ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ
REVIEW ARTICLE

https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.2.CLIN.4
УДК 616.728.48-089.844-77-036.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЖИВАЕМОСТИ ИМПЛАНТАТОВ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Д.В. Бурков[1], В.Ю. Мурылев[2], А.В. Гаркави[2], А.В. Лычагин[2], А.А. Данильянц[2], И.Н. Буркова[3], Г.А. Айрапетов[1, 4]

[1]Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой, ул. Лобачевского д. 42, г. Москва, 119415, Россия
[2]Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8/2, г. Москва, 119991, Россия
[3]Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского, пер. Абрикосовский, д. 2, г. Москва, 119435, Россия
[4]Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия

Резюме. *Цель:* оценить результаты выживаемости имплантатов после тотального эндопротезирования голеностопного сустава, количества ревизионных операций, проведя систематический обзор литературы на данную тему. *Материалы и методы.* Поиск научных статей проводился двумя независимыми исследователями в базах данных Elibrary, Pubmed, Research Gate и Google Academy на двух языках – русском и английском. Глубина поиска – 5 лет. Всего было проанализировано 247 публикаций, из них: Pubmed – 52; Research Gate – 100; Google Academy – 66, Elibrary – 29. После окончательного отбора в исследование были включены 6 научных работ, из которых 2 являются национальными регистрами, 3 – ретроспективными и 1 – проспективным когортными исследованиями. *Результаты.* Средняя выживаемость эндопротезов голеностопного сустава в раннем послеоперационном периоде (1–2 года) близка к 100%, в среднесрочном периоде (5–7 лет) показатель выживаемости имплантатов находится на уровне 90%, показатель 10-летней выживаемости эндопротезов имеет значения от 77% до 87,5%. Среднее значение показателя ревизионных операций в течение 19 лет составляет 12,9%. *Выводы.* Срок службы эндопротезов голеностопного сустава близок к 100% в течение первых 2 лет. Однако в долгосрочной перспективе показатель выживаемости имплантатов находится в диапазоне 77–87,5%. Причины, приводящие к необходимости выполнения ревизионных вмешательств изучены не до конца. По мнению авторов, не устранённые осевые деформаций при эндопротезировании голеностопного сустава прямо влияют на выживаемость имплантатов. Безусловно, для более детального понимания этого вопроса необходимо провести дополнительные исследования.

Ключевые слова: Тотальное эндопротезирование голеностопного сустава [D000674]; Выживаемость имплантатов [D007285]; Артропластика голеностопного сустава [D019645]; Систематический обзор [D016454]; Эндопротезы голеностопного сустава [D001178]; Долгосрочные результаты [D001530]; Ревизионные операции [D012086]; Асептическое расшатывание [D058106]; Осложнения эндопротезирования [D000842]; Реэндопротезирование [D000072502].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бурков Д.В., Мурылев В.Ю., Гаркави А.В., Лычагин А.В., Данильянц А.А., Буркова И.Н., Айрапетов Г.А. Результаты выживаемости имплантатов после тотального эндопротезирования голеностопного сустава (систематический обзор литературы). *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2025;15(2):89–96. https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.2.CLIN.4

IMPLANT SURVIVAL OUTCOMES AFTER TOTAL ANKLE REPLACEMENT (A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW)

Dmitriy V. Burkov[1], Valeriy Yu. Murylev[2], Andrey V. Garkavi[2], Aleksey V. Lychagin[2], Armen A. Danil'yants[2], Irina N. Burkova[3], Georgiy A. Ayrapetov[1, 4]

[1]City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva, 42, st. Lobachevskogo Moscow, 119415, Russia
[2]Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2, Trubetskaya st., Moscow, 119991, Russia
[3]Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky, Abrikosovsky lane, 2, Moscow, 119435, Russia
[4]Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russia

Abstract. *Aim* of the study: to conduct a systematic review of the literature on the evaluation of implant survival outcomes after total ankle arthroplasty, the number of revision surgeries. *Materials and methods*. The search for scientific articles was conducted by two independent researchers in the Elibrary, Pubmed, Research Gate, and Google Academy databases in two languages: Russian and English. The search depth was 5 years. A total of 247 publications were analyzed, including: Pubmed: – 52; Research Gate – 100; Google Academy – 66, Elibrary – 29. After the final selection, 6 scientific papers were included in the study, of which 2 were national registries, 3 were retrospective and 1 was a prospective cohort study. *Results.* The average survival rate of ankle endoprostheses in the early postoperative period (1–2 years) is close to 100%, in the medium term (5-7 years) the implant survival rate is at the level of 90%, the 10-year survival rate of endoprostheses has values from 77% to 87.5%. The average value of the revision surgery rate over 19 years is 12.9%. *Conclusion.* The service life of ankle joint endoprostheses is close to 100% during the first 2 years. However, in the long term, the implant survival rate is in the range of 77%-87.5%. The reasons leading to the need for revision interventions have not been fully studied. According to the authors, unresolved axial deformations during ankle joint endoprosthetics directly affect the survival of the implants. Of course, additional research is needed to understand this issue in more detail.

Key words: Total ankle replacement [D000674]; Implant survival [D007285]; Ankle arthroplasty [D019645]; Systematic review [D016454]; Ankle prostheses [D001178]; Long-term outcomes [D001530]; Revision surgery [D012086]; Aseptic loosening [D058106]; Arthroplasty complications [D000842]; Revision arthroplasty [D000072502].

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Cite as: Burkov D.V., Murylev V.Yu., Garkavi A.V., Lychagin A.V., Danil'yants A.A., Burkova I.N., Ayrapetov G.A. Implant survival outcomes after total ankle replacement (a systematic literature review). *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(2):89–96. https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.2.CLIN.4

© Бурков Д.В., Мурылев В.Ю., Гаркави А.В., Лычагин А.В., Данильянц А.А., Буркова И.Н., Айрапетов Г.А., 2025
✉ Данильянц Армен Альбертович, armendts@mail.ru

Введение

Около 15% населения планеты страдает остеоартрозом крупных суставов, из них у 1% поражается голеностопный сустав [1, 2]. В 78–80% случаев остеоартроз голеностопного сустава (крузартроз) имеет травматическое происхождение, при этом в виду особенностей анатомического строения этого сустава даже минимальные отклонения от нормальных взаимоотношений его компонентов значительно увеличивают стресс-нагрузку на суставные поверхности [3–5].

Поражение голеностопного сустава редко бывает изолированным. Формируются компенсаторные деформации выше или ниже линии голеностопного сустава, реже – на уровне сустава. Исследования показали, что на фоне крузартроза более чем у 60% пациентов определяется девиация таранной кости в пределах вырезки голеностопного сустава, однако с прогрессированием патологии такой компенсации уже недостаточно. Развиваются изменения в связочном комплексе, мелких суставах стопы вплоть до её передних отделов; пяточная кость занимает варусное или вальгусное положение. Ситуация усугубляется за счёт ретракции ахиллова сухожилия, которая усиливает инверсию или эверсию задних отделов стопы [6–11].

Традиционными методиками лечения описанной патологии являются артродез голеностопного сустава или его тотальное эндопротезирование [12, 13]. За последние 10 лет количество выполнений обеих методик неуклонно растёт [14]. До недавнего времени артродез голеностопного сустава (ГС) являлся наиболее распространённым хирургическим способом лечения крузартроза и считался «золотым стандартом» лечения поздних стадий данной патологии [15]. Принято считать, что тотальное эндопротезирование голеностопного сустава (ТЭГС) демонстрирует хорошие результаты в течение первых 5 лет после операции, однако долгосрочные результаты после артродеза ГС лучше в виду низкого ряда осложнений и, как следствие, меньшей необходимости выполнения ревизионных вмешательств. Именно необходимость выполнения ревизионного вмешательства в раннем послеоперационном периоде после ТЭГС является причиной отказа от выполнения данной операции. Однако, согласно данным последней литературы, количество операций ТЭГС с хорошими и отличными долгосрочными результатами увеличивается [16, 17]. Сохранение функции голеностопного сустава, поддержание нормальной анатомии смежных суставов стопы, а также более быстрый реабилитационный период стимулируют хирургов-ортопедов осваивать технику ТЭГС. Кроме того, согласно ряду работ, ТЭГС останавливает или замедляет прогрессирование остеоартроза, развившегося в смежных суставах [18]. В свою очередь, артродез приводит к реципрокному ухудшению состояния смежных сочленений, потенцируя или обостряя имеющийся остеоартрит, а также, нередко, нарушению походки.

С ростом распространённости операций по поводу ТЭГС растёт и число интраоперационных ошибок и послеоперационных осложнений. Исследование, посвящённое анализу выживаемости эндопротезов голеностопного сустава, свидетельствует о неудовлетворительных результатах в раннем и среднесрочном периодах [19]. К основным причинам ревизионных вмешательств после ТЭГС относятся асептическое расшатывание компонентов, особенно у пациентов молодого возраста и у пациентов с высоким индексом массы тела (ИМТ), а также инфекционные осложнения [20, 21]. Кроме того, неправильно восстановленная ось конечности в области голеностопного сустава или вовсе невыполнение оперативных манипуляций, направленных на восстановление оси, оказывают отрицательное влияние на выживаемость имплантатов. Так, в ряде работ авторы сообщают, что от 14,5 до 17,5% пациентов остаются неудовлетворенными результатом ТЭГС [22, 23], при этом 30% пациентов в течение 10 лет требуется выполнение ревизионного вмешательства [24].

Залогом успешного ТЭГС при выраженном крузартрозе является устранение сопутствующих деформаций, которые условно можно разделить на лежащие выше линии сустава, на уровне суставной щели, и нижележащие (на уровне подтаранного сустава и заднего отдела стопы). Таким образом, крузартроз следует рассматривать как сложную патологию, требующую последовательной многоуровневой коррекции, а ТЭГС – как комплекс оперативных вмешательств, включающий не только правильное позиционирование компонентов эндопротеза, но и выполнение дополнительных реконструктивных вмешательств, направленных на устранение деформации, восстановление баланса сустава и увеличение амплитуды движений в нем [25–29].

Цель: оценка результатов выживаемости имплантатов после тотального эндопротезирования голеностопного сустава, а также количества ревизионных операций посредством систематического обзора литературы на данную тему.

Материалы и методы

Поиск научных статей проводился двумя независимыми исследователями в базах данных Elibrary, Pubmed, Research Gate и Google Academy на двух языках – русском и английском. Использовались следующие ключевые слова: голеностопный сустав (ankle joint), остеоартроз голеностопного сустава (ankle osteoarthritis), тотальное эндопротезирование

голеностопного сустава (total ankle replacement), варусная и вальгусная деформация голеностопного сустава (varus and valgus deformity of ankle), выживаемость эндопротеза голеностопного сустава (ankle endoprosthesis survivorship), ревизионное эндопротезирование голеностопного сустава (revision ankle arthroplasty).

В качестве критериев включения в исследования использовались следующие пункты:

- полнотекстовые работы;
- научные работы, опубликованные за 2019–2024 гг. (глубина поиска составила 5 лет);
- одно- и мультицентровые проспективные и ретроспективные когортные исследования, национальные регистры, а также рандомизированные клинические исследования.

Критериями невключения стали:

- исследования со сроком наблюдения в послеоперационном периоде менее 2 лет;
- исследования с общим количеством пациентов менее 30;
- обзоры литературы, клинические случаи, главы книг, монографии, патенты, тезисы, мета-анализы, систематические обзоры;
- исследования, посвящённые сравнению результатов двух хирургических методик: тотальное эндопротезирование голеностопного сустава и его артродез;
- исследования, ориентированные на оценку результатов ТЭГС только у одной возрастной группы пациентов.

Коллектив авторов принял решение проанализировать научные работы, опубликованные в течение последних 5 лет, в виду того, что в большинстве клинических исследований и национальных регистрах, направленных на оценку долгосрочных результатов, операции проводились до 2017–2018 гг. Оценка более старых публикаций подразумевает выполнение операций менее усовершенствованными техниками, инструментарием и меньшим общим опытом хирургов.

В ходе данного исследования были проанализированы результаты ТЭГС с точки зрения выживаемости имплантов в течение 1–19 лет, частота дополнительных вмешательств по поводу коррекции сопутствующих деформаций, частота ревизионных вмешательств.

Алгоритм отбора выполнен по рекомендациям PRISMA для систематических обзоров и мета-анализов. Все данные были обработаны с использованием программы Microsoft Excel. Дубликаты были удалены. Заголовки и аннотации анализировались двумя рецензентами в различных местах и в разное время, в соответствии с заранее установленным протоколом. На основании применения предварительно определённых критериев включения и исключения отбирались исследования, соответствующие требованиям систематического обзора. Ряд статей был исключён после полного прочтения в виду несоответствия критериям включения данного исследования. В случае возникновения разногласий, они решались путём обсуждения и достижения консенсуса. Если разногласия не удавалось разрешить, подключался старший рецензент, который разрешал конфликт путём обсуждения и консенсуса с двумя другими рецензентами. Всего было проанализировано 247 публикаций, из них: Pubmed – 52, Research Gate – 100, Google Academy – 66, Elibrary – 29. После окончательного отбора в исследование были включены 6 научных работ, из которых 2 являются национальными регистрами, 3 – ретроспективными и 1 – проспективным когортными исследованиями (рис. 1).

В данном исследовании проанализировано число оперативных вмешательств, а не общее количество пациентов, так как установлено, что такой подход является статистически более обоснованным и точным [30].

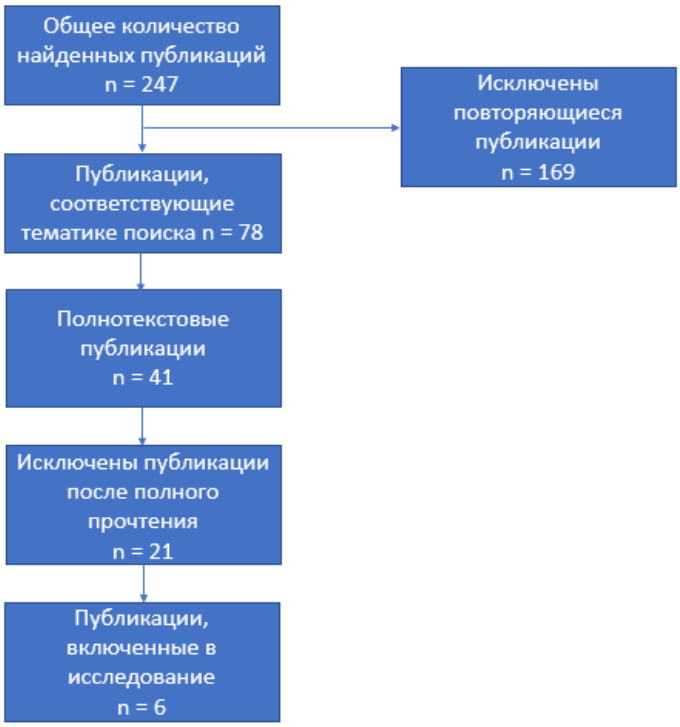

Рисунок 1. Блок-схема отбора научных работ, соответствующих цели исследования
Figure 1. Flow chart for selecting scientific papers that meet the research objective

Результаты

Всего в исследование включено 6 научных работ, удовлетворяющих критериям отбора данного исследования (табл. 1). Общее число случаев первичного ТЭГС составило 13 859 вмешательств. Общее число ревизионных эндопротезирований голено-

стопного сустава (РЭГС) составило 1503 вмешательств. Всего в анализ включено 5 национальных регистров, 1 проспективное многоцентровое и 1 ретроспективное когортные исследования.

Результаты выживаемости имплантатов согласно данным национальных регистров в течение 19 лет представлены в таблице 2.

Результаты когортных исследований представлены в таблице 3.

Таблица 1. Обобщенная информация основных положений анализируемых исследований
Table 1. Summary of the main provisions of the analyzed studies

Авторы	Год публикации	Кол-во случаев первичного ТЭГС	Кол-во случаев ревизионного ЭГС	Национальные базы/страна проведения исследования	Годы проведения операций	Тип исследования
Subramanian S.A. и др. [31]	2023	5619	237 (4,2%)	Республика Корея	2007–2018 гг.	Национальный регистр
Perry T.A. и др. [32]	2022	6969	1080 (15,49%)	Швеция, Норвегия, Новая Зеландия, Австралия	1993–2019 гг.	Национальный регистр
Gaugler M. и др. [33]	2020	811	115 (14%)	США	2003–2013 гг.	Ретроспективное одноцентровое
Marks R.M. [34]	2019	50	6 (12%)	США	2007–2015 гг.	Проспективное многоцентровое
Yang H.Y. и др. [35]	2019	210	33 (15,7%)	Республика Корея	2005–2015 гг.	Ретроспективное одноцентровое
Clough T. и др. [36]	2019	200	32 (16%)	Великобритания	1993–2000 гг.	Ретроспективное одноцентровое

Таблица 2. Выживаемость имплантатов
Table 2. Implant survival rate

Исследование	Выживаемость имплантатов					
	через 1–2 года	через 3–5 лет	через 7 лет	через 10 лет	через 15 лет	через 19 лет
Subramanian S.A. и др. [31]	Через 1 год: 0,982 (от 0,979 до 0,985)	Через 3 года: 0,967 (от 0,962 до 0,972)	---	0,91 (от 0,89 до 0, 93)	---	---
Perry T.A. и др. [32]	Через 2 года: 0,94 (от 0,91 до 0,97)	Через 5 лет: 0,86 (от 0,80 до 0,91)	0,82 (от 0,74 до 0,89)	0,77 (от 0,66 до 0,84)	0,66 (от 0,56 до 0,78)	0,62 (от 0,49 до 0,78)

Таблица 3. Выживаемость имплантатов и срок выполнения ревизионного вмешательства
Table 3. Implant survival and time to revision surgery

Исследование	Выживаемость имплантатов и срок выполнения ревизионного вмешательства		
	через 5 лет	через 10 лет	через 15 лет
Gaugler M. и др. [33]	90,1%; при этом к 5,4 году вероятность выполнения малой ревизии* составляла 27%; вероятность выполнения большой ревизии** составляла 6,3%	--- При этом через 10 лет вероятность выполнения малой ревизии* составляла 41,6%; вероятность выполнения большой ревизии** составляла 15,3%	--- При этом через 15 лет вероятность выполнения малой ревизии* составляла 54,3%; вероятность выполнения большой ревизии** составляла 25,2%
Marks R.M. [34]	Средний период послеоперационного наблюдения составил 4,9 года; выживаемость имплантов составила 100%		
Yang H.Y. и др. [35]	Средний период послеоперационного наблюдения составил 6,4 года; выживаемость имплантов составила 91,7%		
Clough T. и др. [36]	93,5%	87,5%	76,16%

Примечание: *малая ревизия – замена металлических компонентов не производится; к операциям этой категории относили замену полиэтиленового вкладыша, а также периартикулярный артродез; **большая ревизия – замена любого металлического импланта или удаление конструкции с выполнением артродеза.

Только в одном из исследований авторы описали выполнение дополнительных вмешательств, направленных на устранение осевых деформаций при установке эндопротеза голеностопного сустава. При этом дополнительные вмешательства выполнялись во время первичного эндопротезирования либо в послеоперационном периоде для коррекции сопутствующих деформаций. О характере и последовательности реконструктивных вмешательств данных не указано [35].

Обсуждение

Результаты проведённого исследования показали, что средняя выживаемость эндопротезов голеностопного сустава в раннем послеоперационном периоде (1–2 года) близка к 100%, в среднесрочном периоде (5–7 лет) показатель выживаемости имплантатов находится на уровне 90%, показатель 10-летней выживаемости эндопротезов имеет значения от 77% до 87,5%. Среднее значение показате-

ля ревизионных операций в течение 19 лет составляет 12,9%.

Результаты проведённого нами исследования согласуются с систематическим обзором Lee M.S. и др. (2024) [37]. Так, авторы данного исследования пришли к выводу, что за последние 10 лет, показатель долгосрочной выживаемости эндопротезов голеностопного сустава увеличился. Исследователи зафиксировали 10-летний диапазон выживаемости в пределах от 66% до 94,4%. При этом среднее время выхода эндопротеза из строя составило от 4,6 до 13,8 года. Согласно данным исследователей, результаты этой работы свидетельствуют в пользу увеличения срока службы тотальных эндопротезов голеностопного сустава в течение последних 10 лет.

Undén A. и др. (2020) провели анализ Шведского реестра голеностопного сустава с 1993 по 2010 гг. и пришли к выводу, что по мере улучшения дизайна компонентов эндопротеза голеностопного сустава увеличивается и срок службы имплантатов. Так, при анализе 1226 первичных эндопротезирований голеностопного сустава, 5-летняя выживаемость составила 85%, что также говорит об удовлетворительной выживаемости эндопротезов голеностопного сустава в долгосрочном периоде [38].

В проведённом мета-анализе González-Alonso M. и др. (2024) авторы пришли к выводу, что выживаемость компонентов эндопротеза голеностопного сустава статистически значимо не зависит от типа платформы (подвижная или фиксированная). При этом среднесрочная выживаемость (60 месяцев) при фиксированной и подвижной платформах составляет 94% и 89% соответственно [39].

Полученные данные, наряду с анализом результатов ТЭГС прошлых десятилетий, свидетельствуют о наличии тенденции к увеличению срока службы имплантатов, что очевидно связано с накопленным опытом хирургов, совершенствованием хирургической техники, а также улучшением дизайна имплантов [40].

Согласно данным литературы, основными причинами ревизионного эндопротезирования голеностопного сустава являются асептическое расшатывание компонентов и инфекционные осложнения [41, 42]. При этом в ходе ревизии может быть выполнена замена компонентов, артродез голеностопного сустава или, в редких и тяжёлых случаях, ампутация [43–45]. Результаты ряда работ свидетельствуют, что нет прямой корреляции между возрастом пациента и вероятностью ревизионного вмешательства [46, 47], а также нет зависимости наличия послеоперационных осложнений от пола пациента [48]. Кроме того, согласно выводам мета-анализа Mousavian A. и др. (2023), нет взаимосвязи между этиологией остеоартрита (первичный или вторичный) голеностопного сустава и результатами проведённого эндопротезирования [49]. Проведённый анализ влияния ожирения на долгосрочные результаты ТЭГС выявил прямую зависимость, связанную со снижением показателя выживаемости имплантатов [50]. При этом на данный момент опубликовано небольшое количество исследований, направленных на анализ причин асептического расшатывания компонентов и влияния на это сопутствующих осевых деформаций. Однако необходимость их устранения для успешного ТЭГС доказана [50]. В виду этого, для более точного понимания причин нестабильности компонентов эндопротеза голеностопного сустава и послеоперационных осложнений, необходимо провести рандомизированные клинические исследования, оценивающие влияние дополнительных реконструктивных вмешательств на долгосрочную выживаемость имплантатов.

Выводы

Срок службы эндопротезов голеностопного сустава близок к 100% в течение первых двух лет. Однако в долгосрочной перспективе, несмотря на тенденцию к увеличению срока службы, показатель выживаемости имплантатов находится в диапазоне 77–87,5%. Причины, приводящие к необходимости выполнения ревизионных вмешательств, изучены не до конца. По мнению авторов, не устранённые осевые деформаций при эндопротезировании голеностопного сустава прямо влияют на выживаемость имплантатов. Безусловно, для более детального понимания этого вопроса необходимо провести дополнительные исследования.

Литература [References]

1 Брижань Л.К., Юрмина Н.С., Сливков К.А., Керимов А.А. Хирургическая профилактика посттравматического крузартроза у пациентов с переломами лодыжек. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. НИ Пирогова*. 2018;13(1):79-84. Brizhan L.K., Yurmina N.S., Slivkov K.A., Kerimov A.A. Surgical prevention of posttraumatic crusarthrosis in patients with ankle fractures. *Bulletin of the Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2018;13(1):79-84. (In Russ.).

2 Barg. A. Ankle osteoarthritis: etiology, diagnostics, and classification. *Foot and ankle clinics.* 2013;18(3):411-426. https://doi.org/10.1016/j.fcl.2013.06.001

3 Гаркави А.В. Остеоартроз. *Медицинская газета*. 2012:83-84. Garkavi A.V. Osteoarthrosis. *Medical newspaper*. 2012:83-84. (In Russ.).

4 Бобров Д.С., Артёмов К.Д., Подлесная А.А. Хирургическое лечение деформирующего остеоартроза голеностопного сустава: систематический обзор литературы. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2024;1(55):69-78. Bobrov D.S., Artemov K.D., Podlesnaya A.A. Surgical treatment of deforming osteoarthrosis of the ankle joint: a systematic review of the literature. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024;1(55):69-78. https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-1-69-78

5 Valderrabano V., Horisberger M., Russell I. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2009;467(7):1800-1806. https://doi.org/10.1007/s11999-008-0543-6

6 Kim B.S., Choi W.J., Kim Y.S., Lee J.W. Total ankle replacement in moderate to severe varus deformity of the ankle. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2009;91(9):1183-1190. https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B9.22411
7 Dodd A., Daniels T. R. Total ankle replacement in the presence of talar varus or valgus deformities. *Foot Ankle Clin*. 2017;22(2):277-300. https://doi.org/10.1016/j.fcl.2017.01.002
8 Knupp M., Stufkens S.A.S., van Bergen C.J. Effect of supramalleolar varus and valgus deformities on the tibiotalar joint: a cadaveric study. Foot & ankle international. 2011;32(6).609-615. https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0609
9 Wang B., Saltzman C.L., Chalayon O. Does the subtalar joint compensate for ankle malalignment in end-stage ankle arthritis? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015;473(1):318-325. https://doi.org/10.1007/s11999-014-3960-8
10 Caravelli S., Puccetti G., Vocale E., Di Ponte M. Reconstructive Surgery and Joint-Sparing Surgery in Valgus and Varus Ankle Deformities: A Comprehensive Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(18):2-11. https://doi.org/10.3390/jcm11185288
11 Gordon A.M., Lam A.W., Golub I.J. Comparison of patient demographics, utilization trends, and costs of total ankle arthroplasty and ankle fusion in the United States from 2010 to 2019. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(6):2913-2918. https://doi.org/10.1007/s00402-022-04481-7
12 Rougereau G, Stiglitz Y, Franqueville C, Bauer T, Hardy A, Gaudot F. Revision of total ankle arthroplasty: Survival and medium-term functional results. *Foot Ankle Surg*. 2024;30(1):57-63. https://doi.org/10.1016/j.fas.2023.09.006
13 Kim S.J., Sung I.H., Song S.Y. et al. The Epidemiology and Trends of Primary Total Ankle Arthroplasty and Revision Procedure in Korea between 2007 and 2017. *J Korean Med Sci*. 2020;35(22):e169. https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e169
14 Onggo J.R., Nambiar M., Phan K. et al. Outcome after total ankle arthroplasty with a minimum of five years follow-up: A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(5):556-563. https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.07.006
15 Bagheri K., Anastasio A.T., Poehlein E. et al. Outcomes after total ankle arthroplasty with an average follow-up of 10 years: A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*. 2024;30(1):64-73. https://doi.org/10.1016/j.fas.2023.09.007
16 Ramaskandhan J., Smith K., Kometa S. et al. Total Joint Replacement of Ankle, Knee, and Hip: How Do Patients Perceive Their Operative Outcomes at 10 Years? *Foot Ankle Orthop*. 2021;6(3):24730114211022735. https://doi.org/10.1177/24730114211022735
17 Karzon A.L., Kadakia R.J., Coleman M.M. et al. The Rise of Total Ankle Arthroplasty Use: A Database Analysis Describing Case Volumes and Incidence Trends in the United States Between 2009 and 2019. *Foot Ankle Int*. 2022;43(11):1501-1510. https://doi.org/10.1177/10711007221119148
18 Ratnasamy P.P., Maloy G.C., Oghenesume O.P. et al. The Burden of Revision Total Ankle Replacement Has Increased From 2010 to 2020. *Foot Ankle Orthop*. 2023;8(3):24730114231198234. https://doi.org/10.1177/24730114231198234
19 Conti M.S., Irwin T.A., Ford S.E. et al. Complications, Reoperations, and Patient-Reported Outcomes Following a 2-Stage Revision Total Ankle Arthroplasty for Chronic Periprosthetic Joint Infections. *Foot Ankle Int*. 2022;43(12):1614-1621. https://doi.org/10.1177/10711007221133398
20 Randsborg P.H., Jiang H., Mao J. et al. Two-Year Revision Rates in Total Ankle Replacement Versus Ankle Arthrodesis: A Population-Based Propensity-Score-Matched Comparison from New York State and California. *JB JS Open Access*. 2022;7(2):e21.00136. https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.21.00136
21 Kvarda P., Peterhans U.S., Susdorf R. et al. Long-Term Survival of HINTEGRA Total Ankle Replacement in 683 Patients: A Concise 20-Year Follow-up of a Previous Report. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(10):881-888. https://doi.org/10.2106/JBJS.21.00899
22 Heida K.A., Waterman B., Tatro E. et al. Short-Term Perioperative Complications and Mortality After Total Ankle Arthroplasty in the United States. *Foot Ankle Spec*. 2018;11(2):123-132. https://doi.org/10.1177/1938640017709912
23 Onggo J.R., Nambiar M., Phan K. et al. Outcome after total ankle arthroplasty with a minimum of five years follow-up: A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(5):556-563. https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.07.006
24 Lacorda J.B., Jung H.G., Im J.M. Supramalleolar distal tibiofibular osteotomy for medial ankle osteoarthritis: current concepts. *Clinics in orthopedic surgery*. 2020;12(3):271. https://doi.org/10.4055/cios20038
25 Lai L., Wang Y., Wu Y., Sun N. Outcomes of intermediate stage varus ankle arthritis treated by supramalleolar osteotomy. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2022;30(3):10-22. https://doi.org/10.1177/10225536221132769
26 Cottom J.M., DeVries J.G., Hyer C.F., McAlister J.E., Sorensen M.D. Current Techniques in Total Ankle Arthroplasty. *Clinics in podiatric medicine and surgery*. 2022;39(2):273-293. https://doi.org/10.1016/j.cpm.2021.11.012
27 Deleu P.A., Naaim A., Cheze L. Changes in ankle and foot kinematic after fixed-bearing total ankle replacement. *Journal of Biomechanics*. 2022;136:111060. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2022.111060
28 Brockett, C. Biomechanics and Tribology of Total Ankle Replacement. *Foot and Ankle Clinics*. 2023;28(1)1-12. https://doi.org/10.1016/j.fcl.2022.10.002
29 Christidis P., Lampridis V., Kalitsis C., Kantas T., Biniaris G., Gougoulias N. Supramalleolar osteotomies for ankle arthritis: a systematic review. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2023;143(9):5549-5564. https://doi.org/10.1007/s00402-023-04867-1
30 Ranstam J., Robertsson O. Statistical analysis of arthroplasty register data. *Acta Orthop*. 2010;81(1):10-4. https://doi.org/10.3109/17453671003587168
31 Subramanian S.A., Kim H.N., Kim S. et al. Long-Term Survival Analysis of 5619 Total Ankle Arthroplasty and Patient Risk Factors for Failure. *J Clin Med*. 2023;13(1):179. https://doi.org/10.3390/jcm13010179
32 Perry T.A., Silman A., Culliford D. et al. International Ankle Arthroplasty Registry Consortium. Survival of primary ankle replacements: data from global joint registries. *J Foot Ankle Res*. 2022;15(1):33. https://doi.org/10.1186/s13047-022-00539-2
33 Gaugler M., Krähenbühl N., Barg A. et al. Effect of age on outcome and revision in total ankle arthroplasty. *Bone Joint J*. 2020;102-B(7):925-932. https://doi.org/10.1302/0301-620X.102B7.BJJ-2019-1263.R2
34 Marks R.M. Mid-Term Prospective Clinical and Radiographic Outcomes of a Modern Fixed-Bearing Total Ankle Arthroplasty. *J Foot Ankle Surg*. 2019;58(6):1163-1170. https://doi.org/10.1053/j.jfas.2019.03.014
35 Yang H.Y., Wang S.H., Lee K.B. The HINTEGRA total ankle arthroplasty: functional outcomes and implant survivorship in 210 osteoarthritic ankles at a mean of 6.4 years. *Bone Joint J*. 2019;101-B(6):695-701. https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B6.BJJ-2018-1578.R1
36 Clough T., Bodo K., Majeed H. et al. Survivorship and long-term outcome of a consecutive series of 200 Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR) implants. *Bone Joint J*. 2019;101-B(1):47-54. https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B1.BJJ-2018-0801.R1. Erratum in: Bone Joint J. 2019 Aug;101-B(8):1032. https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B8.BJJ-2019-00001
37 Lee M.S., Mathson L., Andrews C. et al. Long-term Outcomes After Total Ankle Arthroplasty: A Systematic Review. *Foot Ankle Orthop*. 2024;9(4):24730114241294073. https://doi.org/10.1177/24730114241294073
38 Undén A., Jehpsson L., Kamrad I. et al. Better implant survival with modern ankle prosthetic designs: 1,226 total ankle prostheses followed for up to 20 years in the Swedish Ankle Registry. *Acta Orthop*. 2020;91(2):191-196. https://doi.org/10.1080/17453674.2019.1709312

39 González-Alonso M., Trapote-Cubillas A.R., Madera-González F.J. et al. Fixed-bearing versus mobile-bearing total ankle replacement survivorship. A meta-analysis. *Foot Ankle Surg.* 2024;30(4):275-284. https://doi.org/10.1016/j.fas.2024.02.001
40 Shaffrey I., Henry J., Demetracopoulos C. An evaluation of the total ankle replacement in the modern era: a narrative review. *Ann Transl Med*. 2024;12(4):71. https://doi.org/10.21037/atm-23-1569.
41 Zunarelli R., Fiore M., Lonardo G. et al. Total Ankle Replacement Infections: A Systematic Review of the Literature. *J Clin Med*. 2023;12(24):7711. https://doi.org/10.3390/jcm12247711
42 Jennison T., Spolton-Dean C., Rottenburg H. et al. The outcomes of revision surgery for a failed ankle arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Bone Jt Open.* 2022;3(7):596-606. https://doi.org/10.1302/2633-1462.37.BJO-2022-0038.R1
43 Lachman J.R., Ramos J.A., Adams S.B. et al. Revision Surgery for Metal Component Failure in Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Orthop*. 2019;4(1):2473011418813026. https://doi.org/10.1177/2473011418813026
44 Jennison T., Ukoumunne O.C., Lamb S. et al. Fusion after a failed primary total ankle arthroplasty. *Bone Joint J.* 2023;105-B(10):1094-1098. https://doi.org/10.1302/0301-620X.105B10.BJJ-2023-0010.R1
45 Miner S.A., Martucci J.A., Brigido S.A. et al. Time to Revision After Periprosthetic Joint Infection in Total Ankle Arthroplasty: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg.* 2023;62(1):186-190. https://doi.org/10.1053/j.jfas.2022.09.001
46 Amaha K., Yamaguchi S., Teramoto A. et al. Clinical outcomes of surgical treatment for end-stage ankle osteoarthritis in patients aged ≥ 75 years: a multicenter, retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):244. https://doi.org/10.1186/s13018-023-03734-4
47 Bernasconi A., Izzo A., Sgadari A. et al. Median age of patients undergoing total ankle replacement has not significantly changed between 1999 and 2023: A systematic review of prospective studies. *Foot Ankle Surg.* 2025;31(1):3-9. https://doi.org/10.1016/j.fas.2024.07.007
48 Roerink A.M.C., Nelissen R.G.H.H., Holder C. et al. Sex-based differences in risk of revision for infection after hip, knee, shoulder, and ankle arthroplasty in osteoarthritis patients: a multinational registry study of 4,800,000 implants. *Acta Orthop*. 2024;95:730-736. https://doi.org/10.2340/17453674.2024.42183
49 Mousavian A., Baradaran A., Schon L.C. et al. Total Ankle Replacement Outcome in Patients With Inflammatory Versus Noninflammatory Arthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Foot Ankle Spec.* 2023;16(3):314-324. https://doi.org/10.1177/19386400221136591
50 Varga C., Váncsa S., Agócs G. et al. Obesity and Ankle Prosthesis Revision: A Systematic Review and Meta-analysis. *Foot Ankle Int*. 2023;44(12):1305-1318. https://doi.org/10.1177/10711007231201158
51 Usuelli F.G., Di Silvestri C.A., D'Ambrosi R. et al. Total ankle replacement: is pre-operative varus deformity a predictor of poor survival rate and clinical and radiological outcomes? *Int Orthop.* 2019;43(1):243-249. https://doi.org/10.1007/s00264-018-4189-z

Авторская справка

Бурков Дмитрий Владимирович
Врач травматолог-ортопед отделения ортопедии, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой.
arthrodv@mail.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, разработка концепции и дизайна.

Мурылев Валерий Юрьевич
Врач травматолог-ортопед, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).
ORCID 0000-0001-5753-8926; nmuril@yandex.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, разработка концепции и дизайна, редакция научной работы.

Гаркави Андрей Владимирович
Профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ им. Н.В. Склифосовского, Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).
ORCID 0000-0003-4996-1657; avgar22@yandex.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, окончательное утверждение для публикации рукописи.

Лычагин Алексей Владимирович
Профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ им. Н.В. Склифосовского, Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).
ORCID 0000-0002-2202-8149; dr.lychagin@mail.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, окончательное утверждение для публикации рукописи.

Данильянц Армен Альбертович
Ординатор кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы.
ORCID 0000-0001-6692-0975; armendts@mail.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, редакция научной работы.

Author's reference

Dmitriy V. Burkov
Traumatologist-orthopedist, Department of Orthopedics, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva.
arthrodv@mail.ru
Author's contribution: analysis of literature data, development of concept and design.

Valeriy Yu. Murylev
Traumatologist-orthopedist, MD, professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).
ORCID 0000-0001-5753-8926; nmuril@yandex.ru
Author's contribution: analysis of literature data, development of concept and design, editing of scientific work.

Andrey V. Garkavi
Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the N.V. Sklifosovsky Institute of Cardiology, First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University).
ORCID 0000-0003-4996-1657; avgar22@yandex.ru
Author's contribution: literature review, final approval for publication of the manuscript.

Aleksey V. Lychagin
Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, N.V. Sklifosovsky Institute of Cardiology, First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University).
ORCID 0000-0002-2202-8149; dr.lychagin@mail.ru
Author's contribution: literature data analysis, final approval for publication of the manuscript.

Armen A. Danil'yants
Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba.
ORCID 0000-0001-6692-0975; armendts@mail.ru
Author's contribution: analysis of literature data, editing of scientific work.

Буркова Ирина Николаевна
Врач рентгенолог, Научно-клинический центр № 3, Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского.
burkovain@mail.ru
Вклад автора: анализ данных литературы.

Айрапетов Георгий Александрович
Д-р мед. наук, главный внештатный специалист травматолог-ортопед, заместитель главного врача по травматологии и ортопедии, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой; профессор кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы.
ORCID 0000-0001-7507-7772; airapetovga@yandex.ru
Вклад автора: анализ данных литературы, разработка концепции и дизайна, редакция научной работы.

Irina N. Burkova
Ray doctor, Scientific and Clinical Center No. 3, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky. burkovain@mail.ru
Author's contribution: analysis of literature data.

Georgiy A. Ayrapetov
Dr. Sci. (Med.), Chief Specialist Traumatologist-Orthopedist, Deputy Chief Physician for Traumatology and Orthopedics, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva; Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba.
ORCID 0000-0001-7507-7772; airapetovga@yandex.ru
Author's contribution: analysis of literature data, development of the concept and design, editing of the scientific work.

Статья поступила 28.01.2025
Одобрена после рецензирования 05.04.2025
Принята в печать 30.04.2025

Received January, 28th 2025
Approwed after reviewing April, 5th 2025
Accepted for publication April, 30th 2025