



Обзорная статья  
УДК 616.718.71-006.33-089  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>

## Хирургические методы лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости: обзор литературы

Е.А. Пашкова, Е.П. Сорокин, В.А. Фомичев, Н.С. Коновальчук,  
К.А. Демьянова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Введение.** Актуальность проблемы остеохондральных повреждений блока таранной кости обусловлена трудностями диагностики, отсутствием единой схемы лечения и большим количеством неудовлетворительных результатов. В последнее десятилетие отмечается повышение интереса к этой теме в литературе, что проявляется большим количеством публикаций, представленных сериями наблюдений или клиническими случаями. Однако попытки создания универсального алгоритма лечения этой группы пациентов ограничены низким уровнем доказательности имеющихся исследований, быстротой появления новых данных, а также невозможностью применения ряда хирургических методов в разных странах по законодательным или иным причинам. **Цель** — оценить современное состояние проблемы хирургического лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости и выявить спектр оперативных вмешательств у пациентов с изучаемой патологией. **Материал и методы.** Для анализа литературы было отобрано 120 иностранных статей, опубликованных с 2000 по 2021 г., а также 18 отечественных публикаций за период с 2007 по 2021 г. Поиск публикаций проводился в базах данных PubMed/MedLine и eLIBRARY. **Результаты.** Наибольшее распространение получили вмешательства, направленные на стимуляцию костного мозга, и пластические операции с использованием остеохондральных ауто- и аллотрансплантатов. В настоящее время нет единого мнения о показаниях к разным хирургическим методам, а используемые ранее показания ставятся под сомнение. Это определяет необходимость совершенствования диагностических и лечебных концепций. **Заключение.** Изученная литература не может в полной мере ответить на ряд вопросов, связанных со способами оперативного лечения пациентов с симптомными остеохондральными повреждениями блока таранной кости и показаниями к ним. Необходима более детальная оценка среднесрочных и отдаленных клинических исходов различных хирургических методов и разработка алгоритмов лечения этой группы пациентов, специфичных для разных стран.

**Ключевые слова:** остеохондральные повреждения блока таранной кости, мозаичная остеохондропластика, костно-хрящевой дефект, таранная кость, артроскопия голеностопного сустава.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

---

📖 Пашкова Е.А., Сорокин Е.П., Фомичев В.А., Коновальчук Н.С., Демьянова К.А. Хирургические методы лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):149-161. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>.

**Cite as:** Pashkova E.A., Sorokin E.P., Fomichev V.A., Konovalchuk N.S., Demyanova K.A. [Surgical Treatment of Osteochondral Lesions of the Talar Dome: Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):149-161. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>.

✉ Пашкова Екатерина Анатольевна / Ekaterina A. Pashkova; e-mail: [caterinapashkova@yandex.ru](mailto:caterinapashkova@yandex.ru)

Рукопись поступила/Received: 29.03.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 07.07.2021.

---

© Пашкова Е.А., Сорокин Е.П., Фомичев В.А., Коновальчук Н.С., Демьянова К.А., 2021

## Surgical Treatment of Osteochondral Lesions of the Talar Dome: Review

Ekaterina A. Pashkova, Evgenii P. Sorokin, Viktor A. Fomichev, Nikita S. Konovalchuk, Ksenia A. Demyanova

*Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia*

### Abstract

**Background.** The relevance of the talar dome osteochondral lesions problem is associated with the difficulties of diagnosis, the lack of unified treatment algorithm and the great number of unsatisfactory clinical and functional results. In the last decade, there has been increasing interest in this topic in the literature, which is demonstrated by a great number of publications with series of observations or clinical cases. However, attempts to create the universal algorithm for this group of patients treatment are limited by the low level of existing studies evidence, high frequency of the new data publications, as well as the impossibility of using a number of surgical methods in different countries for legislative or other reasons.

**The aim** is to determine the current state of the problem of the talar dome osteochondral lesions surgical treatment and to identify types of surgical interventions in patients with the studied pathology. **Material and methods.** 120 international articles published from 2000 to 2021, as well as 18 domestic publications for the period from 2007 to 2021 were selected for the literature analysis. The search for publications was carried out in the PubMed/MedLine and eLibrary databases.

**Results.** The most widespread are surgical interventions aimed at stimulation of the bone marrow, and plastic surgery using osteochondral auto- and allografts. Currently, there is no consensus on the indications for different types of surgical methods, and the previously used indications are being questioned. This determines the need to improve diagnostic and treatment concepts. **Conclusion.** The studied literature cannot fully answer a number of questions related to the methods of surgical treatment of patients with symptomatic osteochondral lesions of the talar dome and indications for them. A more detailed assessment of the medium- and long-term clinical outcomes of various surgical methods and the development of algorithms for this group of patients treatment, specific for different countries, are needed.

**Keywords:** osteochondral lesions of the talar dome, mosaic osteochondroplasty, osteochondral defect, talus, ankle arthroscopy.

**Funding:** no funding or sponsorship was received for this study.

### Введение

Хирургическое лечение пациентов с хондральными и остеохондральными повреждениями блока таранной кости (ОПБТК) является сложной задачей для травматологов-ортопедов, так как нет единого алгоритма, позволяющего выработать показания к различным методам лечения, а противоречивость имеющихся в литературе данных усложняет лечение пациентов с рассматриваемой патологией [1, 2]. В последние десятилетия наблюдается тенденция к детальному рассмотрению этиологии и патогенеза ОПБТК и внедрению современных типов оперативных вмешательств [1]. Однако большинство публикаций представлены сериями наблюдений или клиническими случаями, имеющими низкий уровень доказательности, а часть предложенных хирургических методов лечения не применимы в ряде стран по разным причинам [3].

**Цель исследования** — на основании анализа зарубежной и отечественной литературы определить современное состояние проблемы хирургического

лечения пациентов с остеохондральными повреждениями блока таранной кости и выявить спектр возможных оперативных вмешательств.

### Материал и методы

Для анализа литературы по данной тематике было отобрано 120 иностранных статей, опубликованных с 2000 по 2021 г., а также 18 отечественных публикаций за период с 2007 по 2021 г. Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MedLine и eLIBRARY. Использовались ключевые слова и словосочетания: остеохондральные повреждения блока таранной кости; болезнь Диаса; рассекающий остеохондрит; мозаичная остеохондропластика; туннелизация; микрофрактурирование; остеохондральная трансплантация; таранная кость; костно-хрящевой дефект; osteochondral defect; osteochondral lesion; talus; microfracture; osteochondritis dissecans; osteochondral autogenous transfer; bone marrow aspirate concentrate; cartilage repair.

Из рассмотренных в ходе анализа публикаций были отобраны наиболее релевантные источники, указанные в списке литературы. Ряд классификаций, предложенных в 1950–1990 гг., представлены со ссылками на первоисточники.

## Результаты

### *Анатомические предпосылки*

Участие таранной кости в образовании суставов заднего отдела стопы объясняет ее обширное покрытие хрящом (до 60–73% поверхности) и особенности кровоснабжения [4, 5, 6, 7]. Малое количество точек входа артерий делают таранную кость подверженной риску возникновения асептического некроза и ограничивают ее регенераторный потенциал за счет формирования многочисленных «линий водораздела» сосудистых бассейнов [5, 6, 7].

Голеностопный сустав является самым конгруэнтным среди крупных суставов нижней конечности и в сравнении с ними имеет более тонкое хрящевое покрытие. Средняя толщина хряща блока таранной кости составляет 1,06–1,63 мм, в то время как толщина хряща коленного сустава — 1,65–2,65 мм. Из-за высокой конгруэнтности голеностопного сустава даже незначительные посттравматические нарушения соотношений приводят к быстро прогрессирующему повреждению хрящевого покрова и субхондральной кости [5, 7].

Таранная кость отвечает за перераспределение нагрузки с нижней конечности, выступая в роли своеобразного «мениска стопы», а выраженные аксиальные нагрузки, проходящие через задний отдел, негативно влияют на регенеративные возможности таранной кости, провоцируя прогрессирование ОПБТК и деформирующего артроза [7].

### *Распространенность и этиология*

Встречаемость ОПБТК точно не определена в связи со сложностями диагностики, особенно на ранних стадиях. Считается, что на их долю приходится 4% всех рассекающих остеохондритов и до 63% пациентов с кружалгией неясного генеза. При этом обращает на себя внимание высокая заболеваемость лиц молодого трудоспособного возраста: преимущественная возрастная группа — от 20 до 40 лет, встречаемость у мужчин больше, чем у женщин (1,6:1) [5].

Этиология ОПБТК остается до конца не изученной. По данным литературы, 76–85% наблюдений связаны с травмой: переломы костей, образующих голеностопный сустав; повреждения капсульно-связочного аппарата; повторяющаяся микротравматизация. Частота встречаемости ОПБТК у пациентов с острыми разрывами латерального связочного комплекса голеностопного сустава составляет 5–13%, а сопутствующие

ОПБТК выявляются в 50–73% случаев острых травм области голеностопного сустава [5, 8]. Латеральные ОПБТК связаны с травмой в 93–98% случаев. Медиальные повреждения ассоциированы с острой травмой реже: от 61 до 70% наблюдений [5, 9].

Было предложено несколько теорий развития ОПБТК нетравматического генеза, включающих сосудистые и синовиальные повреждения, импиджмент мягких тканей добавочной передней нижней межберцовой связкой (связка Bassett), хроническую нестабильность голеностопного сустава [5]. F. König в своем оригинальном исследовании предположил, что нетравматические повреждения являются результатом субхондральной окклюзии сосудов, приводящей к последующим кистозным изменениям [10].

### *Клиническая картина и диагностика остеохондральных повреждений блока таранной кости*

Наиболее типичной жалобой пациентов с ОПБТК является диффузная глубокая боль в голеностопном суставе, связанная с физической нагрузкой. Причем возможно несоответствие локализации болевого синдрома и ОПБТК [5, 9, 11, 12]. Реже встречаются жалобы на отечность голеностопного сустава и ограничение амплитуды движений. Могут наблюдаться механические симптомы, такие как щелчки, блокирование сустава и чувство нестабильности [13, 14].

Специфических симптомов заболевания нет, несвоевременная и неправильная постановка диагноза ОПБТК в группе пациентов с хронической болью в голеностопном суставе достигают 81% [15]. Результаты физикального обследования пациентов часто бывают малоинформативными, остеохондральные повреждения могут протекать бессимптомно и являться случайной находкой. Диагноз ОПБТК может быть поставлен непосредственно после травмы, но зачастую он ассоциирован с длительной кружалгией, что дает основание для деления остеохондральных дефектов на острые и хронические без указания сроков в литературных источниках.

Методом диагностики первой линии при ОПБТК являются переднезадние и боковые рентгенограммы голеностопного сустава, а также рентгенограммы в проекции mortise под нагрузкой [5, 12]. Отсутствие идентифицируемого поражения на рентгенограммах не исключает диагноз ОПБТК. По данным S. Herple с соавторами, 43% ОПБТК, визуализированных на МРТ, первоначально не были выявлены на рентгенограммах [16]. Компьютерная томография (КТ) обеспечивает более детальную визуализацию поражения и отражает истинные размеры отделившегося фрагмента. Она особен-

но полезна для определения состояния окружающей костной ткани и объема кист, ассоциированных с ОПБТК, что может быть использовано для предоперационного планирования [5]. Магнитно-резонансная томография (МРТ) полезна для идентификации отека костного мозга на ранних стадиях ОПБТК и достаточно хорошо коррелирует с результатами артроскопии. Но необходимо учитывать, что МРТ может преувеличивать тяжесть повреждения из-за вариабельности изменений сигнала [5, 12, 17].

Сцинтиграфия используется не во всех лечебных учреждениях в силу дороговизны, однако есть указания на 99% чувствительность при использовании сцинтиграфии с технецием  $^{99m}$  в диагностике ОПБТК. Добавление к этому метода ОФЭКТ-КТ (однофотонная эмиссионная компьютерная томография) может помочь в выявлении бессимптомных поражений путем оценки фактических метаболических изменений в кости [5].

#### *Патофизиология болевого синдрома*

Высказываются различные предположения о причине возникновения болевого синдрома при ОПБТК: повышенное внутрисуставное давление, увеличение внутрикостного давления, синовиальная боль и т.д. [9, 18]. Наибольшее распространение получила патогенетическая теория, предложенная С.N. van Dijk. Появление болевого синдрома он связывает непосредственно с анатомией блока таранной кости. Большое значение имеют содержание жидкости в интерстициальном матриксе хряща, субхондрально расположенная кортикальная костная пластинка и нижележащая богато иннервированная губчатая кость [18].

При возникновении дефекта хряща, проходящего через субхондральную костную пластинку, возникает связь между суставным пространством и субартикулярной губчатой костью. Местное давление жидкости в губчатой кости является мощным стимулом для расположенных в ней нервных окончаний. Хрящ представляет собой вязкоупругий материал, интерстициальная жидкость выделяется из хрящевого матрикса по мере его сжатия. В конгруэнтном суставе при сжатии жидкость остается в хряще и не проникает в суставное пространство. В случае нарушения конгруэнтности жидкость стремится как в полость сустава, так и в подлежащие ткани, а при повреждении субхондральной костной пластинки она проникает в субкортикальную губчатую кость, провоцируя развитие болевого синдрома. При нагрузке возникает повторяющееся локальное давление жидкости, приводящее к остеолиту и являющееся мощным костным резорбтивным стимулом. Резорбция костной ткани приводит к формированию субхондральных кистозных из-

менений, окруженных новообразованной кальцифицированной зоной [18].

По мере продолжающегося повреждения субхондральной кости снижается ее способность удерживать хрящевое покрытие, что приводит к более обширному отслоению суставного хряща [9, 18]. Возникшее локальное субхондральное повреждение блока таранной кости изменяет биомеханику всего сустава, предрасполагая к развитию деформирующего остеоартрита [11, 12].

#### *Классификации*

В 2001 г. I. Elias с соавторами, а в дальнейшем в 2006 г. S.M. Raikin с соавторами предложили системы для уточнения локализации ОПБТК, предусматривающие деление блока таранной кости на 9 зон [19]. В системном обзоре P.R. van Diepen с соавторами были рассмотрены исследования, включившие 2087 наблюдений ОПБТК. Согласно результату их анализа, преимущественное большинство ОПБТК локализовались в заднемедиальной (28%) и центрально-медиальной (31%) зонах. При этом была выявлена корреляция между величиной дефекта и его локализацией: наибольшие размеры имели повреждения в центрально-центральной зоне [20].

В настоящее время предложено большое количество классификаций ОПБТК, используемых в отдельных исследованиях. Все они отражают стадийность протекающих процессов, но ни одна из них не определяет прогноз и единую тактику лечения. Исторически первой является рентгенографическая классификация A. Berndt и M. Harty (1959): стадия I — субхондральная импрессия (импрессионный перелом); стадия II — частичная отслойка субхондрального фрагмента; стадия III — полностью отсоединенный фрагмент без смещения от зоны отслоения; стадия IV — дислоцированный фрагмент [21].

Некоторые из новых классификационных схем модифицируют систему A. Berndt и M. Harty, добавляя подтип, учитывающий наличие субхондральных кистозных изменений, например, классификация P.E. Scranton с соавторами 2001 г. [22].

Широкое распространение получила классификация S. Herple, основанная на результатах МРТ, которая позволяет выделить в отдельную стадию хондральные повреждения [16]. Также актуальной является классификация R.D. Ferkel и N.A. Sgalione на основе КТ, рекомендуемая к использованию при предоперационном планировании [23]. Кроме этого, классифицировать ОПБТК можно интраоперационно на основе артроскопических данных, наиболее широко используется классификационная система R.D. Ferkel и M.S. Cheng [24].

Наблюдается тенденция к созданию классификаций, основанных на нескольких методах

исследования и классификационных схем, имеющих подтвержденную корреляцию с артроскопическими данными, например, МРТ-классификация D.N. Mintz с соавторами [25].

*Тактика лечения пациентов с остеохондральными повреждениями блока таранной кости*

Лечение пациентов с ОПБТК является сложной задачей из-за ограниченного регенераторного потенциала суставной поверхности таранной кости и значительных нагрузок, передаваемых через голеностопный сустав. Предпочтительным методом лечения при симптомных ОПБТК остается хирургический.

Существующие оперативные методы лечения основаны на одном из следующих принципов:

- хирургическая обработка повреждения и стимуляция костного мозга (микрофрактурирование, туннелизация);
- закрепление отделившегося костно-хрящевого фрагмента на блоке таранной кости (фиксация);
- стимуляция развития гиалинового хряща (остеохондропластика с использованием ауто- и аллотрансплантатов, имплантация аутологичных и ювенильных хондроцитов) [18].

В отдельных литературных источниках оперативные методы лечения пациентов с ОПБТК подразделяются на первично-восстанавливающие (фиксация), лаваж и дебридмент (паллиативное лечение), восстанавливающие (reparative techniques) и пластические (restorative techniques). К восстанавливающим методам относят операции, направленные на стимуляцию костного мозга: абразивная артропластика, микрофрактурирование, туннелизация. Пластические методы включают имплантацию аутологичных хондроцитов (ACI – autologous chondrocyte implantation), ACI с использованием мембан/матриц (MACI – matrix/membrane autologous chondrocyte implantation), использование остеохондральных алло- и ауто-трансплантатов (OATS и мозаичная трансплантация), трансплантацию ювенильных хондроцитов, применение насыщенных стволовыми клетками хрящевых имплантатов и скаффолдов и т.д. [15].

Имеется ряд условий, которые необходимо учитывать при выборе тактики: выраженность симптомов, размеры и глубина дефекта, смещение фрагмента, наличие кистозных изменений субхондральной кости, факторы пациента и т.д.

Чаще всего для разграничения показаний к восстанавливающим методикам (reparative techniques) и пластике таранной кости (restorative techniques) используется наибольший диаметр ОПБТК с пограничным значением в 15 мм [12, 15, 17, 26]. Согласно международному консенсусу по

восстановлению хряща голеностопного сустава (2017), отсутствие клинических исследований со сравнением долгосрочных результатов этих групп операций делает подобное разграничение показаний (15 мм) «исторически обусловленным». В настоящее время нет единого мнения относительно достоверности этого принципа [26].

*Лаваж, дебридмент, кюретаж*

Описанные в ранних источниках лаваж голеностопного сустава, дебридмент и кюретаж носят нерадикальный характер и не способны в полной мере восстановить хрящевую поверхность, поэтому в настоящее время они используются в качестве дополнения к основному вмешательству. Изолированное использование данных методик допустимо при неполнослойных хондральных повреждениях блока таранной кости, острых ОПБТК, случайных находках при проведении артроскопии и повреждениях хряща, обусловленных другими заболеваниями (подагрический артрит, пигментный виллезнодулярный синовит и т.д.) [4, 26].

*Хирургическая обработка повреждения, стимуляция костного мозга*

Основная цель хирургической обработки дефекта состоит в том, чтобы стабилизировать кость и суставной хрящ в границах поражения и создать среду, которая будет способствовать образованию фиброзной хрящевой ткани [18, 19]. Стимуляция костного мозга (СКМ) включает удаление нестабильных фрагментов хрящевого покрытия с последующей туннелизацией или микрофрактурированием субхондральной кости, результатом которых является индуцирование кровоснабжения в области ОПБТК. Помимо механической стимуляции регенераторных процессов, внутри обработанного дефекта образуется фибриновый сгусток, инициирующий воспалительную реакцию и последующее высвобождение цитокинов и факторов роста для стимуляции процесса заживления. Плюрипотентные мезенхимальные стволовые клетки из костного мозга мигрируют в сгусток, начинают дифференцироваться и пролиферировать, образуя ткань фиброзно-хрящевого типа, впоследствии на месте повреждения формируется грубоволокнистый хрящ [26, 27].

Продолжаются споры о показаниях к СКМ: 94% участников консенсуса по восстановлению хряща голеностопного сустава (2017) согласились с тем, что «идеальными» ОПБТК для СКМ являются повреждения диаметром <10 мм, площадью <100 мм<sup>2</sup> и глубиной <5 мм. Вероятность хорошего исхода после СКМ при поражениях диаметром 15 мм и более признана сомнительной [26]. Это подтверждается недавними данными о том,

что повреждения диаметром >10 мм после СКМ имеют больший риск прогрессирования, что, предположительно, связано с механической неполноценностью грубоволокнистого хряща [28].

L. Ramponi с соавторами в системном обзоре определяют площадь ОПБТК как один из предикторов исхода СКМ: согласно их данным, оптимальная площадь ОПБТК для СКМ составляет менее 107,4 мм<sup>2</sup> [17]. J.I. Choi с соавторами обнаружили ухудшение показателей по шкале OAFAS в группах увеличения размера поражения: группы 100–149 мм<sup>2</sup>, 150–199 мм<sup>2</sup> и >200 мм<sup>2</sup> были связаны с повышенной вероятностью клинической неэффективности СКМ по сравнению с поражениями <100 мм<sup>2</sup> [29]. Неоднозначность данных позволяет предположить, что показания к СКМ, определяемые по размерам повреждения, должны быть пересмотрены.

Микрофрактурирование осуществляется с помощью шила с заданным углом изгиба, которым производится обработка кости с формированием множественных микропереломов в области повреждения. Туннелизация зоны ОПБТК выполняется сверлом или спицей до появления кровавой росы из субхондрального слоя кости [29]. Выделяют антеградную и ретроградную туннелизацию. Ретроградная туннелизация под ЭОП-контролем может быть использована при изолированных субхондральных повреждениях с интактным надлежащим суставным хрящом [30]. Ранее популярная антеградная трансмаллеолярная туннелизация в настоящее время не рекомендована к применению из-за повреждения суставного хряща большеберцовой/малоберцовой костей. Наиболее используемой является антеградная туннелизация области повреждения с использованием артроскопической техники. Однако при заднемедиальных поражениях применение стандартных артроскопических доступов невозможно, в этой ситуации может быть использован классический трансмаллеолярный открытый доступ [26].

Для туннелизации рекомендуют использование спиц или свёрл диаметром 1–2 мм. Отверстия и костные каналы при туннелизации должны располагаться приблизительно на расстоянии 5 мм друг от друга и 3–4 мм в глубину. J.I. Choi с соавторами обнаружили, что большая глубина (до 6 мм) приводит к лучшим результатам даже при использовании более тонких средств для туннелизации, чем обработка на меньшую глубину (2 мм) [29].

Ряд исследований демонстрирует до 85% хороших и отличных результатов в группе пациентов, которым выполнялась туннелизация ОПБТК. В частности, в исследовании В. Chuckpaiwong с соавторами описаны результаты у 105 пациентов: ОПБТК размером менее 15 мм (73 наблюдения) после микрофрактурирования характеризова-

лись успешным результатом. При этом только 1 из 32 ОПБТК размером более 15 мм соответствовало критериям успешного лечения, и ни одно из 24 ОПБТК размером более 20 мм не было успешным [31].

#### *Закрепление отделившегося костно-хрящевого фрагмента (фиксация на блоке таранной кости)*

Одним из доступных вариантов оперативного лечения пациентов с первичными ОПБТК является внутренняя фиксация отделившегося костно-хрящевого фрагмента. Теоретическое преимущество фиксации заключается в том, что она облегчает заживление костной ткани, восстанавливает естественную конгруэнтность субхондральной костной пластинки и сохраняет гиалиновый хрящ блока таранной кости [32, 33]. В долгосрочной перспективе это приводит к меньшему образованию грубоволокнистой хрящевой ткани, что было описано в публикации M.L. Reilingh с соавторами [32]. Исследования клинической эффективности методов фиксации (серии наблюдений) демонстрируют хорошие и отличные функциональные результаты в диапазоне от 78 до 100% [33, 34, 35].

Анализ результатов фиксации при ОПБТК затруднен из-за вариабельности описываемых оперативных методов и большого разнообразия фиксирующих устройств, доступных на рынке. Фиксация может выполняться открыто или с использованием артроскопических методик и применяться при разных типах ОПБТК, при этом не существует единого мнения относительно оптимальной оперативной техники, метода фиксации или характеристик дефекта, которые являются прогностически благоприятными.

Фиксация может быть использована при наличии интактного остеохондрального фрагмента диаметром более 10 мм с толщиной костной части не менее 3 мм. Фиксация симптомных смещенных и несмещенных фрагментов должна выполняться в максимально короткие сроки для увеличения потенциала заживления и уменьшения внутрисуставных повреждений. Большинство авторов рекомендуют до фиксации проводить дебридмент и СКМ. Отделившийся фрагмент из-за «разбухания» может не соответствовать донорскому дефекту на блоке таранной кости и превышать его размеры, в этой ситуации допустимо его моделирование [32, 33].

Для фиксации рекомендуется использовать, по крайней мере, один биорезорбируемый компрессионный винт. Для предотвращения ротации возможно применение дополнительных биорезорбируемых винтов или пинов, при этом размер фиксатора не должен нарушать структурную целостность фрагмента, поэтому максимальный

рекомендуемый диаметр биodeградируемых фиксаторов составляет 3,0 мм, стальных винтов или костных штифтов (bone peg) — 2,0 или 2,7 мм [32, 33].

Учитывая, что большинство текущих исследований сообщают о краткосрочных результатах фиксации ОПБТК, будущие перспективные исследования должны быть сосредоточены на долгосрочных результатах клинической эффективности в сравнении с СКМ.

#### *Стимуляция развития гиалинового хряща*

Остеохондропластика с использованием ауто-трансплантатов широко применяется для лечения пациентов с ОПБТК. Она показана при наличии крупных симптомных кистозных поражений, а также при необходимости ревизионных вмешательств, например, при неудаче СКМ [17, 36]. Очевидным преимуществом методики является возможность замещения ОПБТК трансплантатом, содержащим костную основу и гиалиновый хрящ, принадлежащие пациенту [36, 37].

Клинические исследования демонстрируют результативность использования аутологичной остеохондральной трансплантации (АОТ): например, в обзоре среднесрочных клинических исходов Y. Shimozono с соавторами хорошие и отличные исходы были получены у 87% пациентов [38].

В настоящее время нет единого мнения или сравнительных исследований, позволяющих сформулировать достоверные показания к АОТ и определить оптимальное донорское место забора трансплантатов. Наиболее часто используемой зоной забора является латеральный мыщелок бедренной кости, что обусловлено простотой доступа, анатомическими особенностями и кривизной суставной поверхности, приближенной к изгибу блока таранной кости. Эта область позволяет выполнить забор по крайней мере трех костно-хрящевых графтов без ущерба для пателлофemorального сочленения [36].

Однозначных рекомендаций относительно оптимального размера ОПБТК для использования АОТ нет, а большинство исследований имеют низкий уровень доказательности или представляют собой экспертные мнения [3]. Согласно литературным источникам последних лет, АОТ показана при первичных кистозных ОПБТК более 1 см в диаметре, а также при ревизионных вмешательствах после неудачного первичного лечения с размером поражения более 1 см в диаметре. В обзоре L. Ramponi с соавторами рассматривались исходы после СКМ, и размер ОПБТК более 107 мм<sup>2</sup> был связан с худшими результатами, что можно трактовать как показание к АОТ [17].

Важным аспектом является конгруэнтность имплантированного трансплантата (транспланта-

тов); рекомендовано позиционирование, при котором суставная поверхность трансплантата будет расположена как можно ближе к нативному хрящу таранной кости. В кадаверном исследовании L.D. Latt с соавторами было использовано 10 трупных образцов с различной степенью выстояния трансплантата над суставной поверхностью блока таранной кости для оценки их состояния при нагрузке [39]. Было выявлено, что полное соответствие трансплантата восстанавливает нормальную механику голеностопного сустава, а возвышающиеся трансплантаты подвержены значительному увеличению пикового контактного давления: выстояние на 1 мм увеличивает контактное давление на 675% при латеральных ОПБТК и на 255% — при медиальных [39]. Согласно данным A.M. Fansa с соавторами, имплантация трансплантата в наиболее конгруэнтном положении восстанавливает силу, среднее давление и пиковое давление на медиальную область таранной кости до уровней, характерных для интактного хряща [40].

Рекомендуемая глубина обработки ОПБТК и длина трансплантата при заборе составляют 12–15 мм. Кадаверное исследование, проведенное N.V. Kosk с соавторами, продемонстрировало, что обработка ОПБТК глубиной 12–16 мм и внедрение соответствующего трансплантата до уровня суставного хряща имеют большую стабильность, чем трансплантаты меньшей длины (8 мм) [41].

В ситуациях, когда размеры дефекта превышают величину одного трансплантата, но не соответствуют двум, допустимо расширение зоны имплантации и установка двух аналогичных костно-хрящевых столбиков или применение перекрывающихся трансплантатов в форме полумесяца, что будет способствовать уменьшению «мертвых зон». Сравнение использования одного и двух ауто-трансплантатов не выявило достоверных различий клинических исходов, но применение трех и более имело худшие результаты из-за увеличения доли пациентов с жалобами на болезненность донорской зоны [36, 38]. В настоящее время считается, что только у 1% пациентов после остеохондральной ауто-трансплантации наблюдаются несостоятельность трансплантата и прогрессирование ОПБТК с неудовлетворительным клиническим исходом [36].

Достаточно часто встречаются послеоперационные кистозные изменения блока таранной кости, но степень их влияния не ясна. Так, в исследовании I. Savage-Elliott с соавторами был проведен анализ результатов МРТ у 37 пациентов после АОТ, в 65% были обнаружены субхондральные кисты при среднем сроке наблюдений в течение 15 мес. после операции. В краткосрочной перспективе не было выявлено симптоматики и влияния на клинический исход [42].

Частота встречаемости болезненности в области забора трансплантатов составляет менее 10%, но ее вероятность должна обсуждаться с пациентом в предоперационном периоде, особенно при больших значениях индекса массы тела и обширных ОПБТК [43, 44]. В многоцентровой серии наблюдений из 354 пациентов, перенесших мозаичную пластику, при среднем сроке наблюдения 9,6 года встречаемость болезненности донорской зоны составила 5% [43].

Заполнение донорских дефектов используется редко и не влияет на клинический исход. В серии наблюдений, оценивающих болезненность донорской зоны у 40 пациентов с заполнением участков забора трансплантатов заменителями костной ткани, E.J. Fraser с соавторами сообщили о 5% встречаемости при среднем сроке наблюдения 42 мес., что соотносится с литературными данными о частоте этого осложнения у пациентов без заполнения донорских зон [45].

Выбор доступа к блоку таранной кости зависит от локализации и размера ОПБТК. Медиальные ОПБТК чаще имеют центрально-медиальную и задне-медиальную локализацию, в этом случае может быть использован трансмаллеолярный доступ с остеотомией большеберцовой кости. Латеральные ОПБТК чаще наблюдаются в передней трети блока таранной кости, доступ к ним возможен с помощью артротомии, в более редких случаях — остеотомии латеральной лодыжки [36]. Осложнения, связанные с выполнением остеотомии, встречаются редко, но важно обеспечить надежную фиксацию.

Остеохондропластика с использованием аллотрансплантатов подразумевает замещение ОПБТК цилиндрическим или объемным трупным трансплантатом. Она может использоваться при необходимости восполнения крупных дефектов, для которых иные методы хирургического лечения неприменимы из-за размеров или локализации [46]. К преимуществам аллотрансплантации можно отнести отсутствие необходимости в заборе тканей из интактных суставов пациента [46, 47].

Несмотря на благоприятные исходы при использовании в сложных и ревизионных случаях, решение о проведении остеохондральной аллотрансплантации требует учета многочисленных факторов, которые остаются предметом дискуссий. Необходимо учитывать характеристики ОПБТК, предпочтительный тип аллотрансплантата и параметры его хранения, способ интраоперационного измерения соответствия размеров и потенциальные методы фиксации трансплантата.

Опубликованы несколько серий наблюдений, демонстрирующих клинические исходы использования остеохондральных аллотрансплантатов [46, 47, 48]. Выживаемость и успех варьируются в

зависимости от продолжительности наблюдения. Так, С.Е. Gross с соавторами опубликовали исследование с одними из самых длительных сроков наблюдений использования остеохондральной аллотрансплантации при ОПБТК размером более 1 см: 9 пациентов с ОПБТК IV стадии по классификации A. Berndt и M. Harty наблюдались в течение 12 лет после операции. Трем пациентам потребовалось дальнейшее выполнение артродеза голеностопного сустава. Остальные 6 пациентов демонстрировали функциональный диапазон движений, только один из 6 пациентов описал легкую боль, остальные пять пациентов сообщили об отсутствии болевых симптомов [47].

Остеохондральная аллотрансплантация способствует снижению болевого синдрома и улучшению функции голеностопного сустава, однако есть и данные о сохранении боли после операции. В частности R. Naene с соавторами опубликовали результаты лечения 16 пациентов при среднем сроке наблюдения в 4,1 года. Авторы отметили улучшение показателей по шкалам AOS (Ankle Osteoarthritis Scale) и AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons), в их серии наблюдений 62,5% пациентов имели хороший или отличный результат [48].

В определенных ситуациях использование цилиндрических остеохондральных аллотрансплантатов предпочтительнее аутологичных, в частности при ОПБТК более 1,5 см в диаметре, остеоартрите коленного сустава, инфекции коленного сустава в анамнезе и у пациентов, негативно настроенных в отношении риска осложнений аутотрансплантации (болезненности донорского места). В своем исследовании J. Ahmad и K. Jones сравнили результаты применения аутотрансплантатов ( $n = 20$ ) и аллотрансплантатов ( $n = 20$ ) цилиндрической формы и не выявили статистически значимой разницы в клинических исходах [49]. Согласно консенсусу по восстановлению хряща голеностопного сустава (2017), остеохондральная аллотрансплантация может быть рекомендована в ситуациях, когда размеры ОПБТК не позволяют восполнить его с помощью двух цилиндрических аутотрансплантатов [44].

Рекомендовано применение трансплантатов из трупной таранной кости с учетом размеров и стороны повреждения для наибольшего соответствия толщины хряща, морфологии и конгруэнтности. С.Р. Henak с соавторами опубликовали исследование биомеханических различий между костно-хрящевыми трансплантатами из бедренной и таранной костей. Авторы обнаружили, что бедренный хрящ примерно в два раза толще таранного, что приводит к несоответствию высоты хряща при имплантации бедренных трансплантатов. Кроме того, бедренный хрящ мягче хряща таранной



кости вблизи суставной поверхности, а минимальный модуль сдвига для бедренного хряща в 4 раза ниже, чем для таранного. Авторы пришли к выводу, что бедренный хрящ менее устойчив к нагрузке. Это может привести к увеличению напряжения в нативной ткани, окружающей трансплантат [50].

Аллотрансплантат можно моделировать в соответствии со специфическими требованиями к размерам. Существует несколько типов трансплантатов, которые отличаются способами их хранения и заготовки: использовавшиеся ранее замороженные и свежемороженые аллотрансплантаты характеризуются низкой жизнеспособностью хондроцитов (20–30%). В настоящее время для пластики ОПБТК используются свежие незамороженные трансплантаты, которые после забора помещаются в раствор Рингера или в питательную среду. Этот тип трансплантатов характеризуется большей жизнеспособностью хондроцитов (до 67% в течение 30 сут.) и рекомендован к имплантации в течение 7 дней (в некоторых источниках — 28 дней) [44, 51, 52].

В ходе предоперационного планирования для подбора подходящего по размеру аллотрансплантата необходимо измерение таранной кости пациента по результатам КТ (длина, ширина и высота). Костно-хрящевой аллотрансплантат должен содержать не менее 10 мм костной ткани [44, 51].

Рекомендована плотная посадка аллотрансплантата с использованием фиксаторов. В систематическом обзоре P. Johnson и D.K. Lee был проведен анализ 15 публикаций, сообщающих о результатах остеохондральной аллотрансплантации ОПБТК голеностопного сустава с различными способами фиксации. В 59,7% использовались металлические винты, в 16,2% применялась биоабсорбируемая фиксация, а в 24,1% случаев — комбинированная. Авторы пришли к выводу, что ни один из способов фиксации не имел клинических преимуществ над другими [46].

Имеются противоречивые данные о распространенности коллапса трансплантата. В серии наблюдений S.B. Adams с соавторами не было обнаружено признаков разрушения, а в систематическом обзоре G.F. Pereira с соавторами общая выживаемость трансплантатов составила 86,6% [53, 54]. Это противоречит выводам C.E. Gross с соавторами и S.M. Raikin с соавторами, которые сообщают о резорбции трансплантата или коллапсе в 56% и 67% наблюдений соответственно [47, 52].

Несмотря на описанные хорошие результаты использования аллотрансплантатов, этот метод нельзя считать идеальным решением. В исследовании R. Naene с соавторами при среднем сроке наблюдения 48 мес. у 16 пациентов наблюдалось улучшение по шкале AOFAS со среднего значения в 45 до операции до 81 балла после операции (сред-

ний размер поражения 2,67 см<sup>2</sup>). Все пациенты смогли вернуться к прежней двигательной активности в течение года после операции и сообщили об удовлетворенности результатами. Однако на контрольных рентгенограммах было выявлено наличие остеофитов у всех пациентов кроме одного и умеренное прогрессирование деформирующего артроза у двух пациентов [44, 48].

Использование аллотрансплантатов помогает восстановить функцию, облегчает боль и позволяет пациентам вернуться к прежней двигательной активности, но не останавливает развитие дегенеративных изменений в голеностопном суставе.

#### *Имплантация аутологичных хондроцитов*

Репаративная ткань после операций, направленных на стимуляцию костного мозга, не соответствует в полной мере нормальному суставному хрящу блока таранной кости. Она имеет фиброзно-хрящевую природу и отличается от гиалинового хряща содержанием коллагена. Остеохондральные трансплантаты несут на себе неповрежденный хрящ с сохраненной архитектурой, но достижение анатомической конгруэнтности, инкорпорация трансплантата и полное заживление могут быть затруднены. Принцип, лежащий в основе методов клеточной репарации, заключается в способности трансплантированных хондроцитов генерировать гиалиноподобную репаративную ткань с биохимическими и биомеханическими свойствами, более близкими к нативному суставному хрящу блока таранной кости [5, 55].

Имплантация аутологичных хондроцитов (ACI — autologous chondrocyte implantation) — двухэтапная процедура, при которой осуществляется забор хондроцитов с их культивированием *in vitro* и последующей имплантацией в область дефекта [55]. Забор хондроцитов может быть осуществлен из коленного сустава, голеностопного сустава или из отслоившегося костно-хрящевого фрагмента. Во время имплантации могут быть использованы несколько вариантов покрытия имплантированных клеток. В первоначальном описании M. Brittberg с соавторами для покрытия использовали надкостничный лоскут, однако из-за проблем с гипертрофией трансплантата была разработана коллагеновая мембрана I/III [56]. В исследовании, сравнивающем два типа покрытия, C. Gooding с соавторами обнаружили сходные клинические и артроскопические результаты с меньшим количеством осложнений в группе с использованием мембран [57].

Исследования демонстрируют положительные результаты имплантации аутологичных хондроцитов: при среднем сроке наблюдения в 26 мес. у 8 пациентов S. Giannini с соавторами сообщили об отсутствии осложнений в послеоперационном

периоде и улучшении по шкале AOFAS с 32,1 балла до операции до 80,6 балла через 6 мес., 90 баллов через 12 мес. и 91 балла через 24 мес. (средний размер ОПБТК составлял 3,3 см<sup>2</sup>). Причем гистологический анализ выявил положительное окрашивание на коллаген II типа и протеогликан во внеклеточном матриксе всех образцов [58]. М. Battaglia с соавторами сообщили об аналогичном улучшении средних показателей по шкале AOFAS у 20 пациентов при более длительном сроке наблюдения — 5±1 год (средний размер поражения 2,7±1 см<sup>2</sup>) [59].

Имплантация аутологичных хондроцитов с использованием матриц (MACI — matrix/membrane autologous chondrocyte implantation) включает культивирование хондроцитов на матрицах на основе коллагена или гиалуроновой кислоты перед имплантацией. Преимущества этого метода включают более равномерное распределение хондроцитов на имплантате, исключение нарушений дифференцировки хондроцитов и отсутствие необходимости в покровном слое [55, 60]. Клинические исследования показывают многообещающие результаты после MACI при ОПБТК: В. Magnan с соавторами сообщили о результатах 30 ОПБТК со средним размером поражения 2,36 см<sup>2</sup> после MACI с использованием коллагенового матрикса. Хорошие и отличные результаты были получены у 28 из 30 пациентов, а послеоперационные результаты МРТ показали улучшенную интеграцию [61]. Общими показаниями для MACI являются возраст от 15 до 55 лет, одиночное, ограниченное ОПБТК, рецидив после предыдущей операции, небольшие поражения с обширными субхондральными кистозными изменениями [55, 60].

В Российской Федерации использование MACI ограничено отсутствием матриц/мембран, зарегистрированных для применения в голеностопном суставе.

### Заключение

Полученные в результате обзора и анализа литературы данные являются очень неоднородными. Изученная литература не смогла в полной мере ответить на ряд вопросов, связанных со способами оперативного лечения пациентов с симптомными ОПБТК и показаниями к ним.

Отсутствие однозначных показаний к разным группам хирургических вмешательств и большая вариабельность результатов лечения подчеркивают актуальность проблемы и необходимость дальнейшего совершенствования диагностических и лечебных концепций. Очевидно, что необходима более детальная оценка среднесрочных и отдаленных клинических исходов применения различных хирургических методов и разработка алгоритмов лечения этой группы пациентов, специфичных для разных стран.

### Литература [References]

1. Dahmen J., Lambers K.T.A., Reilingh M.L., van Bergen C.J.A., Stufkens S.A.S., Kerkhoffs G.M.M.J. No superior treatment for primary osteochondral defects of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(7):2142-2157. doi: 10.1007/s00167-017-4616-5.
2. Кузнецов В.В., Пахомов И.А. Остеохондральные поражения блока таранной кости, современные подходы к хирургическому лечению (обзор литературы). *Сибирский научный медицинский журнал.* 2016;(2):56-61.  
Kuznetsov V.V., Pakhomov I.A. [Osteochondral lesions of the trochlea tali: modern approaches to surgical treatment (review)]. *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal* [The Siberian Scientific Medical Journal]. 2016;(2):56-61. (In Russian).
3. Pinski J.M., Boakye L.A., Murawski C.D., Hannon C.P., Ross K.A., Kennedy J.G. Low Level of Evidence and Methodologic Quality of Clinical Outcome Studies on Cartilage Repair of the Ankle. *Arthroscopy.* 2016;32(1):214-222.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2015.06.050.
4. Younce N. Osteochondral Lesions of the Talus: Literature Review. *Northern Ohio Foot Ankle J.* 2016;5(1):1-7. Available from: NOFA Journal OLT April 2016, revised (nofafoundation.org).
5. Looze C.A., Capo J., Ryan M.K., Begly J.P., Chapman C., Swanson D., Singh B.C., Strauss E.J. Evaluation and Management of Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage.* 2017;8(1):19-30. doi: 10.1177/1947603516670708.
6. Lomax A., Miller R.J., Fogg Q.A., Jane Madeley N., Senthil Kumar C. Quantitative assessment of the subchondral vascularity of the talar dome: a cadaveric study. *Foot Ankle Surg.* 2014;20(1):57-60. doi: 10.1016/j.fas.2013.10.005.
7. Sorrentino R., Carlson K.J., Bortolini E., Minghetti C., Feletti F., Fiorenza L. et al. Morphometric analysis of the hominin talus: Evolutionary and functional implications. *J Hum Evol.* 2020;142:102747. doi: 10.1016/j.jhevol.2020.102747.
8. Dekker T.J., Dekker P.K., Tainter D.M., Easley M.E., Adams S.B. Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2017;5(3):01874474-201703000-00001. doi: 10.2106/JBJS.RVW.16.00065.
9. Зейналов В.Т., Шкуро К.В. Методы лечения остеохондральных повреждений таранной кости (рассекающий остеохондрит) на современном этапе (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2018;4(34):24-36. doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.4.24-36.  
Zeinalov V.T., Shkuro K.V. [Recent methods of treatment of osteochondral lesions (osteochondritis dissecans) of the talus (literature review)]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2018;4(34):24-36. doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.4.24-36. (In Russian).
10. Konig F. Uber freie korper in den gelenken. *Dtsch Z Chir.* 1887;27;90-109.
11. Prado M.P., Kennedy J.G., Raduan F., Nery C. Diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle: current concepts. *Rev Bras Ortop.* 2016;51(5):489-500. doi: 10.1016/j.rboe.2016.08.007.
12. van Bergen C.J.A., Baur O.L., Murawski C.D., Spennacchio P., Carreira D.S., Kearns S.R. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Diagnosis: History, Physical Examination, Imaging, and Arthroscopy: Proceedings of the

- International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018 Jul;39(1\_suppl):3S-8S. doi: 10.1177/1071100718779393
13. Gianakos A.L., Yasui Y., Hannon C.P., Kennedy J.G. Current management of talar osteochondral lesions. *World J Orthop.* 2017;8(1):12-20. doi: 10.5312/wjo.v8.i1.12.
  14. Скороглядов А.В., Науменко М.В., Зинченко А.В., Коробушкин Г.В. Костно-хрящевые поражения таранной кости. *Вестник Российского государственного медицинского университета.* 2012;(5):40-45. Skoroglyadov A.V., Naumenko M.V., Zinchenko A.V., Korobushkin G.V. [Osteochondral lesions of the talus]. *Vestnik Rossiiskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of Russian State Medical University]. 2012;(5):40-45. (In Russian).
  15. Coughlin M.J., Saltzman C.L., Anderson R.B. *Mann's Surgery of the Foot and Ankle, 2-Volume Set: 9th Ed.* Mosby; 2013. pp. 1748-1759.
  16. Hepple S., Winson I.G., Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):789-793. doi: 10.1177/107110079902001206.
  17. Ramponi L., Yasui Y., Murawski C.D., Ferkel R.D., DiGiovanni C.W., Kerkhoffs G.M.M.J. et al. Lesion Size Is a Predictor of Clinical Outcomes After Bone Marrow Stimulation for Osteochondral Lesions of the Talus: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2017;45(7):1698-1705. doi: 10.1177/0363546516668292.
  18. Van Dijk C.N. *Ankle arthroscopy: Techniques developed by the Amsterdam foot and ankle school.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. pp. 149-184.
  19. Elias I., Jung J.W., Raikin S.M., Schweitzer M.W., Carrino J.A., Morrison W.B. Osteochondral lesions of the talus: change in MRI findings over time in talar lesions without operative intervention and implications for staging systems. *Foot Ankle Int.* 2006;27(3):157-166. doi: 10.1177/107110070602700301.
  20. van Diepen P.R., Dahmen J., Altink J.N., Stufkens S.A.S., Kerkhoffs G.M.M.J. Location Distribution of 2,087 Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage.* 2020;1947603520954510. doi: 10.1177/1947603520954510.
  21. Berndt A., Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41-A:988-1020.
  22. Scanton P.E. Jr., McDermott J.E. Treatment of type V osteochondral lesions of the talus with ipsilateral knee osteochondral autografts. *Foot Ankle Int.* 2001;22(5):380-384. doi: 10.1177/107110070102200504.
  23. Ferkel R.D., Sgaglione N.A., Del Pizzo W. Arthroscopic treatment of osteochondral lesions of the talus: technique and results. *Orthop Trans.* 1990;(14):172-175.
  24. Cheng M.S., Ferkel R.D., Applegate G.R. Osteochondral lesions of the talus: a radiologic and surgical comparison. Oral presentation presented at: Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. New Orleans, 1995.
  25. Mintz D.N., Tashjian G.S., Connell D.A., Deland J.T., O'Malley M., Potter H.G. Osteochondral lesions of the talus: a new magnetic resonance grading system with arthroscopic correlation. *Arthroscopy.* 2003;19(4):353-359. doi: 10.1053/jars.2003.50041.
  26. Hannon C.P., Bayer S., Murawski C.D., Canata G.L., Clanton T.O., Haverkamp D. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Debridement, Curettage, and Bone Marrow Stimulation: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):16S-22S. doi: 10.1177/1071100718779392.
  27. Polat G., Erşen A., Erdil M.E., Kızılkurt T., Kılıçoğlu Ö., Aşık M. Long-term results of microfracture in the treatment of talus osteochondral lesions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1299-1303. doi: 10.1007/s00167-016-3990-8.
  28. Hunt K.J., Lee A.T., Lindsey D.P., Slikker W., Chou L.B. Osteochondral lesions of the talus: effect of defect size and plantarflexion angle on ankle joint stresses. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):895-901. doi: 10.1177/0363546511434404.
  29. Choi J.I., Lee K.B. Comparison of clinical outcomes between arthroscopic subchondral drilling and microfracture for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(7):2140-2147. doi: 10.1007/s00167-015-3511-1.
  30. Shimozono Y., Brown A.J., Batista J.P., Murawski C.D., Gooma M., Kong S.W. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Subchondral Pathology: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):48S-53S. doi: 10.1177/1071100718781866.
  31. Chuckpaiwong B., Berkson E.M., Theodore G.H. Microfracture for osteochondral lesions of the ankle: outcome analysis and outcome predictors of 105 cases. *Arthroscopy.* 2008;24(1):106-112. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.022.
  32. Reilingh M.L., Murawski C.D., DiGiovanni C.W., Dahmen J., Ferrao P.N.F., Lambers K.T.A. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Fixation Techniques: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):23S-27S. doi: 10.1177/1071100718781096.
  33. Kerkhoffs G.M., Reilingh M.L., Gerards R.M., de Leeuw P.A. Lift, drill, fill and fix (LDFF): a new arthroscopic treatment for talar osteochondral defects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1265-1271. doi: 10.1007/s00167-014-3057-7.
  34. Kraeutler M.J., Chahla J., Dean C.S., Mitchell J.J., Santini-Araujo M.G., Pinney S.J. et al. Current concepts review update: osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Int.* 2017;38(3):331-342. doi: 10.1177/1071100716677746.
  35. Van Bergen C.J., Kox L.S., Maas M., Siervelt I.N., Kerkhoffs G.M., van Dijk C.N. Arthroscopic treatment of osteochondral defects of the talus: outcomes at eight to twenty years of follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(6):519-525. doi: 10.2106/JBJS.L.00675.
  36. Hurley E.T., Murawski C.D., Paul J., Marangon A., Prado M.P., Xu X. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Osteochondral Autograft: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):28S-34S. doi: 10.1177/1071100718781098.
  37. Корышков Н.А., Хапилин А.П., Ходжиев А.С., Воронкевич И.А., Огарёв Е.В., Симонов А.Б. и др. Мозаичная аутологичная остеохондропластика в лечении локального асептического некроза блока таранной кости. *Травматология и ортопедия России.* 2014;4(74):90-98. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-90-98.
  - Koryshkov N.A., Khapilin A.P., Khodzhiyev A.S., Voronkevich I.A., Ogarev E.V., Simonov A.B. et al. [Treatment of local talus osteochondral defects using mosaic autogenous osteochondral plasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and

- Orthopedics of Russia]. 2014;(4):90-98. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-90-98.
38. Shimozono Y., Hurley E.T., Myerson C.L., Kennedy J.G. Good clinical and functional outcomes at mid-term following autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(10):3055-3062. doi: 10.1007/s00167-018-4917-3.
  39. Latt L.D., Glisson R.R., Montijo H.E., Usulli F.G., Easley M.E. Effect of graft height mismatch on contact pressures with osteochondral grafting of the talus. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2662-2669. doi: 10.1177/0363546511422987.
  40. Fansa A.M., Murawski C.D., Imhauser C.W., Nguyen J.T., Kennedy J.G. Autologous osteochondral transplantation of the talus partially restores contact mechanics of the ankle joint. *Am J Sports Med.* 2011;39(11):2457-2465. doi: 10.1177/0363546511419811.
  41. Kock N.B., Van Susante J.L., Buma P., Van Kampen A., Verdonschot N. Press-fit stability of an osteochondral autograft: influence of different plug length and perfect depth alignment. *Acta Orthop.* 2006;77(3):422-428. doi: 10.1080/17453670610046352.
  42. Savage-Elliott I., Smyth N.A., Deyer T.W., Murawski C.D., Ross K.A., Hannon C.P. et al. Magnetic resonance imaging evidence of postoperative cyst formation does not appear to affect clinical outcomes after autologous osteochondral transplantation of the talus. *Arthroscopy.* 2016;32(9):1846-1854. doi: 10.1016/j.arthro.2016.04.018.
  43. Hangody L., Dobos J., Baló E., Pánics G., Hangody L.R., Berkes I. Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. *Am J Sports Med.* 2010;38(6):1125-1133. doi: 10.1177/0363546509360405.
  44. Smyth N.A., Murawski C.D., Adams S.B. Jr, Berlet G.C., Buda R., Labib S.A. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Osteochondral Allograft: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):35S-40S. doi: 10.1177/1071100718781097.
  45. Fraser E.J., Savage-Elliott I., Yasui Y., Ackermann J., Watson G., Ross K.A. et al. Clinical and MRI donor site outcomes following autologous osteochondral transplantation for talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(9):968-976. doi: 10.1177/1071100716649461.
  46. Johnson P., Lee D.K. Evidence-based rationale for ankle cartilage allograft replacement: a systematic review of clinical outcomes. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54(5):940-943. doi: 10.1053/j.jfas.2014.12.008.
  47. Gross C.E., Adams S.B., Easley M.E., Nunley J.A. II. Role of fresh osteochondral allografts for large talar osteochondral lesions. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(1):e9-e17. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00302.
  48. Haene R., Qamirani E., Story R.A., Pinsker E., Daniels T.R. Intermediate outcomes of fresh talar osteochondral allografts for treatment of large osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(12):1105-1110. doi: 10.2106/JBJS.J.02010.
  49. Ahmad J., Jones K. Comparison of osteochondral autografts and allografts for treatment of recurrent or large talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(1):40-50. doi: 10.1177/1071100715603191.
  50. Henak C.R., Ross K.A., Bonnevie E.D., Fortier L.A., Cohen I., Kennedy J.G. et al. Human talar and femoral cartilage have distinct mechanical properties near the articular surface. *J Biomech.* 2016;49(14):3320-3327. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.08.016.
  51. Schmidt K.J., Tírigo L.E., McCauley J.C., Bugbee W.D. Fresh osteochondral allograft transplantation: is graft storage time associated with clinical outcomes and graft survivorship? *Am J Sports Med.* 2017;45(10):2260-2266. doi: 10.1177/0363546517704846.
  52. Raikin S.M. Fresh osteochondral allografts for large-volume cystic osteochondral defects of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(12):2818-2826. doi: 10.2106/JBJS.I.00398.
  53. Adams S.B. Jr, Viens N.A., Easley M.E., Stinnett S.S., Nunley J.A. 2<sup>nd</sup>. Midterm results of osteochondral lesions of the talar shoulder treated with fresh osteochondral allograft transplantation. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(7):648-654. doi: 10.2106/JBJS.J.00141.
  54. Pereira G.F., Steele J.R., Fletcher A.N., Clement R.D., Arasa M.A., Adams S.B. Fresh Osteochondral Allograft Transplantation for Osteochondral Lesions of the Talus: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(3):585-591. doi: 10.1053/j.jfas.2021.02.001.
  55. Rothrauff B.B., Murawski C.D., Angthong C., Becher C., Nehrer S., Niemeyer P. et al. Scaffold-Based Therapies: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1\_suppl):41S-47S. doi: 10.1177/1071100718781864.
  56. Brittberg M., Lindahl A., Nilsson A., Ohlsson C., Isaksson O., Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med.* 1994;331(14):889-895.
  57. Gooding C., Bartlett W., Bentley G., Skinner J.A., Carrington R., Flanagan A. A prospective, randomised study comparing two techniques of autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects in the knee: periosteum covered versus type I/III collagen covered. *Knee.* 2006;13(3):203-210. doi: 10.1016/j.knee.2006.02.011.
  58. Giannini S., Battaglia M., Buda R., Cavallo M., Ruffilli A., Vannini F. Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus by open-field autologous chondrocyte implantation: a 10-year follow-up clinical and magnetic resonance imaging T2-mapping evaluation. *Am J Sports Med.* 2009;37 Suppl 1: 112S-118S. doi: 10.1177/0363546509349928.
  59. Battaglia M., Vannini F., Buda R., Cavallo M., Ruffilli A., Monti C. et al. Arthroscopic autologous chondrocyte implantation in osteochondral lesions of the talus: mid-term T2-mapping MRI evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(8):1376-1384. doi: 10.1007/s00167-011-1509-x.
  60. Gao L., Orth P., Cucchiari M., Madry H. Autologous matrix-induced chondrogenesis: a systematic review of the clinical evidence. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):222-231. doi: 10.1177/0363546517740575.
  61. Magnan B., Samaila E., Bondi M., Vecchini E., Micheloni G.M., Bartolozzi P. Three-dimensional matrix-induced autologous chondrocytes implantation for osteochondral lesions of the talus: midterm results. *Adv Orthop.* 2012;2012:942174. doi: 10.1155/2012/942174.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Пашкова Екатерина Анатольевна* — аспирант, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
caterinapashkova@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>

*Сорокин Евгений Петрович* — канд. мед. наук, научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
sorokinortoped@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>

*Фомичев Виктор Андреевич* — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
fomichef@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>

*Коновальчук Никита Сергеевич* — канд. мед. наук, лаборант-исследователь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
konovalchuk91@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>

*Демьянова Ксения Андреевна* — ординатор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
ksunyablack@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Ekaterina A. Pashkova* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
caterinapashkova@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>

*Evgenii P. Sorokin* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
sorokinortoped@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>

*Viktor A. Fomichev* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
fomichef@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>

*Nikita S. Konovalchuk* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
konovalchuk91@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>

*Ksenia A. Demyanova* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
ksunyablack@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>

*Заявленный вклад авторов*

*Пашкова Е.А.* — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

*Сорокин Е.П.* — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

*Фомичев В.А.* — поиск научной литературы по теме.

*Коновальчук Н.С.* — поиск научной литературы по теме.

*Демьянова К.А.* — поиск научной литературы по теме.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.