22431>
7. El-Alfy B. Arthrodesis of the ankle joint by Ilizarov external fixator in patients with infection or poor bone stock. *Foot and Ankle Surgery*. 2010; (16): 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2009.06.004>

8. Gessmann J., Ozokay L., Fehmer T., Muhr G., Seybold D. Arthrodesis of the infected ankle joint: results with the Ilizarov external fixator. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2010; (149): 212–218. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250360>
9. Karapinar H., Sener M., Kazimoglu C., Akgun U. Arthrodesis of neuropathic ankle joint by Ilizarov fixator in diabetic patients. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2009; (99): 42–48. <https://doi.org/10.7547/0980042>
10. Plakseichuk Y.A., Salikhov R.Z., Soloviev V.V. Sovremennyye metody lecheniya avaskulyarnogo nekroza tarannoy kosti i ikh rezul'taty [Modern methods of treatment of avascular necrosis of the talus and their results]. *Practical Medicine*. 2011; (55): 98–101 (In Russ.).
11. Kenzora J.E., Simmons S.C., Burgess A.R., Edwards C.C. External fixation arthrodesis of the ankle joint following trauma. *Foot & Ankle*. 1986; (7): 49–61. <https://doi.org/10.1177/107110078600700108>
12. Malarkey R.F., Binski J.C. Ankle arthrodesis with the Calandruccio frame and bimalleolar onlay grafting. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1991; (268): 44–48.
13. Thiryayi W.A., Naqui Z., Khan S.A. Use of the Taylor spatial frame in compression arthrodesis of the ankle: a study of 10 cases. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2010; 49(2): 182–187. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2009.05.015>
14. Kiene J., Schulz A.P., Hillbricht S., Jürgens C., Paech A. Clinical results of resection arthrodesis by triangular external fixation for posttraumatic arthrosis of the ankle joint in 89 cases. *European Journal of Medical Research*. 2009; 14(1): 25–29. <https://doi.org/10.1186/2047-783x-14-1-25>
15. Bek D., Demiralp B., Kürklü M., Ateşşalp A.S., Başşbozkurt M. Ankle arthrodesis using an Ilizarov external fixator in patients wounded by landmines and gunshots. *Foot & Ankle International*. 2008; 29(2): 178–184. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0178>
16. Plakseichuk Yu.A., Salikhov R.Z., Soloviev V.V. Khirurgicheskoye lecheniye bol'nykh s artrozom golenostopnogo sustava [Surgical treatment of patients with arthrosis of the ankle joint]. *Kazan Medical Journal*. 2012; 93(1): 38–43 (In Russ.).
17. Torudom Y. The results of ankle arthrodesis with screws for end stage ankle arthrosis. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2010; 93(2): S50–54.
18. Zwipp H., Rammelt S., Endres T., Heineck J. High union rates and function scores at midterm followup with ankle arthrodesis using a four-screw technique. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2010; 468(4): 958–968. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1074-5>
19. Klouche S., El-Masri F., Graff W., Mamoudy P. Arthrodesis with internal fixation of the infected ankle. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2011; 50(1): 25–30. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2010.10.011>
20. Fujimori J., Yoshino S., Koiwa M., Nakamura H., Shiga H., Nagashima S. Ankle arthrodesis in rheumatoid arthritis using an intramedullary nail with fins. *Foot & Ankle International*. 1999; 20(8): 485–490. <https://doi.org/10.1177/107110079902000804>
21. Takenouchi K., Morishita M., Saitoh K., Wauke K., Takahashi H., Nagashima M. Long-term results of ankle arthrodesis using an intramedullary nail with fins in patients with rheumatoid arthritis hindfoot deformity. *Journal of Nippon Medical School*. 2009; 76(5): 240–246. <https://doi.org/10.1272/jnms.76.240>
22. Bakir R.A., Logunov A.L., Makarov S.A., Pavlov V.P. Artrodez golenostopnogo i taranno-pyatochnogo sustavov u bol'nykh revmatoidnym artritom [Arthrodesis of the ankle and talocalcaneal joints in patients with rheumatoid arthritis]. *Scientific and Practical Rheumatology*. 2012; 4(53): 98–99 (In Russ.).
23. Moore T.J., Prince R., Pochatko D., Smith J.W., Fleming S. Retrograde intramedullary nailing for ankle arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 1995; 16(7): 433–436. <https://doi.org/10.1177/107110079501600710>
24. Paola L.D., Volpe A., Varotto D., Postorino A., Brocco E., Senesi A., Merico M., Vido De D., Da Ros R., Assaloni R. Use of a retrograde nail for ankle arthrodesis in Charcot neuroarthropathy: a limb salvage procedure. *Foot & Ankle International*. 2007; 28(9): 967–970. <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0967>
25. Pinzur M.S., Noonan T. Ankle arthrodesis with a retrograde femoral nail for Charcot ankle arthropathy. *Foot & Ankle International*. 2005; 26(7): 545–549. <https://doi.org/10.1177/107110070502600709>
26. Mückley T., Klos K., Drechsel T., Beigel C., Gras F., Hofmann G.O. Short-term outcome of retrograde tibiotalar calcaneal arthrodesis with a curved intramedullary nail. *Foot & Ankle International*. 2011; 32(1): 47–56. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0047>
27. Saakyan S.V., Myakoshina E.B., Yurovskaya N.N. Distantnaya opukholeassotsirovannaya makulopatiya pri nachal'noy melanome khorioidi [Tumor-associated distant maculopathy caused by small uveal melanoma]. *Russian Ophthalmological Journal*. 2011; 4(2): 41–45 (In Russ.).
28. Myerson M.S., Quill G. Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1991; (268): 84–95.
29. Slivkov K.A., Brizhan' L.K., Davydov D.V., Kerimov A.A., Aseyeva I.A. Khirurgicheskiye oslozhneniya posle artrodeza golenostopnogo sustava [Surgical complications after arthrodesis of the ankle joint]. *Medical Advice*. 2013; (4–2): 96–99 (In Russ.).
30. Khominets V.V., Mikhaylov S.V., Shakun D.A., Zhumagazyev S.Y., Komarov A.V. Artrodezirovaniye golenostopnogo sustava s ispol'zovaniyem trekh spongioznykh vintov [Arthrodesis of the ankle joint using three spongy screws]. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018; 24(2): 117–126. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126> (In Russ.).
31. Coester L.M., Saltzman C.L., Leupold J., Pontarelli W. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2001; 83(2): 219–28. <https://doi.org/10.2106/00004623-200102000-00009>
32. Mazur J.M., Schwartz E., Simon S.R. Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1979; 61(7): 964–975.
33. Henricsson A., Jephsson L., Carlsson A., Rosengren B.E. Re-arthrodesis after primary ankle fusion: 134/1,716 cases from the Swedish Ankle Registry. *Acta Orthopaedica*. 2018; 89(5): 560–564. <https://doi.org/10.1080/17453674.2018.1488208>
34. Lidor C., Ferris L.R., Hall R., Alexander I.J., Nunley J.A. Stress fracture of the tibia after arthrodesis of the ankle or the hindfoot. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1997; 79(4): 558–564.
35. Fedorov V.G. Artrodez golenostopnogo sustava pri revmatoidnom artrite [Arthrodesis of the ankle joint in rheumatoid arthritis]. *Scientific and Practical Rheumatology*. 2011; (1): 75–77 (In Russ.).
36. Jeng C.L., Baumbach S.F., Campbell J., Kalesan B., Myerson M.S. Comparison of initial compression of the medial, lateral, and posterior screws in an ankle fusion construct. *Foot & Ankle International*. 2011; (32): 71–76. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0071>
37. Obolenskiy V.N., Protsko V.G. Pyatochno-bol'shebertsovy artrodez v khirurgicheskoy taktike lecheniya stopy Shako s porazheniyem golenostopnogo sustava [Calcaneotibial arthrodesis in surgical tactics for the treatment of Charcot's foot with damage to the ankle joint]. *Wounds and wound infections Journal named after Professor B.M. Kostyuchenko*. 2019; 6(1): 13–24. <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2018-6-1-13-24> (In Russ.).
38. Zarutsky E., Rush S.M., Schuberth J.M. The use of circular wire external fixation in the treatment of salvage ankle arthrodesis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2005; (44): 22–31. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2004.11.004>
39. Pickering R.M. Arthrodesis of ankle, knee, and hip. Campbell's Operative Orthopaedics. Mosby, St. Louis. 163–207. Available at: <https://www.hanspub.org/reference/ReferencePapers.aspx?ReferenceID=111575> (accessed 07.04.2022)
40. Veljkovic A.N., Daniels T.R., Glazebrook M.A., Dryden P.J., Penner M.J., Wing K.J., Younger A.S.E. Outcomes of total ankle replacement, arthroscopic ankle arthrodesis, and open ankle arthrodesis for isolated non-deformed end-stage ankle arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2019; 101(17): 1523–1529. <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.01012>
41. Norvell D.C., Ledoux W.R., Shofer J.B., Hansen S.T., Davitt J., Anderson J.G., Bohay D., Coetzee J.C., Maskill J., Brage M., Houghton M., Sangeorzan B.J. Effectiveness and safety of ankle arthrodesis versus arthroplasty: A prospective multicenter study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2019. 101(16): 1485–1494. <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.01257>
42. Brodsky J.W., Kane J.M., Coleman S., Bariteau J., Tenenbaum S. Abnormalities of gait caused by ankle arthritis are improved by ankle arthrodesis. *The Bone & Joint Journal*. 2016; 98B(10): 1369–1375. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B10.37614>

43. Haddad S.L., Coetzee J.C., Estok R., Fahrbach K., Banel D., Nalysnyk L. Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2007; 89(9): 1899–1905. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01149>
44. Hahn M.E., Wright E.S., Segal A.D., Orendurff M.S., Ledoux W.R., Sangeorzan B.J. Comparative gait analysis of ankle arthrodesis and arthroplasty: Initial findings of a prospective study. *Foot & Ankle International*. 2012; 33(4): 282–289. <https://doi.org/10.3113/FAI.2012.0282>
45. Caravaggi P., Lullini G., Leardini A., Berti L., Vannini F., Giannini S. Functional and clinical evaluation at 5-year follow-up of a three-component prosthesis and osteochondral allograft transplantation for total ankle replacement. *Clinical Biomechanics*. 2015; 30(1): 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.11.003>
46. Pinsker E., Inrig T., Daniels T.R., Warmington K., Beaton D.E. Symptom resolution and patient-perceived recovery following ankle arthroplasty and arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 2016; 37(12): 1269–1276. <https://doi.org/10.1177/1071100716660820>
47. Flavin R., Coleman S.C., Tenenbaum S., Brodsky J.W. Comparison of gait after total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *Foot & Ankle International*. 2013; 34(10): 1340–1348. <https://doi.org/10.1177/1071100713490675>
48. Pagenstert G.I., Hintermann B., Barg A., Leumann A., Valderrabano V. Realignment surgery as alternative treatment of varus and valgus ankle osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2007; (462): 156–168. <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e318124a462>
49. van den Boom N.A.C., Stollenwerck G.A.N.L., Evers S.M.A.A., Poeze M. Effectiveness and cost-effectiveness of primary arthrodesis versus open reduction and internal fixation in patients with Lisfranc fracture instability (The BFF Study) study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Surgery*. 2021; 21(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01320-1>
50. van den Boom N.A.C., Stollenwerck G.A., Lodewijks L., Bransen J., Evers S.M., Poeze M. Lisfranc injuries: fix or fuse? a systematic review and meta-analysis of current literature presenting outcome after surgical treatment for Lisfranc injuries. *Bone & Joint Open*. 2021; 2(10): 842–849. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.210.BJO-2021-0127.R1>
51. Kandil M.I., Abouzeid M., Eltaher S.M., Eltregy S. Primary fusion versus open reduction internal fixation for purely ligamentous lisfranc injuries: A Prospective comparative study and analysis of factors affecting the outcomes. *Foot and Ankle Surgery*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2021.12.006>
52. Godoy-Santos A.L., de Cesar Netto C. Primary Arthrodesis for High-Energy Lisfranc Injuries. *Foot and Ankle Clinics*. 2020; 25(4): 727–736. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2020.08.010>
53. Laffont I. 2019 Sidney Licht lecture: Spasticity and related neuro-orthopedic deformities: A core topic in physical and rehabilitation medicine. *The Journal of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2021; 4(2): 51–57. <https://doi.org/10.4103/JISPRM-000080>
54. Lorentzen J., Pradines M., Gracies J.M., Nielsen J.B. On Denny-Brown's 'spastic dystonia'—What is it and what causes it? *Clinical Neurophysiology*. 2018; 129(1): 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.10.023>
55. Chalard A., Amarantini D., Tisseyre J., Marque P., Tallet J., Gasq D. Spastic co-contraction, rather than spasticity, is associated with impaired active function in adults with acquired brain injury: A pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 51(4): 307–311. <https://doi.org/10.2340/16501977-2528>
56. Dehail P., Gaudreault N., Zhou H., Cressot V., Martineau A., Kirouac-Laplanche J., Trudel G. Joint contractures and acquired deforming hypertonia in older people: Which determinants? *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 62(6): 435–441. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.10.005>
57. Kuo C.L., Hu G.C. Post-stroke spasticity: a review of epidemiology, pathophysiology, and treatments. *International Journal of Gerontology*. 2018; 12(4): 280–284. <https://doi.org/10.1016/j.ijge.2018.05.005>
58. Pérennou D., Bensmail D., Laffont I., Marque P., Yelnik A. A century of research on spasticity: Editors' opinion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 62(6): 393–396. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.001>
59. European Physical and Rehabilitation Medicine Bodies Alliance. White Book on Physical and Rehabilitation Medicine (PRM) in Europe. Chapter 4. History of the specialty: where PRM comes from. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018; 54(2): 186–197. <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.18.05147-x>
60. Hernigou P., Gravina N., Potage D., Dubory A. History of club-foot treatment; part II: tenotomy in the nineteenth century. *International Orthopaedics*. 2017; 41(10): 2205–2212. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3578-z>

Информация об авторах:

Жоши Ван, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, Казанский государственный медицинский университет.

E-mail: jjoshi.wan5093@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7497-2684>

Ахтямов Ильдар Фуатович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, Казанский государственный медицинский университет.

E-mail: akhtyamov12@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

Зиятдинов Булат Гумарович, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, Казанский государственный медицинский университет.

E-mail: ziatdinov.b86@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4003-4283>

Файзрахманова Гульнара Мубаракновна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, Казанский государственный медицинский университет.

E-mail: fagumu69@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7538-7906>

Вклад авторов:

Ван Ж., Зиятдинов Б.Г. – идея разработки устройства; Ахтямов И.Ф., Файзрахманова Г.М. – разработка дизайна исследования; Ван Ж., Ахтямов И.Ф. – анализ полученных данных; Файзрахманова Г.М. – написание текста рукописи; Зиятдинов Б.Г. – статистическая обработка полученного материала.

Information about the authors:

Ruoshi Wang, Student, Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Extreme Conditions, Kazan State Medical University.

E-mail: jjoshi.wan5093@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7497-2684>

Ildar F. Akhtyamov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Extreme Conditions, Kazan State Medical University.

E-mail: akhtyamov12@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

Bulat G. Ziatdinov, Cand. Sci. (Med.), Assistant of the Department, Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Extreme Conditions, Kazan State Medical University.

E-mail: ziatdinov.b86@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4003-4283>

Gulnara M. Faizrahmanova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Extreme Conditions, Kazan State Medical University.

E-mail: fagumu69@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7538-7906>

Contribution:

Wang R., Ziatdinov B.G. – the idea of device developing; Akhtyamov I.F., Faizrahmanova G.M. – development of the study design, Wang R., Akhtyamov I.F. – analysis of the data obtained, Faizrahmanova G.M. – text writing, Ziatdinov B.G. – received material statistical processing.

