

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТОТАЛЬНОЙ НЕУДАЧЕЙ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

SURGICAL MANAGEMENT OF PATIENTS WITH TOTAL FAILURE OF ANKLE REPLACEMENT (A SYSTEMATIC REVIEW)

**Норкин И.А. Zuev P.P.
Зуев П.П. Zuev P.P.
Барабаш Ю.А. Barabash Yu.A.
Гражданов К.А. Grazhdanov K.A.
Кауц О.А. Kauts O.A.**

Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
Минздрава России,

г. Саратов, Россия

Scientific Research Institute of Traumatology,
Orthopedics and Neurosurgery,
V.I. Razumovsky Saratov State Medical University,

Saratov, Russia

Цель – систематизировать отечественный и зарубежный опыт хирургического лечения пациентов после тотальной неудачи эндопротезирования голеностопного сустава.

Материал и методы. Был проведен поиск публикаций по электронным медицинским базам данных PubMed, Google Scholar, eLIBRARY, Центральной научной медицинской библиотеки Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, ВНИИТИ РАН по ключевым словам «нестабильный эндопротез голеностопного сустава», «артродез после эндопротезирования голеностопного сустава», «осложнения тотального эндопротезирования голеностопного сустава», «failed total ankle replacement», «arthrodesis after total ankle replacement», «complications after total ankle replacement», опубликованных в 2000-2020 гг. В предварительный анализ было включено 78 источников. Критериями для последующего исключения стали: отсутствие описания методики хирургического вмешательства (совокупность оперативных приемов), осложнений, развившихся в послеоперационном периоде, а также анатомического и функционального исходов лечения. В итоге проанализировано 42 источника, из которых 37 – клинические исследования и 5 – систематические обзоры литературы. 31 источник литературы использован для анализа существующих методик хирургического лечения пациентов с тотальной неудачей эндопротезирования, 11 источников были дополнительно использованы для оценки эволюции технологии эндопротезирования и костно-пластического артродеза голеностопного сустава.

Результаты. Усовершенствование технологий тотального эндопротезирования голеностопного сустава и конструктивных особенностей эндопротезов третьего поколения привело к расширению показаний к использованию данной операции, позволяющей обеспечить достаточный объем движений в отличие от артродезирования. Рост объема выполняемых артропластик голеностопного сустава неумолимо приводит к увеличению количества осложнений, но на сегодняшний день, по данным литературы,

Objective – the systematic review of Russian and foreign practices of surgical management of patients with the total failures of ankle replacements.

Material and methods. We performed a keyword search of papers retrieved from electronic medical databases PubMed, Google Scholar, eLIBRARY, the Central Scientific Medical Library of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, the Federal State Budgetary Institution of Science All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences by ankle implant loosening, arthrodesis after total ankle replacement, total ankle replacement complications, failed total ankle replacement published in English and Russian in 2000-2020. We retrieved 78 studies and used the following withdrawal criteria to refine the search: the lack of surgical technique description (the complex of surgical methods), or complications in the post-surgical period as well as anatomy or functional outcomes. 42 papers were eventually analyzed, 37 of these were clinical studies and 5 were systematic reviews. 31 researchers were used to analyze the contemporary methods of surgical management for total failure of ankle replacement, another 11 papers were used to additionally assess the evolution of techniques of ankle replacement and bone-grafting arthrodesis.

Results. The improvements in total ankle replacement techniques and designs of the third generation implants resulted in the expansion of surgical indications as total replacement provides an adequate range of motions as opposed to arthrodesis. With the number of ankle replacements boosting, the number of complications inexorably increases too, but their incidence does not exceed that of larger joint replacements, as the analyzed studies suggest. We claim two major reasons for revision



Для цитирования: Норкин И.А., Зуев П.П., Барабаш Ю.А., Гражданов К.А., Кауц О.А. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТОТАЛЬНОЙ НЕУДАЧЕЙ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР) //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2021. № 4, С. 69-75.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/358>

DOI: 10.24412/1819-1495-2021-4-69-75

их частота не превышает количества таковых при аналогичных операциях на крупных суставах. Выделены две основные причины ревизионных операций после тотального эндопротезирования голеностопного сустава – асептическая нестабильность с миграцией компонентов эндопротеза и инфекционные осложнения. В связи с малой 5-летней выживаемостью ревизионных эндопротезов, наличием образованных после удаления первично установленных конструкций значительных по размеру костных дефектов, неудовлетворительными функциональными показателями реальной применяемой методикой проводимого в данных случаях лечения остается выполнение костно-пластического артродеза. В настоящее время активно обсуждается вопрос об использовании наиболее перспективных комбинаций применения видов ауто- / аллотрансплантатов и типов фиксаторов – интрамедуллярных, на костных или чрескостных в зависимости от типа образующихся после удаления компонентов эндопротеза костных дефектов.

Заключение. На данный момент не существует оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с нестабильностью эндопротеза голеностопного сустава. По мнению большинства исследователей, артродез зарекомендовал себя как надежный метод восстановительного лечения, который предсказуемо приводит к удовлетворительным результатам при условии анкилозирования голеностопного сустава. Будущие исследования должны быть направлены на поиск оптимального сочетания имплантируемой металлоконструкции и вида костной пластики в зависимости от имеющегося дефекта костей, образующих голеностопный сустав.

Ключевые слова: голеностопный сустав; крузартроз; тотальное эндопротезирование; осложнения; нестабильность компонентов эндопротеза.

Современные подходы к лечению терминальных стадий остеоартрита голеностопного сустава предполагают в качестве методов выбора тотальное эндопротезирование и костно-пластический артродез, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные особенностями технологии их выполнения, конструктивными характеристиками используемых металлоконструкций, специфичностью потенциальных осложнений [1-6]. Перечисленные факторы не только определяют выбор показаний к хирургическому лечению, но и хронологическую последовательность выполнения одного или другого способа реконструкции голеностопного сустава в ходе ревизионного вмешательства. Основной проблемой для практикующего врача в настоящее время является принятие решения о выборе тактики хирургического лечения в каждой конкретной ситуации с перспективой на будущее, где может проследиваться высокая вероятность возникновения нестабильности металлоконструкции или ее износа. Однако на сегодняшний день в литературе нет единого мнения относительно выбора способа хирургического лечения терминальных стадий остеоартри-

та голеностопного сустава, а попытки авторов сделать выводы на основе проведенного мета-анализа не имеют особого смысла из-за гетерогенности клинических показаний и хирургических методик, применяемых у данной категории пациентов [7, 8].

Цель – систематизировать отечественный и зарубежный опыт хирургического лечения пациентов после тотальной неудачи эндопротезирования голеностопного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Был проведен поиск публикаций по электронным медицинским базам данных PubMed, Google Scholar, eLIBRARY, Центральной научной медицинской библиотеки Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, ВИНТИ РАН за период 2000-2020 гг. по ключевым словам «нестабильный эндопротез голеностопного сустава», «артродез после эндопротезирования голеностопного сустава», «осложнения тотального эндопротезирования голеностопного сустава», «failed total ankle replacement», «arthrodesis after total ankle replacement», «complications after total ankle replacement». В предварительный анализ было включено 78 источников.

surgeries after total ankle replacements – the aseptic loosening with the migration of implant components and infectious complications. Low 5-year survival rates of revision implants, major defects that form after removal of primary implants, and poor functioning make osteoplastic arthrodesis the adequate method for managing these cases. Nowadays the features of the most promising combinations of various auto- and allografts, as well as fixators (intramedullary, extramedullary, or transosseous) depending on the types of bone defects that form after removal of implant components, have been debated a lot.

Conclusion. As of today, there is no optimal technique for the surgical management of patients with loosened ankle implants. Most experts claim arthrodesis to be the reliable technique of surgical rehabilitation that predictably leads to satisfactory outcomes as long as the ankle was ankylosed. Further studies should focus on searching for a perfect combination of implanted surgical hardware and type of bone grafting depending on the defect in ankle bones.

Key words: ankle joint; ankle arthrosis; total joint replacement; complications; loosening of implant components.

Глубина поиска составила 10 лет в соответствии с поставленной целью научного исследования, направленного на оценку эволюции развития технологии проведения артродеза голеностопного сустава в качестве ревизионной операции, и периодами сменяемости поколений эндопротезов.

Критериями для последующего исключения стали отсутствие описания методики хирургического вмешательства (совокупность оперативных приемов), осложнений, развившихся в послеоперационном периоде, а также анатомического и функционального исходов лечения. В итоге проанализирован 31 источник литературы, дополнительно 11 источников были использованы для оценки эволюции методик эндопротезирования голеностопного сустава и соответствующему этому расширению спектра причин осложнений, из которых 37 – клинические исследования и 5 – систематические обзоры литературы.

В итоге проанализировано 42 источника, из которых 37 – клинические исследования и 5 – систематические обзоры литературы; 31 источник использован для анализа существующих методик хирургического лечения пациентов с

тотальной неудачей эндопротезирования, 11 источников были дополнительно использованы для оценки эволюции технологии эндопротезирования и костно-пластического артродеза голеностопного сустава.

Из 31 отобранного источника для анализа существующих методик хирургического лечения пациентов с тотальной неудачей эндопротезирования голеностопного сустава 26 были клиническими исследованиями и 5 обзорами литературы. Содержание последних было посвящено поиску оптимальной тактики хирургического лечения с оценкой причин возникновения осложнений в послеоперационном периоде у данной категории пациентов. Описание результатов клинических исследований в 5 источниках содержало данные о комплексной оценке исходов ревизионного эндопротезирования у 178 пациентов. В 4 публикациях демонстрировались результаты лечения пациентов, которым был выполнен артродез голеностопного сустава с применением комбинированных методик замещения костного дефекта и металлических сетчатых / пористых объемных трансплантатов. В 17 публикациях описаны результаты лечения 296 пациентов, которым был выполнен артродез с использованием погружных наконечных или интрамедуллярных металлоконструкций в сочетании с костной ауто- или аллопластикой.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Усовершенствование технологий тотального эндопротезирования голеностопного сустава и конструктивных особенностей эндопротезов третьего поколения привело к расширению показаний к использованию данной операции, позволяющей обеспечить достаточный объем движений в отличие от артродезирования. Рост объема выполняемых артропластик голеностопного сустава неумолимо приводит к увеличению количества осложнений, но на сегодняшний день, по данным литературы, их частота не превышает количества таковых при аналогичных операциях на крупных суставах.

Заслуживающим внимания является исследование, в котором

группа авторов сравнивает результаты лечения пациентов после ревизионных операций и первичного артродеза голеностопного сустава [9]. Они достоверно доказали, что ревизионный артродез приводит к ухудшению качества жизни и более интенсивному болевому синдрому, чем первичный. Данные результаты подтверждают необходимость принятия врачебного решения в пользу первичного эндопротезирования голеностопного сустава с последующим его артродезированием при возникновении показаний к ревизионной операции по поводу возникших осложнений.

Выделены две основные причины ревизионных операций после тотального эндопротезирования голеностопного сустава – асептическая нестабильность с миграцией компонентов эндопротеза и инфекционные осложнения. Перед выполнением или в ходе ревизионной операции крайне важно, чтобы переимплантарная инфекция была исключена [10], так как последняя усложняет выбор тактики хирургического лечения и увеличивает срок реабилитации пациентов. Хотя и в этих случаях есть шанс сохранить имплантат после ревизии и санации раны. При длительно существующей инфекции с возможным образованием бактериальных биопленок на поверхности компонентов эндопротеза требуется удаление конструкций [10, 11]. Необходимость пластики дефекта костей, образующих голеностопный сустав, приводит к разделению хирургического лечения на несколько этапов с использованием сейсеров с антибактериальными препаратами или без них. В случаях небольших костных дефектов с возможностью достижения удовлетворительного контакта между костями наиболее оптимальным вариантом лечения становится одномоментный артродез аппарата наружной фиксации [12].

В настоящее время в мире известно всего несколько моделей ревизионных эндопротезов голеностопного сустава, конструктивные особенности которых позволяют их использовать в условиях наличия дефектов костей, образующихся после удаления первичного имплантата. По итогам анализа исто-

рий болезней 70 пациентов [13] выявлено, что менее 50 % из них были удовлетворены результатом ревизионного эндопротезирования, но их функциональные показатели при этом были более низкими, 5-летняя выживаемость ревизионных эндопротезов голеностопного сустава составила 76 %, а 10-летняя – всего лишь 55 %.

Большинство авторов сходятся во мнении, что однозначным противопоказанием для ревизионного эндопротезирования являются большие костные дефекты, не позволяющие обеспечить необходимую опору для компонентов эндопротеза [10, 13-17]. Как итог спасительной операцией у данной категории пациентов остается костно-пластический артродез, обеспечивающий возможность безболезненной нагрузки на конечность, но более низкий функциональный результат по сравнению с эндопротезированием [18, 19].

Выполнение костно-пластического артродеза способствует исправлению имеющихся деформаций и созданию остеоиндуктивной среды за счет проведения костной пластики в сочетании с металлофиксацией. Однако использование ауто трансплантата для замещения крупных костных дефектов ограничивается имеющимся объемом костной массы, ее остеосклерозом с потенциальным остеоллизисом во время консолидации [20-22]. Использование аллотрансплантатов решает проблему дефицита донорских зон, но не гарантирует утрату высоты костного блока с возможным последующим несращением, которое возникает в 24 % случаев.

Несмотря на это, отдельные авторы [26] сообщают об удачном применении структурного аллотрансплантата из головки бедренной кости у 5 пациентов для замещения дефектов в сочетании с артродезированием интрамедуллярным блокируемым стержнем. Они приходят к заключению, что использование комбинации пластики с металлофиксацией оправдано и позволяет добиться хорошего функционального результата с разумными сроками анкилозирования. Другие авторы придерживаются такого же мнения [27, 28], используя анало-

гичную тактику хирургического лечения пациентов с тотальной неудачей эндопротезирования голеностопного сустава. В поддержку интрамедуллярной металлофиксации говорят и результаты лечения 23 пациентов — авторам исследования [29] удалось в 95,6 % добиться костного анкилоза голеностопного сустава.

Другие исследователи [30] публикуют результаты лечения 23 пациентов с рассматриваемой патологией, сравнивая метод фиксации интрамедуллярным стержнем и винтами. В 6 случаях, где костно-пластический артродез голеностопного сустава выполнялся компрессионными винтами, достичь сращения не удалось, что подтверждает состоятельность тезиса о необходимости применения интрамедуллярного остеосинтеза.

В поиске оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с нестабильностью эндопротеза голеностопного сустава часть авторов прибегала к альтернативным методикам, используя для замещения дефектов костной ткани трабекулярный танталовый имплантат или сетчатые кейджи, заполненные костной крошкой [31-34]. Гипотетически такой подход должен обеспечивать стабильность на всех фазах ремоделирования костного трансплантата без потери длины нижней конечности, а также способствовать консолидации костей, образующих голеностопный сустав. Результаты же клинических исследований стали неутешительными. Так, группой авторов [34] было установлено, что более чем через один год наблюдения за 13 пациентами были диагностированы неудовлетворительные клинические результаты (средний балл AOFAS составил 56 (21-78)) и выявлено большое количество случаев отсутствия консолидации и интеграции тантала. Другие ученые [32] также не рекомендуют применять титановые сетчатые кейджи, заполненные аутотрансплантатом для артродеза голеностопного сустава.

Один из авторов [35] описывает удовлетворительные результаты лечения пациентов с тотальной неудачей эндопротезирования голеностопного сустава, включающего

проведение артродеза в виде костной пластики с металлофиксацией накостной пластиной и винтами.

В доступной литературе нам встретился единственный сформулированный алгоритм хирургического лечения пациентов с осложнениями тотального эндопротезирования голеностопного сустава [14]. В его основе лежит объем дефекта таранной кости, в зависимости от чего предлагается вид костной пластики и способ хирургической фиксации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из данных литературы, видим, что максимальная выживаемость эндопротезов голеностопного сустава составляет не более 10 лет (80 %). В историческом аспекте этот показатель имеет положительную динамику, но в ближайшем будущем не превзойдет имеющихся значений. Данный вывод основывается на аналогичных результатах эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов [31, 36]. Высокая вероятность износа имплантируемой конструкции и возникновения нестабильности компонентов эндопротеза требует выполнения ревизионных вмешательств. Большинство зарубежных и отечественных авторов считают, что в ходе повторных операций предпочтение следует отдавать костно-пластическому артродезу [37, 38].

Рост частоты выполняемых ревизионных вмешательств с использованием методики костно-пластического артродеза породил вопросы об использовании наиболее перспективных комбинаций применения видов ауто- / аллотрансплантатов и типов фиксаторов — интрамедуллярных, накостных и чрескостных в зависимости от типа костных дефектов, образующихся после удаления компонентов эндопротеза [39-42].

Единственный обнаруженный алгоритм выбора тактики хирургического лечения пациентов после тотальной неудачи эндопротезирования голеностопного сустава также имеет свои недостатки [14]. На наш взгляд, нельзя не принимать во внимание величину дефекта костей дистального отдела голени и

их взаиморасположение, а также предполагать как основной метод лечения артродезирование только накостными пластинами и винтами, хотя в отдельных случаях вполне оправдано применение в виде фиксатора интрамедуллярного блокируемого стержня. Единство взглядов прослеживается только лишь при преимущественном выборе при аллотрансплантата, используемого для костной пластики в ходе ревизионного артродеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время существуют две наиболее распространенные методики лечения пациентов с нестабильностью компонентов эндопротеза на фоне переимплантарного остеолитизиса, развивающегося по причине инфекционного процесса или без него, — ревизионное эндопротезирование и костно-пластический артродез голеностопного сустава. Исходы ревизионного эндопротезирования голеностопного сустава, к сожалению, не являются удовлетворительными с функциональной точки зрения, а также требуют сохранности значительных объемов костной массы, отсутствующей в подавляющем большинстве наблюдений в отдаленном послеоперационном периоде в случаях повторных операций по причине ограниченного срока выживаемости имплантированных конструкций. Анализ отдаленных результатов лечения пациентов с тотальной неудачей первичного эндопротезирования голеностопного сустава продемонстрировал эффективность костно-пластического артродеза как надежного и безопасного метода восстановительного лечения, предсказуемо приводящего к удовлетворительным результатам при условии анкилозирования и соблюдения требований к выбору оптимального сочетания имплантируемой металлоконструкции и костной пластики в зависимости от имеющегося дефекта костей.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного контракта от 05.02.2021 г.

№ 056-00030-21-01 Министерства здравоохранения Российской Федерации, исполнителем по которому является ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России. Ре-

гистрационная карта НИОКТР 121032300174-6 на тему «Разработка персонализированного подхода к выбору тактики хирургической реабилитации пациентов с последствиями внутрисуставных по-

вреждений дистального отдела костей голени».

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Gougoulias NE, Khanna A, Maffulli N. History and evolution in total ankle arthroplasty. *Br Med Bull.* 2009; 89(1): 111-151. doi: 10.1093/bmb/ldn039
- Gross CE, Lampley A, Green CL, DeOrio JK, Easley M, Adams S, et al. The effect of obesity on functional outcomes and complications in total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2016; 37(2): 137-141. doi: 10.1177/1071100715606477
- Demetracopoulos CA, Adams SB, Jr, Queen RM, DeOrio JK, Nunley JA 2nd, Easley ME. Effect of age on outcomes in total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2015; 36(8): 871-880. doi: 10.1177/1071100715579717
- Lewis JS, Jr, Green CL, Adams SB Jr, Easley ME, DeOrio JK, Nunley JA. Comparison of first- and second-generation fixed-bearing total ankle arthroplasty using a modular intramedullary tibial component. *Foot Ankle Int.* 2015; 36(8): 881-890. doi: 10.1177/1071100715576568
- Barg A, Zwicky L, Knupp M, Henninger HB, Hintermann B. HINTEGRA total ankle replacement: survivorship analysis in 684 patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2013; 95(13): 1175-1183. doi: 10.2106/JBJS.L.01234
- Schenk K, Lieske S, John M, Franke K, Mouly S, Lizee E, et al. Prospective study of a cementless, mobile-bearing, third generation total ankle prosthesis. *Foot Ankle Int.* 2011; 32(1): 755-763. doi: 10.3113/FAI.2011.0755
- Mohammad HR, Debrock W, Mellon SJ, Cooke P. Response to review article published titled 'Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis – a comparison of outcomes over the last decade'. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14(1): 142. doi: 10.1186/s13018-019-1190-1
- Muller P, Skene SS, Chowdhury K, Cro S, Goldberg AJ, Doré CJ. A randomised, multi-centre trial of total ankle replacement versus ankle arthrodesis in the treatment of patients with end stage ankle osteoarthritis (TARVA): statistical analysis plan. *Trials.* 2020; 21(1): 197. doi: 10.1186/s13063-019-3973-4
- Rahm S, Klammer G, Benninger E, Gerber F, Farshad M, Espinosa N. Inferior results of salvage arthrodesis after failed ankle replacement compared to primary arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2015; 36(4): 349-359. doi: 10.1177/1071100714559272
- Wünschel M, Leichtle UG, Leichtle CI, Walter C, Mittag F, Arlt E, et al. Fusion following failed total ankle replacement. *Clin Podiatr Med Surg.* 2013; 30(2): 187-198. doi: 10.1016/j.cpm.2012.10.009
- Giulieri SG, Graber P, Ochsner PE, Zimmerli W. Management of infection associated with total hip arthroplasty according to a treatment algorithm. *Infection.* 2004; 32(4): 222-228. doi: 10.1007/s15010-004-4020-1
- Kliushin NM, Ermakov AM. Two-stage arthrodesis of the ankle joint in the treatment of periprosthetic infection. *Genius of Orthopedics.* 2020; 26(1): 99-102. Russian (Клюшин Н.М., Ермаков А.М. Двухэтапное артродезирование голеностопного сустава при лечении перипротезной инфекции //Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 1. С. 99-102.)
- Kamrad I, Henricson A, Magnusson H, Carlsson Å, Rosengren BE. Outcome after salvage arthrodesis for failed total ankle replacement. *Foot Ankle Int.* 2016; 37(3): 255-261. doi: 10.1177/1071100715617508
- Espinosa N, Wirth SH. Ankle arthrodesis after failed total ankle replacement. *Orthopade.* 2011; 40(11): 1008, 1010-2, 1014-1017. (German). doi: 10.1007/s00132-011-1830-6
- Gross C, Erickson BJ, Adams SB, Parekh SG. Ankle arthrodesis after failed total ankle replacement: a systematic review of the literature. *Foot Ankle Spec.* 2015; 8(2): 143-151. doi: 10.1177/1938640014565046
- Lachman JR, Ramos JA, Adams SB, Nunley JA 2nd, Easley ME, DeOrio JK. Patient-reported outcomes before and after primary and revision total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2019; 40(1): 34-41. doi: 10.1177/1071100718794956
- Morita S, Taniguchi A, Miyamoto T, Kurokawa H, Tanaka Y. Application of a customized total talar prosthesis for revision total ankle arthroplasty. *JB JS Open Access.* 2020; 5(4): e20.00034. doi: 10.2106/JBJS.OA.20.00034
- Kotnis R, Pasapula C, Anwar F, Cooke PH, Sharp RJ. The management of failed ankle replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88(8): 1039-1047. doi: 10.1302/0301-620X.88B8.16768
- Egrise F, Parot J, Bauer C, Galliot F, Kirsch M, Mainard D. Complications and results of the arthrodesis after total ankle arthroplasty failure: a retrospective monocentric study of 12 cases. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020; 30(2): 373-381. doi: 10.1007/s00590-019-02561-w
- DeOrio JK, Farber DC. Morbidity associated with anterior iliac crest bone grafting in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int.* 2005; 26(2): 147-151.
- Boone DW. Complications of iliac crest graft and bone grafting alternatives in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Clin.* 2003; 8(1): 1-14. doi: 10.1016/S1083-7515(02)00128-6
- Culpan P, Le Strat V, Piriou P, Judet T. Arthrodesis after failed total ankle replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89-B(9): 1178-1183. doi: 10.1302/0301-620X.89B9.19108
- Lareau CR, Deren ME, Fantry A, Donahue RM, DiGiovanni CW. Does autogenous bone graft work? A logistic regression analysis of data from 159 papers in the foot and ankle literature. *Foot Ankle Surg.* 2015; 21(3): 150-159. doi: 10.1016/j.fas.2015.03.008
- Aponte-Tinao LA, Ayerza MA, Muscolo DL, Donahue RM, DiGiovanni CW. What are the risk factors and management options for infection after reconstruction with massive bone allografts? *Clin Orthop Relat Res.* 2016; 474(3): 669-673. doi: 10.1007/s11999-015-4353-3
- Ayerza MA, Piuze NS, Aponte-Tinao LA, Farfalli GL, Muscolo DL. Structural allograft reconstruction of the foot and ankle after tumor resections. *Musculoskelet Surg.* 2016; 100(2): 149-156. doi: 10.1007/s12306-016-0413-4
- Halverson AL, Goss DA Jr, Berlet GC. Ankle arthrodesis with structural grafts can work for the salvage of failed total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Spec.* 2020; 13(2): 132-137. doi: 10.1177/1938640019843317
- Thomason K, Eyres KS. A technique of fusion for failed total replacement of the ankle: tibio-allograft-calcaneal fusion with a locked retrograde intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90(7): 885-888. doi: 10.1302/0301-620X.90B7.20221
- Deleu PA, Devos Bevernage B, Maldague P, Gombault V, Leemrijse T. Arthrodesis after failed total ankle replacement. *Foot Ankle Int.* 2014; 35(6): 549-557. doi: 10.1177/1071100714536368
- Ali AA, Forrester RA, O'Connor P, Harris NJ. Revision of failed total ankle arthroplasty to a hindfoot fusion: 23 consecutive cases using the Phoenix nail. *Bone Joint J.* 2018; 100-B(4): 475-479. doi: 10.1302/0301-620X.100B4.BJJ-2017-0963

30. Hopgood P, Kumar R, Wood PL. Ankle arthrodesis for failed total ankle replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88(8): 1032-1038. doi: 10.1302/0301-620X.88B8.17627
31. Henricson A, Nilsson JÅ, Carlsson A. 10-year survival of total ankle arthroplasties: a report on 780 cases from the Swedish Ankle Register. *Acta Orthop.* 2011; 82(6): 655-959. doi: 10.3109/17453674.2011.636678
32. Carlsson A. Unsuccessful use of a titanium mesh cage in ankle arthrodesis: a report on three cases operated on due to a failed ankle replacement. *J Foot Ankle Surg.* 2008; 47(4): 337-342. doi: 10.1053/j.jfas.2008.02.016
33. Bullens P, de Waal Malefijt M, Louwerens JW. Conversion of failed ankle arthroplasty to an arthrodesis. Technique using an arthrodesis nail and a cage filled with morsellized bone graft. *Foot Ankle Surg.* 2010; 16(2): 101-104. doi: 10.1016/j.fas.2009.01.001
34. Aubret S, Merlini L, Fessy M, Besse JL. Poor outcomes of fusion with Trabecular metal implants after failed total ankle replacement: early results in 11 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018; 104(2): 231-237. doi: 10.1016/j.otsr.2017.11.022
35. Espinosa N, Wirth S, Jankauskas L. Ankle fusion after failed total ankle replacement. *Tech Foot Ankle Surg.* 2010; 9(4): 199-204. doi: 10.1097/BTF.0b013e3181fc85f6
36. Doets HC, Zürcher AW. Salvage arthrodesis for failed total ankle arthroplasty. *Acta Orthop.* 2010; 81(1): 142-147. doi: 10.3109/17453671003628764
37. Huch K, Kuettner KE, Dieppe P. Osteoarthritis in ankle and knee joints. *Semin Arthritis Rheum.* 1997; 26(4): 667-674. doi: 10.1016/s0049-0172(97)80002-9
38. Pugely AJ, Lu X, Amendola A, Callaghan JJ, Martin CT, Cram P. Trends in the use of total ankle replacement and ankle arthrodesis in the United States Medicare population. *Foot Ankle Int.* 2014; 35(3): 207-215. doi: 10.1177/1071100713511606
39. Pakhomov IA. Complications of the ankle joint endoprosthesis. *Polytrauma.* 2011; (4): 17-22. Russian (Пахомов И.А. Осложнения эндопротезирования голеностопного сустава // Политравма. 2011. № 4. С. 17-22.)
40. Tikhilov RM, Koryshkov NA, Yemelyanov VG, Stoyanov AV, Zhuravlev AV, Privalov AM. Experience in total ankle replacement at Russian Scientific-Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after R.R. Vreden. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2009; (3): 56-60. Russian (Тихилов Р.М., Корышков Н.А., Емельянов В.Г., Стоянов А.В., Журавлев А.В., Привалов А.М. Опыт эндопротезирования голеностопного сустава в российском научно-исследовательском Институте травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2009. № 3. С. 56-60.)
41. Krause FG, Windolf M, Bora B, Penner MJ, Wing KJ, Younger AS. Impact of complications in total ankle replacement and ankle arthrodesis analyzed with a validated outcome measurement. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; (93): 830-839. doi:10.2106/JBJS.J.00103
42. Wimmer MD, Hettchen M, Ploeger MM, Hintermann B, Wirtz DC, Barg A. Aseptic loosening of total ankle replacement and conversion to ankle arthrodesis. *Oper Orthop Traumatol.* 2017; 29(3): 207-219. doi: 10.1007/s00064-017-0492-x

Сведения об авторах:

Норкин И.А., д.м.н., профессор, начальник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, НИИТОН СГМУ, г. Саратов, Россия.

Зуев П.П., к.м.н., младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 1, НИИТОН СГМУ, г. Саратов, Россия.

Барабаш Ю.А., д.м.н., главный научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 1, НИИТОН СГМУ, г. Саратов, Россия

Гражданов К.А., к.м.н., старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 1, НИИТОН СГМУ, г. Саратов, Россия.

Кауц О.А., к.м.н., старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 3, НИИТОН СГМУ, г. Саратов, Россия.

Адрес для переписки:

Норкин И.А., ул. Чернышевского, 148, г. Саратов, Россия, 410002
E-mail: sarniito504@gmail.com

Information about authors:

Norkin I.A., MD, PhD, professor, head of department of innovation projects for traumatology and orthopedics, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Zuev P.P., candidate of medical sciences, junior researcher at department of innovation projects for traumatology and orthopedics, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics unit No. 1, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Barabash Yu.A., MD, PhD, professor, chief researcher at department of innovation projects for traumatology and orthopedics, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics unit No. 1, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Grazhdanov K.A., candidate of medical sciences, senior researcher at department of innovation projects for traumatology and orthopedics, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics unit No. 1, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Kauts O.A., candidate of medical sciences, senior researcher at department of innovation projects for traumatology and orthopedics, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics unit No. 3, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Address for correspondence:

Norkin I.A., Chernyshevskogo St., 148, Saratov, Russia, 410002
E-mail: sarniito504@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 08.11.2021

Рецензирование пройдено: 16.11.2021

Подписано в печать: 01.12.2021

Received: 08.11.2021

Review completed: 16.11.2021

Passed for printing: 01.12.2021

