

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-3-83-90>

УДК 616.728.4-001

© О.А. Кауц, К.А. Гражданов, П.П. Зуев, И.А. Норкин, 2023

Обзор литературы / Literature review



СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТРАВМ ОБЛАСТИ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА МЕТОДОМ АРТРОДЕЗИРОВАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

О.А. КАУЦ, К.А. ГРАЖДАНОВ, П.П. ЗУЕВ, И.А. НОРКИН

Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ, 410002, Саратов, Россия

Аннотация

Введение. Лечение больных с последствиями травм области голеностопного сустава является чрезвычайно актуальной проблемой из-за постоянно фиксируемого во всём мире роста частоты встречаемости в популяции данной патологии, большого числа осложнений и неудовлетворительных результатов хирургической реабилитации, и, как следствие, частой потерей трудоспособности. **Цель.** Проанализировать современное состояние вопроса лечения больных с последствиями повреждений области голеностопного сустава методом артродезирования путём изучения отечественного и зарубежного опыта. **Материал и методы.** Выполнен поиск и изучение материалов, содержащихся в современной научной литературе. Поиск проводился, используя преимущественно электронные базы данных (Medline, PubMed, eLIBRARY, Cochrane, SpringerLink и Web of Science) по ключевым словам: переломы лодыжек, артродез, внутрисуставной перелом большеберцовой кости, голеностопный сустав, посттравматический остеоартроз, крузартроз, ankle joint, ankle arthrosis, INTRA-ARTICULAR ankle FRACTURES. **Результаты.** В работе отражены современные аспекты актуальной проблемы лечения больных с последствиями травм области голеностопного сустава. Наиболее частым неблагоприятным исходом лечения травм в области голеностопного сустава является посттравматический крузартроз (до 60%). Приведены описания хирургических вмешательств, применяемых в настоящее время для лечения посттравматического крузартроза, рассмотрены варианты артродезирования голеностопного сустава (компрессионный и некомпрессионный, артроскопический артродез) как «золотого стандарта» при лечении данной патологии. Изложены положительные и отрицательные стороны методик оперативного лечения, выделены нерешённые вопросы рассматриваемой проблемы. **Обсуждение.** Артродезирование голеностопного сустава признаётся авторами «золотым стандартом» лечения, однако обращает на себя внимание наличие спорных и до сих пор нерешённых вопросов. Дискутируется необходимость обработки суставных поверхностей большеберцовой и таранной костей, использование костно-пластических материалов, обязательность удаления суставного хряща, способы фиксации при выполнении артродеза и другие, но все авторы указывают на бесспорные преимущества применения артродезирования голеностопного сустава: эффективность, лёгкость исполнения, воспроизводимость технологии и её малозатратность. **Выводы.** Несмотря на наличие некоторых нерешённых вопросов, артродез голеностопного сустава является эффективной операцией при посттравматическом остеоартрозе голеностопного сустава III-IV стадии.

Ключевые слова: переломы лодыжек, артродез, внутрисуставной перелом большеберцовой кости, голеностопный сустав, посттравматический остеоартроз, крузартроз

Финансирование: исследование выполнено в рамках НИР «Разработка персонализированного подхода к выбору тактики хирургической реабилитации пациентов с последствиями внутрисуставных повреждений дистального отдела костей голени», номер государственной регистрации НИОКТР 121032300174-6.

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

Для цитирования: Кауц О.А., Гражданов К.А., Зуев П.П., Норкин И.А., СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТРАВМ ОБЛАСТИ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА МЕТОДОМ АРТРОДЕЗИРОВАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2023. № 3(53). С. 83–90 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-3-83-90>

CONTEMPORARY UNDERSTANDING OF MANAGING THE PATIENTS WITH CONSEQUENCES OF ANKLE INJURIES BY ARTHRODESIS (REVIEW)

OLEG A. KAUTS, KONSTANTIN A. GRAZHDANOV, PAVEL P. ZUEV, IGOR A. NORKIN

Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, the Russian Federation Ministry of Healthcare, 410002, Saratov, Russia

Abstract. Introduction. The management of patients with the consequences of ankle injuries is a crucial issue due to the constant worldwide increase in the incidence of this pathology within the population, a large number of complications and poor outcomes of surgical rehabilitation, and thereby frequent disabilities. **The aim** of this research was to analyze the current state of the problem of managing patients with consequences of ankle injuries by arthrodesis through Russian and foreign experience. **Material and methods.** We reviewed the articles retrieved mostly from the electronic databases (Medline, PubMed, eLIBRARY, Cochrane, SpringerLink, and Web of Science) by keywords ankle fractures, arthrodesis, intra-articular tibial fracture, ankle joint, post-traumatic osteoarthritis, crurarthritis. **Results.** The study features the aspects of contemporary understanding of managing the patients with consequences of ankle injuries. The most common adverse outcome of the ankle injuries management is post-traumatic crurarthritis (up to 60%). We present the descriptions of surgical interventions used to treat post-traumatic crurarthritis as well as ankle arthrodesis options (compressive and non-compressive, arthroscopic arthrodesis) as the "gold standard" in the treatment of this pathology. The positive and negative aspects of the surgical methods are outlined, and unresolved issues are highlighted. **Discussion.** Arthrodesis of the ankle joint is recognized by most authors as the "gold standard", however, some issues remain controversial and yet unresolved. The need to treat tibia and talus articular surfaces, use osteoplastic materials, remove the articular cartilage as well as the methods of fixation in arthrodesis and others are discussed, but all authors point to the indisputable advantages of ankle arthrodesis: its efficacy, ease, reproducibility and low cost of the method. **Conclusion.** Despite some unresolved issues, ankle arthrodesis is an effective surgery for post-traumatic stage III-IV ankle osteoarthritis.

Keywords: ankle fractures, arthrodesis, intra-articular tibia fracture, ankle joint, post-traumatic osteoarthritis, crurarthritis

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: this study is a part of the project Designing personalized approach to the choice of surgical rehabilitation tactics in patients with the consequences of intra-articular injuries of the distal tibia and fibula (state registration number NIOKTR 121032300174-6).

For citation: Kautz O.A., Grazhdanov K.A., Zuev P.P., Norkin I.A., CONTEMPORARY UNDERSTANDING OF MANAGING THE PATIENTS WITH CONSEQUENCES OF ANKLE INJURIES BY ARTHRODESIS (REVIEW). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2023. № 3 pp. 83–90 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-3-83-90>

Введение. Одним из актуальных и сложных вопросов в современной травматологии и ортопедии является проблема лечения больных с внутрисуставными повреждениями, происходящими в зоне голеностопного сустава, и их последствиями. Об этом свидетельствует высокая распространённость внутрисуставных переломов, достигающая, по данным литературы, 187 случаев на 100 тыс. человек, или 9-20% всех повреждений опорно-двигательной системы, и число таких переломов год от года растёт [1-4].

Порядка 70% больных с повреждениями костей, составляющих голеностопный сустав, находятся в трудоспособном возрасте (25-60 лет). Результаты же лечения данной категории повреждений, особенно сложных, позволяют вернуть к прежней трудовой деятельности лишь 60-75% пострадавших. Последствия повреждений области голеностопного сустава составляют одну из основных причин выхода на инвалидность (от 8,8 до 46%), что усиливает социально-экономическую значимость проблемы [5-8].

Несмотря на значительные успехи в создании новых металлофиксаторов и методик лечения, у порядка 50% больных с травмой связочного аппарата голеностопного сустава развивается хроническая нестабильность в нём, что приводит к быстрому формированию крузартроза [9]. Важным моментом является сопутствующее повреждение суставных поверхностей костей, образующих голеностопный сустав, которое зачастую не выявляется врачами, но в последующем индуцирует развитие остеоартроза. Сложности анатомии голеностопного сустава определяют крайне высокую степень давления на единицу площади суставной поверхности по сравнению с другими суставами. Последнее обстоятельство, вместе с повреждением

суставного хряща и неконгруэнтностью суставных поверхностей из-за частую неполной репозиции и нестабильности сустава, обуславливает быстрое развитие артроза голеностопного, а зачастую и подтаранного суставов, что регистрируется в 10-60% наблюдений [10-11].

Указанные особенности переломов костей области голеностопного сустава объясняют большое число осложнений, которые влияют на окончательные результаты лечения, несмотря на использование современных оперативных и консервативных методик. Среди возникающих из-за повреждений области голеностопного сустава последствий, следует отметить сохранение устойчивого к лечению болевого синдрома, стойкого отёка нижней конечности, нарушение консолидации переломов лодыжек или их неправильное сращение, формирование контрактур, развитие остеоартроза голеностопного сустава. Количество осложнений остаётся крайне высоким и составляет 7-68% после консервативного лечения и до 47% после хирургических вмешательств [6, 12-17].

Цель. Проанализировать современное состояние вопроса лечения больных с последствиями повреждений области голеностопного сустава методом артродезирования путём изучения отечественного и зарубежного опыта.

Материал и методы. Проведён анализ данных современной литературы с использованием преимущественно электронных научных баз данных (Medline, PubMed, eLIBRARY, Cochrane, SpringerLink и Web of Science) по следующим ключевым словам: переломы лодыжек, артродез, внутрисуставной перелом большеберцовой кости, голеностопный сустав, посттравматический остеоартроз, крузартроз, ankle joint, ankle arthrosis, intra-articular ankle fractures. Проводилось изучение преимущественно полно-

текстовых версий научных статей в журналах, материалов диссертаций и авторефератов диссертаций по исследуемой проблематике, с глубиной проработки до 20 лет. Анализ подвергались также исследования, содержащиеся в литературных источниках уже проанализированных материалов, с целью получения дополнительных данных о результатах оперативного и консервативного лечения пациентов с переломами области голеностопного сустава и их последствиями.

Результаты. Наиболее часто (до 60%) встречающимся неблагоприятным исходом лечения травм в области голеностопного сустава является формирование посттравматического крузартроза. Если на ранних стадиях остеоартроза консервативное лечение помогает больным справиться с болевым синдромом, то на поздних стадиях процесса (III-IV стадиях по классификации Kellgren J.H., Lawrence J.S. (1957) [18] или III стадии по классификации Н.С. Косинской (1961) [19]) оно становится малоэффективным. Пациенты сталкиваются и с другими последствиями повреждений данной локализации: посттравматическими отёками, неправильно консолидированными переломами лодыжек, с деформацией голеностопного сустава, контрактурами, нарушением консолидации (замедленно срастающиеся или несросшиеся переломы), стойким болевым синдромом. Наличие стойкого болевого синдрома, уменьшение объёма движений в суставах стопы и утрата функции конечности приводит к инвалидизации больных и резкому снижению качества жизни, заставляя обращаться к врачу для оперативного лечения.

Хирургические вмешательства, применяемые в настоящее время для лечения посттравматического крузартроза, делятся на две группы. Первая группа – суставсохраняющие операции: артроскопические операции на голеностопном суставе, корригирующие остеотомии при неправильно сросшихся переломах костей голени и дистракционная артропластика. Вторая группа – не сохраняющие голеностопный сустав операции: тотальная артропластика голеностопного сустава и его артродезирование [15, 20-23].

На протяжении нескольких десятков лет «золотым стандартом» при лечении тяжёлых (III-IV) стадий посттравматического крузартроза среди хирургов считается артродезирование голеностопного сустава. Другими показаниями к выполнению артродеза признаются неправильно консолидированные переломы или ложные суставы костей, образующих голеностопный сустав, контрактуры голеностопного сустава, выраженное нарушение опорности стопы из-за недиагностированной травмы капсульно-связочного аппарата. Задачами выполняемого оперативного вмешательства является устранение деформации, восстановление оси конечности и замыкание голеностопного сустава в функционально выгодном положении за счёт формирования костного анкилоза. Артродезирование обеспечивает опороспособность стопе, избавляет больного от стойкого болевого синдрома и возвращает его к активной жизни. Для выполнения артродеза голеностопного сустава разработано много

методик, но, не смотря на это, результаты лечения зачастую не в полной мере удовлетворяют травматологов-ортопедов.

Все выполняемые артродезы можно разделить на компрессионные и некомпрессионные. Компрессионные артродезы формируют после хирургической обработки поверхностей костей от суставного хряща и установки их в необходимом положении, используя чрескостную фиксацию голеностопного сустава в аппаратах внешней фиксации (Илизарова, Гришина, Волкова-Оганесяна и др.). При этом за счёт использования аппарата поддерживают требуемую для создания костного блока величину компрессии [24-26]. Так, например, Ю.А. Плаксейчук с соавторами в 2012 г. на 286 больных с крузартрозом III-IV стадии и сопутствующим остеоартрозом в подтаранном суставе оценил результаты артродезирования при помощи наложения аппарата Илизарова с применением пластики костными трансплантатами. У 36 больных (основная группа) артродез выполнялся по оригинальной методике с достижением костного анкилоза в 100% случаев. В группе сравнения анкилоза удалось достичь в 97,2% случаев. Авторы приходят к выводу о высокой эффективности артродезирования в аппарате Илизарова при хирургическом лечении остеоартрозов стопы, так как при его применении удаётся купировать болевой синдром и добиться восстановления опорной функции конечности [24]. В случае имеющегося у больного артрозоартрита или инфекционного процесса в голеностопном суставе его артродезирование может быть выполнено с использованием аппарата внешней фиксации «закрытым» путём с хорошим клиническим результатом [27].

Некомпрессионный артродез может выполняться с использованием всего спектра погружных металлофиксаторов (накостные пластины с винтами, блокируемые стержни, винты, а также многочисленные авторские разработки) [28-30]. Так, в 2015 г. Д.В. Павлов с соавторами проанализировал результаты лечения 53 больных после выполнения артродеза голеностопного сустава следующими способами: 22 больным проводилась фиксация канюлированными винтами, 24 – ретроградными блокируемыми стержнями HAN, 4 пациентам выполнялась трансартикулярная фиксация тремя спицами, 6 – с помощью аппарата Илизарова. Во всех случаях вмешательства проводились с открытой резекцией суставных поверхностей костей, образующих сустав, и выполнением остеотомий. Лучшие результаты показало применение винтов (костного блока добились у 68%) и аппарата Илизарова (в 67% случаев); худшие – использование спиц (костного блока добились лишь у 25%). Применение внутрикостных стержней хотя и позволило добиться анкилоза у 62% больных, число послеоперационных осложнений оказалось больше (38%). Осложнения были представлены в основном поверхностным или глубоким воспалением и фиброзными анкилозами. Такой результат исследователи оценили как результат плохой первичной компрессии между костями, формирующими анкилоз, а также ухудшением кровоснабжения таранной кости, связанным с проведением через неё массивного стержня [31]. Для выполнения артродеза ряд

авторов предпочитает использовать наkostные пластины, так как они считают их надёжными, простыми в использовании и экономичными [32].

Учитывая часто возникающую в момент травмы альтерацию суставного хряща не только голеностопного, но и подтаранного суставов, отмечено одновременное вовлечение в дегенеративный процесс как голеностопного, так и подтаранного сустава. Это обстоятельство побуждает хирургов всё чаще использовать при артродезировании интрамедуллярные фиксаторы. К.С. Михайлов с соавторами в 2016 г. изучил результаты лечения посттравматического артроза у 63 больных, которым двуставный артродез стопы выполняли с использованием интрамедуллярного блокируемого стержня, вводимого ретроградно. В 59 (94%) наблюдений удалось добиться хорошего артродеза. Проведенный анализ результатов лечения с использованием различных шкал (визуально-аналоговой шкалы, шкалы американского ортопедического общества стопы и голеностопного сустава (AOFAS)) продемонстрировал достоверное ($p < 0,01$) улучшение всех клинико-функциональных показателей. Удалось достичь также значительного улучшения биомеханики стоп при ходьбе [33, 34].

В последние годы появляются публикации о возможности применения артроскопической хирургии для лечения посттравматических остеоартрозов голеностопного сустава, в том числе и на поздних стадиях. Например, Л.К. Брижань с соавторами (2017 г.) представили исходы хирургического лечения посттравматического остеоартроза голеностопного сустава поздних стадий с помощью предложенного ими малотравматичного артроскопического артродезирования. Данная методика позиционируется в качестве альтернативы классическому артродезу. В качестве обоснования её применения приводится уменьшение риска возникновения гнойных осложнений в послеоперационном периоде. Проанализированы результаты её применения на 102 пациентах. В первую группу включили 46 больных, которым голеностопный сустав фиксировали интрамедуллярным блокируемым стержнем HAN. Для этого использовалась традиционная открытая методика артродезирования. Вторую группу (основную) составили 56 больных, которым после предварительной дистракции в аппарате внешней фиксации при помощи шейвера выполняли артроскопический дебридмент сочленяющихся поверхностей большеберцовой и таранной костей от суставного хряща, добиваясь кровотока субхондральной кости, ликвидировали разрастания синовиальной оболочки, в ряде случаев производили остеотомию лодыжки. После этого выполняли фиксацию ретроградным блокируемым стержнем аналогично первой группе. В результате во второй группе больных количество осложнений снизилось на 26%, а период стационарного лечения стал короче на 40%. Пребывание на листке нетрудоспособности удалось сократить на 20%. В отдалённом периоде после хирургического вмешательства у больных второй группы отмечено полное отсутствие несостоятельности костного анкилоза, в

то время как в первой группе несостоятельный артродез констатирован в 3,9% случаев [35]. Эффективность выполнения артродеза голеностопного сустава артроскопическим путём со средним сроком формирования костного блока около 8,5 недель при лечении поздних стадий крузартроза подтверждается и исследованиями других авторов [36, 37].

Ж. Ван и соавторы (2022 г.) провели мета-анализ артродезирования голеностопного сустава на поздних стадиях крузартроза артроскопическим и традиционным открытым способом. Из 822 случаев артродеза голеностопного сустава 435 больных были прооперированы артроскопически, а у 387 использовалась традиционная методика. Мета-анализ частоты послеоперационного сращения и его времени продемонстрировал преимущество артроскопического артродеза над традиционным открытым, что объясняется авторами максимальной сохранностью мягких тканей и их функции вблизи места операции, в связи с чем ускоряется и процесс сращения кости. Также отмечено более низкое число осложнений в связи с ограниченным воздействием, уменьшением расслоения надкостницы и сохранением местного кровообращения, однако авторы не отметили существенной разницы в долгосрочной эффективности между этими двумя методиками [38].

Некоторыми исследователями отмечается тенденция к постепенному уменьшению количества производимых артродезирования, что связано с увеличением доли в лечении крузартроза тотального эндопротезирования голеностопного сустава как альтернативы замыканию сустава. Проанализировав работы отечественных и зарубежных авторов, касающиеся данного аспекта, выявлено, что большинство приходят к выводу о схожей эффективности этих двух методик [39, 40]. Многие авторы указывают на строгие критерии отбора пациентов для тотальной артропластики. Необходимо учитывать такие критерии, как возраст пациента, стойкость и интенсивность болевого синдрома, индекс массы тела, сохранение не менее 70% от объема движений в голеностопном суставе, а также отсутствие деформации заднего отдела стопы. Данным критериям отбора на тотальную артропластику полностью отвечают менее 20% больных с посттравматическими крузартрозами. Игнорирование обозначенных критериев приводит к неудаче тотальной артропластики и осложнениям в 24%, что обуславливает необходимость удаления эндопротеза и выполнения артродезирования сустава [41].

Дискуссия. Задачи, стоящие перед хирургами при лечении больных с последствиями повреждений области голеностопного сустава, заключаются в устранении деформации, ликвидации болевого синдрома, обеспечении опороспособности нижней конечности. Артродезирование голеностопного сустава признаётся авторами «золотым стандартом» лечения, однако обращает на себя внимание существование достаточно большого числа спорных и до сих пор нерешенных вопросов. Так, например, в изученной нами литературе отмечается отсутствие однозначной позиции учёных в отношении обязательности обработки

суставных поверхностей большеберцовой и таранной костей, а также относительно применения костно-пластических материалов [42, 43]. Некоторые хирурги производят тотальное удаление суставного хряща, добиваясь кровотоковости подлежащей кости, другие эту процедуру не проводят, а считают более важным обеспечение жёсткой фиксации сустава. В частности, встречаются работы, авторы которых, когда в суставе имеются инфекционные изменения, достигают состоятельного артродеза голеностопного сустава при помощи аппаратов наружной фиксации «закрыто» [44].

Также исследователи расходятся во мнении относительно способа фиксации при выполнении артродеза. Одни авторы считают достаточной фиксацию несколькими канюлированными винтами, другие настаивают на использовании интрамедуллярных стержней, третьи отдают предпочтение применению наkostных пластин с винтами, четвертые – аппаратов внешней фиксации [45, 46], однако все авторы указывают на бесспорные преимущества применения артродезирования голеностопного сустава: достаточную эффективность, относительную легкость исполнения, воспроизводимость технологии оперативного вмешательства и её малозатратность.

Заключение. Лечение больных с последствиями повреждений области голеностопного сустава, наиболее частым проявлением которых является посттравматический круартроз, продолжает активно обсуждаться в современной научной литературе, что связано с увеличивающейся частотой патологии и большим количеством неудовлетворительных результатов, приводящих к стойкой утрате трудоспособности и инвалидности.

Несмотря на наличие некоторых нерешённых вопросов, артродез голеностопного сустава является эффективной операцией при посттравматическом остеоартрозе голеностопного сустава III-IV стадии, позволяющей эффективно сформировать костный анкилоз в правильном положении, в большинстве случаев избавить больных от хронического болевого синдрома, получить опорную конечность, улучшить их социальную адаптацию, вернуть к активной жизни и значительно повысить её качество.

Список литературы / References

1. Daly P.J., Fitzgerald R.H., Melton L.J. Jr., Ilstrup D.M. Epidemiology of ankle fractures in Rochester, Minnesota. *Foot and Ankle Surgery* 2017;24(1):34-39. DOI: 10.1016/j.fas.2016.11.002.
2. Elsoe R., Ostgaard S.E., Larsen P. Population-based epidemiology of 9767 ankle fractures. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(1):34-39. DOI: 10.1016/j.fas.2016.11.002.
3. Thur C., Edgren G., Jansson K., Wretenberg P. Epidemiology of adult ankle fractures in Sweden between 1987 and 2004: a population-based study of 91,410 Swedish inpatients. *Acta Orthop.* 2012;(83):276-281. DOI: 10.3109 / 17453674.2012.672091.
4. Robertson G.A.J., Wood A.M., Aitken S.A., Brown C.C. Epidemiology, management, and outcome of sport-related ankle fractures in a standard UK population. *Foot Ankle Int.* 2014; 35(11):1143-1152. DOI: 10.1177/1071100714546548.
5. Цед А.Н., Ильющенко К.Г., Муштин Н.Е., Шмелев А.В., Щепкина Е.А., Дулаев А.К. Артродезирования голеностопного сустава пластиной с фиксированным углом из заднего доступа у пациента с ренальной остеодистрофией. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 2021;180(3):76-80. [Tsed A.N., Iljushenko K.G., Mushtin N.E., Shmelev A.V., Schepkina E.A., Dulaev A.K. Arthrodesis of the ankle joint with LCP plate from the posterior surgical approach in a patient with renal osteodystrophy (hemodialysis). *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2021;180(3):76-80. In Russian] DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-3-76-80.
6. Куров М.А., Голубев В.Г. Современные представления о патогенезе хронической нестабильности голеностопного сустава. Обзор литературы. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2018;(4):98-106. [Kurov M.A., Golubev V.G. Modern ideas about the pathogenesis chronic instability ankle joint. Literature review. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin.* 2018;(4):98-106. In Russian].
7. Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е., Шукин А.В., Иванов Д.В. Сравнительный биомеханический анализ способов артродезирования голеностопного сустава: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(4):136-147 [Khomnits V.V., Mikhailov S.V., Zhumagaziev S.E., Shchukin A.V., Ivanov D.V. Comparative Biomechanical Analysis of Ankle Arthrodesis Techniques: Experimental Study. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(4):136-147. In Russian]. DOI: 10.17816/2311-2905-1989.
8. Juto H., Nilsson H., Morberg P. Epidemiology of Adult Ankle Fractures: 1756 cases identified in Norrbotten County during 2009-2013 and classified according to AO/OTA. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2018;(19):Art. 441. DOI: 10.1186/s12891-018-2326-x.
9. Valderrabano V., Hintermann B., Horisberger M., Fung T.S. Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am. J. Sports Med.* 2006;34(4):612-620. DOI: 10.1177/0363546505281813.
10. Leontaritis N., Hinojosa L., Panchbhavi V.K. Arthroscopically detected intra-articular lesions associated with acute ankle fractures. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009;91(2):333-339. DOI: 10.2106/JBJS.H.00584.
11. Goost H., Wimmer M.D., Barg A., Kabir K., Valderrabano V., Burger C. Fractures of the Ankle Joint Investigation and Treatment Options. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2014;111(21):377-388. DOI: 10.3238/arztebl.2014.0377.
12. Слободской А.Б., Балаян В.Д., Язбек М.Х., Ямщиков О.Н. Современное представление вопроса лечения больных с повреждением голеностопного сустава (обзор литературы). *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки.* 2016;21(1):176-181. [Slobodskoy A.B., Balayan V.D., Hussein Y.M., Yamshchikov O.N. Modern presentation of patients' treatment with injury of the ankle joint question (literary review). *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences.* 2016;21(1):176-181. In Russian]. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-176-181.
13. Хоминец В.В., Кудяшев А.Л., Печкуров А.Л., Федотов А.О., Наниев С.О. Сравнительный анализ результатов лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(3):69-79. [Khomnits V.V., Kudyashev A.L., Pechkurov A.L., Fedotov A.O., Naniev S.O. Comparative analysis of results of treatment of patients with fractures of the distal metaphysis of the tibia types B and C. *Traumatology and orthopedics Russia.* 2017;23(3):69-79. In Russian].

niev S.O. Comparative Analysis of Treatment Outcomes in Patients with Types B and C Pylon Fractures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(3):69-79. In Russian]. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-69-79.

14. Череватый Н.И., Соломин Л.Н. Лечение пациентов с последствиями переломов лодыжек (обзор мировой литературы). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(6):77-88. Cherevatiy N.I., Solomin L.N. Treatment of Patients with Ankle Fractures (Literature Review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(6):77-88. In Russian. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.6.12.

15. Fragomen A.T., Borst E., Schachter L., Lyman S., Rozbruch S.R. Complex ankle arthrodesis using the Ilizarov method yields high rate of fusion. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2012; 470(10):2864-2873. DOI: 10.1007/s11999-012-2470-9.

16. Van Wensen R.J.A., van den Bekerom M.P.J., Marti R.K., van Heerwaarde R.J. Reconstructive osteotomy of fibular malunion: review of the literature. *Strat. Traum. Limb Recon.* 2011;(6):51-57. DOI: 10.1007/s11751-011-0107-2.

17. Stufkens S.A.S., van den Bekerom M.P.J., Kerkhoffs G.M.M.J., Hintermann B., van Dijk C.N. Long-term outcome after 1822 operatively treated ankle fractures: A systematic review of the literature. *Injury*. 2011;42(2):119-127. DOI: 10.1016/j.injury.2010.04.006.

18. Kellgren J.H., Lawrence J.S. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957;16(4):494-502. DOI: 10.1136/ard.16.4.494.

19. Косинская Н.С., Рохлин Д.Г. Рабочая классификация и общая характеристика поражений костно-суставного аппарата. Л.: Медицина, 1961. 169 с. [Kosinskaya N.S., Rokhlin D.G. Working classification and general characteristics of lesions in osteoarticular apparatus. Leningrad: Medicine, 1961. 169 p. In Russian].

20. Cottino U., Collo G., Morino L., Cosentino A., Gallina V., Derigibus M., Tellini A. Arthroscopic ankle arthrodesis: a review. *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 2012;5(2): 151-155. DOI: 10.1007/s12178-012-9119-x.

21. Горбатов Р.О., Горин Р.О., Павлов Д.В., Малышев Е.Е. Концепция современного артродезирования голеностопного сустава при посттравматическом круартрозе III-IV стадии. Современные технологии в медицине. 2016;8(3):64-74. [Gorbatov R.O., Gorin V.V., Pavlov D.V., Malyshev E.E. The concept of modern ankle joint arthrodesis in posttraumatic crusarthrosis, grade III-IV. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2016;8(3):64-74. In Russian]. DOI: 10.17691/stm2016.8.3.07.

22. Morash J., Walton D. M., Glazebrook M. Ankle Arthrodesis Versus Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Clin.* 2017;22(2):251-266. DOI: 10.1016/j.fcl.2017.01.013.

23. Котельников Г.П., Иванов В.В., Николаенко А.Н., Иванова О.Ф., Дороганов С.О. Эндопротезирование голеностопного сустава. Гений ортопедии. 2021;27(5):645-657. [Kotelnikov G.P., Ivanov V.V., Nikolaenko A.N., Ivanova O.F., Doroganov S.O. Total ankle replacement. *Genij Ortopedii*. 2021;27(5):645-657] DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-645-657.

24. Плаксейчук Ю.А., Салихов Р.З., Соловьев В.В. Хирургическое лечение больных с артрозом голеностопного сустава. Казанский медицинский журнал. 2012;93(1):38-43. [Plakseychuk Yu.A., Salikhov R.Z., Soloviev V.V. Surgical treatment of patients with arthrosis of the ankle joint.

Kazan Medical Journal. 2012;93(1):38-43. In Russian]. DOI: 10.17816/KMJ2142.

25. Onodera T., Majima T., Kasahara Y., Takahashi D., Yamazaki S., Ando R., Minami A. Outcome of transfibular ankle arthrodesis with Ilizarov apparatus. *Foot Ankle Int.* 2012;33(11):964-968. DOI: 10.3113/fai.2012.0964.

26. Khanfour A.A. Versatility of Ilizarov technique in difficult cases of ankle arthrodesis and review of literature. *Foot Ankle Surg.* 2013;19(1):42-47. DOI: 10.1016/j.fas.2012.10.001.

27. Alammari Y., Sudnitsyn A., Neretin A., Leonchuk S., Kliushin N.M. Closed arthrodesis in infected neuropathic ankles using ilizarov ring fixation. *Bone Joint*. 2020;102-B(4):470-477. DOI: 10.1302/0301-620X.102B4.BJJ-2019-1158.R1.

28. 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. [Khominec V.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Shumagaziev S.E., Komarov A.V. Ankle arthrodesis with three cancellous screws. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(2):117-126. In Russian]. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126.

29. Лебедев А.А., Солдатов Ю.П. Результаты применения различных способов артродеза голеностопного сустава у больных остеоартритом. Уральский медицинский журнал. 2022;21(2):13-18. [Lebedev A.A., Soldatov Yu.P. Results of different methods of ankle arthrodesis in patients with osteoarthritis. *Ural Medical Journal*. 2022;21(2):13-18. In Russian] DOI: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-13-18

30. Hyer C.F., Cheney N. Anatomic Aspects of Tibiotalocalcaneal Nail Arthrodesis. *J. Foot Ankle Surg.* 2013;52(6):724-727. DOI: 10.1053/j.jfas.2013.06.018.

31. Павлов Д.В., Горбатов Р.О., Малышев Е.Е., Горин В.В. Клинико-рентгенологическая оценка эффективности применения различных методов артродеза и современных фиксаторов при оперативном лечении посттравматического артроза голеностопного сустава. Современные проблемы науки и образования. 2015;(5). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22218>, дата обращения 05.06.23. [Pavlov D.V., Gorbatov R.O., Malyshev E.E., Gorin V.V. Clinical and radiological assessment of the effectiveness of various methods of arthrodesis and modern fixators in the surgical treatment of post-traumatic arthrosis of the ankle joint. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(5). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22218>, accessed June 05, 2023. In Russian].

32. Clifford C., Berg S., McCann K., Hutchinson B. A biomechanical comparison of internal fixation techniques for ankle arthrodesis. *J. Foot Ankle Surg.* 2015;54(2):188-191. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.06.002.

33. Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Сорокин Е.П. Динамика изменений клинко-функциональных показателей у пациентов после артродезирования голеностопного и подтаранного суставов интрамедуллярным блокируемым стержнем. Актуальные проблемы травматологии и ортопедии. Сборник научных статей, посвященный 110-летию РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Санкт-Петербург, 2016. С. 196-202. [Mikhailov K.S., Emelyanov V.G., Tikhilov R.M., Kochish A.Yu., Sorokin E.P. Dynamics of changes in clinical

and functional parameters in patients after ankle and subtalar arthrodesis with intramedullary lockable nails. Actual Problems of Traumatology and Orthopedics. Collection of scientific articles dedicated to the 110th anniversary of RNIITO n.a. R.R. Vreden. Saint-Petersburg, 2016. P. 196-202. In Russian].

34. Гражданов К.А., Зуев П.П., Кауц О.А., Романов Н.И., Барабаш Ю.А., Киреев С.И., Норкин И.А. Хирургическая реабилитация пациентов с последствиями перелома пилона. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021;28(3):13-19. [Grazhdanov K.A., Zuev P.P., Kauts O.A., Romanov N.I., Barabash Yu.A., Kireev S.I., Norkin I.A. Surgical rehabilitation of patients with the consequences of pilon fractures. N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics. 2021;28(3):13-19. In Russian]. DOI: 10.17816/vto65076.

35. Брижань Л.К., Хоминец В.В., Давыдов Д.В., Стойко Ю.М., Юрмина Н.С., Сливков К.А., Керимов А.А., Кузьмин П.Д. Современный подход к профилактике инфекционных осложнений при артродезе голеностопного сустава. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2017;12(4, часть 2):67-71. [Brizhan L.K., Hominec V.V., Davydov D.V., Stojko Yu.M., Yurmina N.S., Slivkov K.A., Kerimov A.A., Kuzmin P.D. Modern approach to the prevention of infectious complications in the arthrodesis of the talocrural joint. Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center. 2017;12(4, part 2):67-71. In Russian].

36. Seo S.G., Seo J.H., Song J.W., Lee H.S. Arthroscopic ankle arthrodesis. *Arthroscopy and Orthopedic Sports Medicine*. 2015;2(2):110-116. DOI:10.14517/aosm15013.

37. Jones C.R., Wong E., Applegate G.R., Ferkel R.D. Arthroscopic Ankle Arthrodesis: A 2-15 Year Follow-up Study. *Arthroscopy*. 2018;34(5):1641-1649. DOI: 10.1016/j.arthro.2017.11.031.

38. Ван Ж., Ахтямов И.Ф., Зиятдинов Б.Г., Файзрахманова Г.М. Мета-анализ артроскопической техники и традиционного открытого артрореза голеностопного сустава при лечении пациентов с поздней стадией его остеоартроза. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2022;17(1):103-106. [Wang R., Akhtyamov I.F., Ziatdinov B.G., Faizrakhmanova G.M. Meta-analysis of arthroscopic technique and traditional open ankle arthrodesis for the treatment of advanced ankle osteoarthritis. Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center. 2022;17(1):103-106. In Russian]. DOI: 10.25881/20728255_2022_17_1_103.

39. Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Сорокин Е.П. Обоснование выбора операций артродезирования или эндопротезирования у пациентов с артрозом голеностопного сустава. Травматология и ортопедия России. 2016;(1): 21-32. [Mikhaylov K.S., Emelyanov V.G., Tikhilov R.M., Kochish A.Yu., Sorokin E.P. Substantiation of surgery method in patient with ankle osteoarthritis: arthrodesis or arthroplasty. Traumatology and orthopedics of Russia. 2016;(1):21-32. In Russian]. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32.

40. Chopra S., Rouhani H., Assal M., Aminian K., Crevoisier X. Outcome of unilateral ankle arthrodesis and total anklerplacement in terms of bilateral gait mechanics. *J Orthop Res.* 2014;32(3):377-384. DOI: 10.1002/jor.22520.

41. Lawton C.D., Butler B.A., Dekker R.G. 2nd, Prescott A., Kadakia A.R. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis-a comparison of outcomes over the last decade. *J. Orthop. Surg. Res.* 2017;12(1): Art.76. DOI: 10.1186/s13018-017-0576-1.

42. Ключин Н. М., Ермаков А. М. Двухэтапное артродезирование голеностопного сустава при лечении перипротезной инфекции. *Гений ортопедии*. 2020;26(1):99-102. [Kliushin N.M., Ermakov A.M. Two-stage arthrodesis of the ankle joint in the treatment of periprosthetic infection. *Genij Ortopedii*. 2020;26(1):99-102. In Russian]. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-1-99-102

43. Норкин И.А., Гражданов К.А., Барабаш Ю.А., Кауц О.А., Зув П.П., Романов Н.И. Ревизионное артродезирование голеностопного и подтаранного суставов аутотрансплантатом из малоберцовой кости. Политравма. 2022;(2):49-55. [Norkin I.A., Grazhdanov K.A., Barabash Yu.A., Kauts O.A., Zuev P.P., Romanov N.I. Revision arthrodesis of the ankle and subtalar joints with autograft from the fibular bone. Polytrauma. 2022;(2):49-55. In Russian]. DOI: 10.24412/1819-1495-2022-2-49-55

44. Alammay Y, Sudnitsyn A, Neretin A, Leonchuk S, Kliushin N.M. Closed arthrodesis in infected neuropathic ankles using Ilizarov ring fixation. *Bone Joint*. 2020;102-B(4):470-477. DOI: 10.1302/0301-620X.102B4.BJJ-2019-1158.R1.

45. Morasiewicz P, Dejne Kulej M.M., Dragan S.Ł., Konieczny G., Krawczyk A., Urbański W., Orzechowski W., Dragan S.F., Pawik Ł. Sport and physical activity after ankle arthrodesis with Ilizarov fixation and internal fixation. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2019;28(5):609-614. DOI:10.17219/acem/80258.

46. Цед А.Н., Ильющенко К.Г., Муштин Н.Е., Шмелев А.В., Щепкина Е.А., Дулаев А.К. Артродезирование голеностопного сустава пластиной с фиксированным углом из заднего доступа у пациента с ренальной остеодистрофией. Вестник хирургии ИМ. И.И. Грекова. 2021;180(2):76-80. [Tsed A.N., Iljushenko K.G., Mushtin N.E., Shmelev A.V., Schepkina E.A., Dulaev A.K. Arthrodesis of the ankle joint with LCP plate from the posterior surgical approach in a patient with renal osteodystrophy (hemodialysis). Grekov's Bulletin of Surgery. 2021;180(3):76-80. In Russian]. DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-3-76-80.

Информация об авторах:

Кауц Олег Андреевич – к. м. н., старший научный сотрудник
отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии,
врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического от-
деления №3 Научно-исследовательского института травматоло-
гии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ
им. В.И. Разумовского Минздрава России (НИИТОН СГМУ),
ул. им. Н.Г. Чернышевского, 148, г. Саратов, 410002, Россия;
e-mail oandreevich2009@yandex.ru

Гражданов Константин Александрович – к. м. н., старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения №1 Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России (НИИТОН

СГМУ), ул. им. Н.Г. Чернышевского, 148, г. Саратов, 410002, Россия; e-mail kotas1976@mail.ru

Зуев Павел Павлович – к. м. н., младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения №1 Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России (НИИТОН СГМУ), ул. им. Н.Г. Чернышевского, 148, г. Саратов, 410002, Россия; e-mail pasha.zuiev@mail.ru

Норкин Игорь Алексеевич – д. м. н., профессор, начальник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России (НИИТОН СГМУ), ул. им. Н.Г. Чернышевского, 148, г. Саратов, 410002, Россия; e-mail norkinia@sarniito.com

Автор, ответственный за переписку: Кауц Олег Андреевич, e-mail oandreevich2009@yandex.ru

Information about authors:

Oleg A. Kauts – MD, PhD, Senior Researcher in the Department of Traumatology and Orthopedic Innovations, #3 Dept. Trauma Orthopedist, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, N.G. Chernyshevskogo str., 148, Saratov, 410002, Russia, e-mail oandreevich2009@yandex.ru

Konstantin A. Grazhdanov – MD, PhD, Senior Researcher in the Department of Traumatology and Orthopedic Innovations, #1 Dept. Trauma Orthopedist, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, N.G. Chernyshevskogo str., 148, Saratov, 410002, Russia; e-mail kotas1976@mail.ru

Pavel P. Zuev – MD, PhD, Junior Researcher in the Department of Traumatology and Orthopedic Innovations, #1 Dept. Trauma Orthopedist, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, N.G. Chernyshevskogo str., 148, Saratov, 410002, Russia; e-mail pasha.zuiev@mail.ru

Igor A. Norkin – MD, DSc, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedic Innovations, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, N.G. Chernyshevskogo str., 148, Saratov, 410002, Russia; e-mail norkinia@sarniito.com

Corresponding author: Oleg A. Kauts, e-mail oandreevich2009@yandex.ru