Гений ортопедии. 2023;29(2):204-210.
Genij Ortopedii. 2023;29(2):204-210.

Обзорная статья

УДК 616.728.3-002.2-089.85

https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-2-204-210

Возможности туннелизации в лечении остеоартрита коленного сустава

А.А. Барановский[1], А.Г. Балглей[2], А.Н. Ткаченко[2]✉, Д.Ш. Мансуров[3], А.А. Хромов[2]

[1] Городская поликлиника № 51, Санкт-Петербург, Россия
[2] Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия
[3] Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

Автор, ответственный за переписку: Александр Николаевич Ткаченко, altkachenko@mail.ru

Аннотация

Введение. Хирургическое лечение остеоартрита коленного сустава является дискутабельным вопросом. Эндопротезирование коленного сустава в настоящее время стало операцией выбора в ортопедической практике при остеоартрите тяжелой степени. Однако артропластика не всегда позволяет достигать положительных результатов, а срок службы импланта не безграничен. В последние годы все чаще появляются публикации, посвященные ограничению показаний к эндопротезированию при остеоартрите коленного сустава. Применение туннелизации в ее современных модификациях позволяет отсрочить или, в ряде случаев, избежать артропластики коленного сустава. **Цель**. Обосновать безопасность, малотравматичность и эффективность метода туннелизации как малоинвазивного органосохраняющего лечения остеоартрита коленного сустава. **Материалы и методы**. Проводился поиск данных литературы в открытых электронных базах научной литературы PubMed и eLIBRARY. Поиск осуществлялся по ключевым словам и словосочетаниям: остеоартрит коленного сустава, суставной хрящ, туннелизация, болевой синдром, артроскопия. Глубина поиска составила 30 лет. **Результаты**. Основой эффективности туннелизации является концепция одномоментной реваскуляризации, дренирования и декомпрессии субхондральных отделов коленного сустава и костномозговой полости трубчатых костей. До 96 % пациентов отмечают положительный эффект туннелизации сразу после операции. Внутрикостное давление снижается на срок до 2-х лет у 88 % больных. **Обсуждение**. Использование туннелизации в лечении остеоартрита коленного сустава способствует снижению болей в проекции бедренной и большеберцовой костей, в том числе, ночных, улучшает функциональные показатели сустава, тормозит прогрессирующее разрушение хрящевых тканей, повышает качество жизни больных и снижает потребность в замене пораженного сустава. Кроме того, туннелизация не требует серьезных экономических затрат. За счет того, что данный метод является малоинвазивным хирургическим вмешательством, риск инфекционных осложнений заметно ниже, чем при эндопротезировании коленного сустава. **Заключение**. Таким образом, туннелизация суставных концов является простым, безопасным, малотравматичным и эффективным методом лечения остеоартрита коленного сустава.
Ключевые слова: остеоартрит коленного сустава, суставной хрящ, туннелизация, болевой синдром, артроскопия

Для цитирования: Барановский А.А., Балглей А.Г., Ткаченко А.Н., Мансуров Д.Ш., Хромов А.А. Возможности туннелизации в лечении остеоартрита коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2023;29(2):204-210. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-204-210. EDN QAWOHY.

Review article

The possibilities of drilled tunneling in the treatment of knee joint osteoarthritis

A.A. Baranovskii[1], A.G. Balgley[2], A.N. Tkachenko[2]✉, D.Sh. Mansurov[3], A.A. Khromov[2]

[1] City Polyclinic No. 51, Saint-Petersburg, Russian Federation
[2] North-Western Mechnikov State Medical University, Saint-Petersburg, Russian Federation
[3] Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

Corresponding author: Alexandr N. Tkachenko, altkachenko@mail.ru

Abstract

Introduction Surgical treatment of knee osteoarthritis is a controversial issue. Knee replacement is the treatment of choice in the orthopedic practice for patients with severe knee osteoarthritis. However, total knee arthroplasty (TKA) has not only beneficial results and implant survivorship is limited in time. In recent years, the number of publications devoted to the limitation of indications for TKA in patients with osteoarthritis has been increased. The use of drilled tunneling in its modern modifications enables to delay or, in some cases, avoid knee joint arthroplasty. **Purpose** To substantiate the safety, low invasiveness and effectiveness of the tunneling method as a minimally invasive organ-preserving treatment for knee joint osteoarthritis. **Materials and methods** The electronic Pub-Med/MEDLINE and eLibrary databases were searched for works published for the last 30 years. The search was carried out with keywords and phrases: knee joint osteoarthritis, articular cartilage, bone drilling, arthroscopy of the knee joint. **Results** The effectiveness of tunneling is based on the concept of simultaneous revascularization, drainage and decompression of the subchondral sections of the knee joint and the medullary cavity of the tubular bones. Up to 96 % of patients report a positive effect of tunneling immediately after surgery. Intraosseous pressure decreases for up to 2 years in 88 % of patients. **Discussion** The tunneling method in the treatment of knee osteoarthritis helps to reduce pain in the projection of the femur and tibia, including night pain, improves the functional parameters of the joint, inhibits the progress of cartilage destruction, improves the quality of life of patients and reduces the need for replacement of the affected joint. In addition, tunneling does not require serious economic costs. Due to the fact that this method is a minimally invasive surgical intervention, the risk of infection is noticeably lower than with TKA. Conclusion Thus, the tunneling of the articular ends is a simple, safe, low invasive and effective method of treating knee joint osteoarthritis.
Keywords: osteoarthritis of the knee joint, articular cartilage, tunneling, pain syndrome, arthroscopy

For citation: Baranovskii A.A., Balgley A.G., Tkachenko A.N., Mansurov D.Sh., Khromov A.A. The possibilities of drilled tunneling in the treatment of knee joint osteoarthritis. *Genij Ortopedii*. 2023;29(2):204-210. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-204-210

ВВЕДЕНИЕ

Дегенеративное поражение коленного сустава является широко распространенным заболеванием и верифицируется у каждого второго человека в возрасте старше 65 лет и более чем в 80 % случаев в возрасте старше 75 лет. Первые проявления остеоартрита коленного сустава (ОАКС) определяются у 6 % наблюдаемых старше 30 лет и у 15 % населения в возрасте старше 45 лет. [1]. На сегодняшний день эндопроте-

© Барановский А.А., Балглей А.Г., Ткаченко А.Н., Мансуров Д.Ш., Хромов А.А., 2023

зирование коленных суставов (ЭКС) считается операцией выбора при лечении далеко зашедших стадий ОАКС [2, 3]. Рост числа операций ЭКС отмечается как в России, так и во всем мире [4, 5, 6]. Однако существенного снижения частоты осложнений и неудовлетворительных результатов ЭКС многие исследователи не отмечают [7, 8, 9].

Показания к замене сустава имплантом очень широки, что нередко приводит к выполнению артропластики без достаточных на то оснований. Так, например, в США число необоснованно выполненных артропластик КС достигает трети случаев [10]. Некоторые авторы отмечают, что ЭКС выполняется преждевременно в 7-34 % случаев [11, 12]. Кроме того, приводятся данные о том, что у 82 % больных, которые перенесли артропластику КС, восстановления физической активности не происходит, и они вынуждены, как и до операции, вести малоподвижный образ жизни [13]. Несмотря на в целом положительные результаты артропластики КС, срок службы импланта не безграничен и, по сути своей, эта операция является в отдаленные сроки калечащей, что вынуждает ортопедов-травматологов сдвигать проведение ЭКС на более поздний период и использовать потенциал малоинвазивных органосохраняющих вмешательств. Одним из таких способов является туннелизация.

Туннелизация, как способ лечения ОАКС, стала выполняться с 1959 года, после того как K.H. Pridie в трудах Конгресса Британской ортопедической ассоциации описал разработанный им метод лечения остеоартрита (ОА) суставных поверхностей коленного сустава (КС), который назвал субхондральным сверлением [14]. Данная публикация стала одной из наиболее цитируемых статей, посвященных лечению заболеваний КС. K.H. Pridie, на основе клинических экспериментов, представил методику стимуляции костного мозга путем высвобождения мезенхимальных стволовых клеток из губчатого вещества кости, которые затем заполняют предварительно выполненные просверливанием костные дефекты, что способствует росту волокнистого хряща. При разработке методики ученый ориентировался на многочисленные исследования на животных, которые, начиная с 1905 года, неоднократно подтверждали, что костная перфорация стимулирует репарацию хрящевой ткани за счет улучшения васкуляризации.

Хотя за последние десятилетия методика, описанная в оригинальной статье K.H. Pridie, была неоднократно модифицирована, концепция стимуляции костного мозга и последующего хондрогенеза, предложенная им, остается на сегодняшний день наиболее часто используемой в хирургии восстановления хрящевой ткани [15].

Цель – обосновать безопасность, малотравматичность и эффективность метода туннелизации как малоинвазивного органосохраняющего лечения остеоартрита коленного сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проводился поиск данных литературы в открытых электронных базах научной литературы PubMed и eLIBRARY. Поиск осуществлялся по ключевым словам и словосочетаниям: остеоартрит коленного сустава, суставной хрящ, туннелизация, болевой синдром, артроскопия. Глубина поиска составила 30 лет.

Критерии включения: полнотекстовые статьи с указанием конкретных количественных данных.

Критерии исключения: клинические примеры и абстракты докладов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Развитие патологических изменений в КС связывают с инволютивными структурно-функциональными нарушениями хрящевой ткани сустава (разволокнение, расщепление, потеря массы хряща), что клинически проявляется болью, уменьшением амплитуды движения и деформацией сустава [16, 17]. Причем изменения эти начинаются уже в возрасте 30-40 лет. Таким образом, повышенный интерес к методикам восстановления хряща при ОА, которые способны облегчить боль, замедлить прогрессирование дегенеративного заболевания и отсрочить или избежать необходимости замены сустава, является патогенетически обоснованным.

Конечно, на первоначальном этапе оставалось много нерешенных вопросов, связанных с техникой туннелизации. Основным аспектом, которому уделялось особое внимание, был размер отверстий костной ткани и расстояние между ними. Не всегда удовлетворительные результаты операции связывали с большим размером отверстий и широким расстоянием между ними, хотя диаметр инструментов, которые использовал K.H. Pridie, был неизвестен. Следует упомянуть работы J.N. Insall (1967, 1974), который предпринял попытку модифицировать методику K.H. Pridie, используя сверла размером в четверть дюйма (6,35 мм), предполагая, что они меньше, чем в работах K.H. Pridie [18, 19].

Впоследствии методика туннелизации неоднократно совершенствовалась. Так, R.P. Ficat с соавт. (1979) расширили концепцию K.H. Pridie, предложив методику «спонгиализации», посредством которой пораженный хрящ иссекали, полностью удаляли субхондральную пластинку, обнажая «губчатую ткань», которая служила основой для нарастания фиброзной ткани [20]. Авторы сообщили о 85 пациентах, у которых была выполнена спонгиализация. При наблюдении в течение 6-36 месяцев (в среднем 15 месяцев) у 79 % пациентов были определены хорошие или отличные результаты операции, несмотря на то, что в каждом случае имело место тяжелое повреждение хрящевой ткани КС.

Новым этапом в развитии методики туннелизации КС стало применение ауто- и аллохондропластики, что позволяло замещать даже довольно обширные дефекты хряща [21, 22].

J.R. Steadman с соавт. (1997, 2010) осуществляли сверление с помощью инструментов небольшого размера, выполняя близкорасположенные друг к другу микропереломы («микрофрактурирование») с использованием артроскопии [23, 24]. Авторы обращали вни-

мание, что метод экономически эффективен, технически не сложен, сопровождается низким процентом осложнений и может сочетаться с другими вариантами лечения.

T. Koshino (1982) сообщал о лучших исходах лечения ОАКС, по данным рентгенографии, при сочетании большеберцовой остеотомии одновременно с костной пластикой или туннелизацией, чем только при выполнении остеотомии [25].

Китайские исследователи Y.Tian с соавт. в 1997 году продемонстрировали результаты субхондральной туннелизации у 21 пациента (38 КС) с ОА. За 6-12 месяцев наблюдения отмечено улучшение функциональных показателей КС с 18-48 баллов (в среднем 30,78) перед операцией до 61-96 баллов после операции (в среднем 87,95), увеличение показателей «удовлетворительно» и «хорошо» по функциональным шкалам с 5 до 86,84 %, а также купирование боли [26].

В 2000 году U. Schneider с соавт. в проспективном клиническом исследовании с участием 69 пациентов (136 коленных суставов) с ОА, сопровождающимся выраженным болевым синдромом, продемонстрировали снижение внутрикостного давления за счет декомпрессии через 1 год после туннелизации на 88 % по сравнению с исходными показателями, что клинически сопровождалось снижением интенсивности боли, при этом достигнутый положительный эффект сохранялся более 3-х лет [27]. Данная работа была продолжением концепции о немаловажной роли внутрикостной гипертензии в патогенезе суставной боли в покое, особенно в ночное время [28, 29, 30]. В результате туннелизации через дефекты костной ткани происходит истечение тканевой жидкости из костномозговой полости и, как следствие, снижение костномозгового давления.

J.P. Benthien и P. Behrens (2010) предложили одноэтапную методику, сочетающую субхондральную туннелизацию и аутологичный матрикс-индуцированный хондрогенез (Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis, AMIC). Ткань, высвобождаемая из просверленных отверстий, фиксировалась мембраной из коллагена I/III. Таким образом, получалась матрица для регенерации хряща, в результате чего образовывался более прочный волокнистый хрящевой слой [31].

В 2017 году R. Martin и R.P. Jakob представили свою методику остеохондроизации, при которой после выскабливания и удаления склеротического слоя и субхондральной пластинки на глубину 4 мм, аналогично процедуре «спонгиолизации», предложенной R.P. Ficat с соавт. (1979), полученный костномозговой дефект заполнялся свежей губчатой тканью, извлеченной из большеберцовой кости, на одном уровне с соседней субхондральной пластинкой. Сверху накладывалась двухслойная коллагеновая мембрана I/III. Авторы оценили результат предложенной методики в 5 клинических случаях при средней площади хрящевого дефекта 3,9 ± 1,7 см^2 в среднем через 1,1 год после операции. Выраженность боли после операции уменьшилась с 6,4 до 2,4 балла, функциональные показатели, согласно опроснику Kujala, улучшились с 40,8 до 74,2 балла. В одном случае развился артрофиброз, потребовавший артолизиса, однако в 4-х остальных случаях по данным магнитно-резонансной томографии через 6 и 12 месяцев выявлено полное заполнение дефекта и формирование субхондральной пластинки. Конечно, ограничением исследования является малое число наблюдений [32].

Следует отметить, что в отечественной хирургии операция туннелизации при лечении ОАКС не сразу заняла свое место среди органосохраняющих методик. Высказывались предположения, что эффект туннелизации нестойкий, поскольку туннели быстро замещаются костной тканью, что сопровождается возвратом болевого синдрома [33]. В результате, примерно до 1980-х годов XX века туннелизация при ОАКС в нашей стране использовалась редко.

Однако по мере накопления научных данных о роли расстройств внутрикостного микроциркуляторного русла и венозного стаза в патогенезе ОА, обусловливающих застойные явления, внутрикостную гипертензию и метаболические расстройства в костной ткани, внимание медицинского сообщества вновь обратилось к методикам, стимулирующим восстановление хрящевой ткани за счет активизации микроциркуляции [34, 35, 36, 37].

Так, Е.Т. Скляренко и М.Х. Хаддадин в 1981 году представили хорошие результаты субхондральной туннелизации у 24 пациентов с ОАКС в виде снижения выраженности болевого синдрома и улучшения архитектоники тканей КС [38].

ОБСУЖДЕНИЕ

Большой вклад в развитие и популяризацию методики туннелизации у пациентов с ОАКС внесли сотрудники ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова». В частности, В.И. Шевцов с соавт. (1999) предложили стимулировать васкуляризацию КС с помощью устройства со штифтами, спицами и фиксирующими элементами, которое крепилось через поперечные костные туннели. Данная методика успешно применялась в клинике Российского научного центра «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А.Илизарова, сотрудники которого в последующем продолжали активную работу по оптимизации и внедрению туннелизации в практическую работу травматологов-ортопедов [39, 40, 41, 42, 43]. Среди прочего, была разработана методика «конусовидного» туннелирования эпиметафизов бедренной и большеберцовой костей при ОАКС с расстройствами периферического кровообращения.

Впоследствии Ю.М. Юшенин с соавт. (2000) предложили методику, которая включала предварительную туннелизацию мягких околосуставных тканей, а затем сверление мыщелков бедренной кости и метадиафиза большеберцовой кости. Идея заключалась в улучшении кровоснабжения сустава и декомпрессии за счет сообщения между внутрикостной полостью и микрососудистым компонентом мышечно-соединительнотканного комплекса [44].

Разными авторами рассматривались варианты сочетанных органосохраняющих хирургических вме-

шательств при ОАКС. Например, показана высокая эффективность одномоментного применения высокой остеотомии берцовых костей и декомпрессионной туннелизации надколенника и эпиметафиза бедренной кости по методике K.H. Pridie. В 88 % случаев отмечено купирование болевого синдрома, в том числе, в ночное время, с сохранением эффекта в течение 2-х лет после операции, а также восстановление положения механической оси нижней конечности [45].

K.Y. Saw с соавт (2015) оценили качество регенерации суставного хряща из медиального отдела после артроскопической субхондральной туннелизации с последующим послеоперационным внутрисуставным введением аутологичных стволовых клеток периферической крови и гиалуроновой кислоты с сопутствующей медиальной открытой клиновидной остеотомией большеберцовой кости у 8 больных с варусной деформацией КС. При повторной послеоперационной артроскопии выявлено удовлетворительное заживление регенерированного хряща, а гистологический анализ показал значительное количество протеогликанов и коллагена II типа. Кроме того, согласно суммарной гистологической оценке, показатель восстановления хряща приближался к 95 % от показателя нормального суставного хряща. Ни в одном случае не было зафиксировано осложнений в послеоперационном периоде [46].

А.А. Свешников и соавт. (2002) при обследовании 101 пациента с гонартрозом радионуклидными методами выявили, что выполнение остеоперфораций наружных и внутренних мыщелков бедра и голени стимулирует регенеративно-гипертрофические изменения в костной ткани, приводит к росту новых сосудов и образованию коллатералей между ними. Через 1,5-2 месяца после операции в большинстве случаев у больных со II-Ш стадией заболевания зафиксировано равномерное восстановление эпифизарного хряща с достоверным увеличением его высоты [47].

Схожие результаты получены в экспериментальном гистоморфологическом исследовании, результаты которого представили T.A.Stupina с соавт. (2012). Авторы показали, что туннелизация субхондральной зоны с введением в каналы аутологичного костного мозга стимулирует репаративную регенерацию хондральной ткани за счет торможения деструкции суставов [48].

В.И. Шевцов и соавт. (2008) изучили отдаленные результаты (1-7 лет после операции) лечения ОАКС посредством тотальной субхондральной туннелизации суставных отделов у 88 пациентов (97 коленных суставов). В целом, положительный исход в виде купирования или снижения интенсивности боли, увеличения толерантности к физической нагрузке, повышения качества жизни, нормализации походки, а также увеличения объема движения в КС отмечено в 96,9 % случаев. При этом хорошие результаты зафиксированы у 77,3 %, пациентов, удовлетворительные – в 19,6 % наблюдений, а неудовлетворительные – у 3,1 % пациентов (3 коленных сустава) [49].

Е.Н. Щурова и соавт. (2016) оценили состояние кровотока в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости после туннелизации и введения аутологичной крови с элементами костного мозга у 26 пациентов с гонартрозом II-Ш степени. В 46,2 % случаев отмечался существенный прирост кровотока по данным ультразвуковой допплерометрии (на 42-108 % по сравнению с исходным), при этом у 58 % пациентов данный показатель сохранялся после введения аутокрови с элементами костного мозга. Следует отметить, что у пациентов, имеющих значительный прирост кровотока в субхондральной области, отмечались более высокие показатели функции сустава и качества жизни по сравнению с пациентами, у которых не отмечено выраженного улучшения кровоснабжения субхондральной области большеберцовой кости [50].

Исследования, проведенные сотрудниками Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии с середины 1980-х годов, привели к разработке и внедрению в клиническую травматолого-ортопедическую практику методики туннелизации суставных поверхностей КС в комбинации с деминерализованными аллоштифтами с применением артроскопической техники [51]. При наблюдении пациентов до 5 лет после операции зафиксировано улучшение функции пораженного КС на фоне отсутствия прогрессирования дегенеративно-дистрофического процесса по данным клинико-рентгенологического обследования.

У пациентов пожилого возраста выполнение декомпрессионно-дренирующих вмешательств сопровождается значимым улучшением качества жизни в целом и восстановлением бытовых навыков, прежде всего, самообслуживания и передвижения, что имеет важное социальное значение [52].

По данным С.А. Гринева (2019), в период 2015-2019 годы в 411-м военном госпитале Министерства обороны Российской Федерации была проведена 21 туннелизация КС. Для выполнения операции использовали спицы размером 1,8 мм, с помощью электродрели в метафизах бедренной и большеберцовой костей производили около 40 туннелей. Помимо хороших клинических и функциональных результатов, за указанный период времени было отмечено снижение числа пациентов, которые нуждались в эндопротезировании КС [53].

С.В. Чеботарев и соавт. (2021) изучили отдаленные исходы лечения 223 пациентов с травматическим и дегенеративным повреждением суставного гиалинового хряща КС размером до 2 см, которые получили оперативное лечение с использованием дебридмента зоны повреждения и остеоперфоративных методик (туннелизация, микрофрактурирование) в период с 2009 по 2019 год. Наилучшие результаты отмечены у пациентов с повреждениями суставного хряща в период от 1 до 4 лет с момента операции, однако при сроке более 4 лет и, особенно более 8 лет после вмешательства, результаты ухудшались, что, в основном, было связано с нарастанием болевого синдрома [54].

На сегодняшний день активно развиваются технологии хондрогенеза для замещения дефектов гиалинового хряща при ОАКС как с использованием покровных мембран, так и с применением специализированных направляющих матриц [55, 56]. В то же время, несмотря на то, что отдаленные результаты применения таких методик в основном хорошие, внедрение

их в реальную клиническую практику ограничено высокой стоимостью и сложностью выполнения. Ввиду этого, классическую туннелизацию можно рассматривать как более доступную методику восстановления хряща при деструктивно-дистрофических процессах в суставах.

Важным аспектом лечения ОАКС является выбор хирургической методики. Так, по данным В.И. Шевцова и соавт. (2008), при одностороннем поражении I-II стадии с сохранной биомеханической осью нижней конечности с интенсивной болью, которая не купируется медикаментозно, целесообразно применение тотального туннелирования суставных костей; при двустороннем поражении выполняется тотальная субхондральная туннелизация суставных отделов и надколенника с двух сторон; в случае сочетания дегенеративно-дистрофического процесса в феморотибиальном отделе сустава с феморопателлярным остеоартрозом при выраженном ограничении подвижности надколенника во фронтальной плоскости методику тотальной туннелизации следует дополнить релизом поддерживающих надколенник связок [49].

Операцию туннелизации при ОАКС могут выполнять ортопеды-травматологи, хирурги и ревматологи специализированных отделений районных, городских, республиканских стационаров, а также профильных кафедр и отделений научно-исследовательских институтов травматологии и ортопедии. Однако в современных условиях загруженности специализированных стационаров и кадровом дефиците важным организационном моментом оказания специализированной помощи больным ОАКС является возможность выполнения туннелизации суставных концов КС на уровне амбулаторно-поликлинических учреждений при наличии специалистов необходимой квалификации и опыта [57].

По данным литературы, к недостаткам туннелизации относят риск развития ожога прилегающих тканей при некорректном использовании инструментов, что приводит к расстройствам микроциркуляторного русла субхондральной кости, и в таких условиях не формируется полноценная жизнеспособная хрящевая ткань [58]. В этом плане близкая по сути к туннелизации методика микрофрактурированния позволяет исключить термический ожог, однако есть мнение, что, образующаяся в результате микропереломов хрящеподобная фиброзная ткань отличается неустойчивостью к физическим нагрузкам, быстро лизируется и не обеспечивает должного функционального восстановления КС [43].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая вышесказанное, следует сказать, что основой эффективности туннелизации является концепция одномоментной реваскуляризации, дренирования и декомпрессии субхондральных отделов КС и костномозговой полости трубчатых костей. Суть операции заключается в формировании туннелей (каналов) небольшого размера в эпиметафизарных зонах трубчатой кости. Использование туннелизации при наличии у пациента ОАКС за счет структурной перестройки костной и хрящевой ткани сустава способствует снижению болей в проекции бедренной и большеберцовой костей, в том числе, ночных, улучшает функциональные показатели сустава, тормозит прогрессирующее разрушение хрящевых тканей, повышает качество жизни больных и снижает потребность в замене пораженного сустава. Кроме того, туннелизация не требует серьезных экономических затрат. Таким образом, туннелизация суставных концов является простым, безопасным, малотравматичным и эффективным органосохраняющим методом лечения остеоартрита коленного сустава, позволяющим отсрочить проведение артропластики, и может шире использоваться в клинической практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жук Н.П., Маципура М.М. Современные взгляды и место мононкондилярного эндопротезирования в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава. *Вестник ортопедии, травматологии и протезирования*. 2019;(2):48-55.
2. Кавалерский Г.М., Середа А.П., Лычагин А.В., Сметанин С.М. Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава: аналитический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(3):128-141.
3. Логвинов Н.Л., Хорошков С.Н., Ярыгин Н.В. Анализ результатов тотального эндопротезирования коленного сустава по 18-летним данным австралийского регистра AOANJRR. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2020;(2):44-59.
4. Tung KK, Lee YH, Lin CC, Lee CH, Lin MC, Wei JC. Opposing Trends in Total Knee and Hip Arthroplasties for Patients With Rheumatoid Arthritis vs. the General Population-A 14-Year Retrospective Study in Taiwan. *Front Med* (Lausanne). 2021;8:640275. doi: 10.3389/fmed.2021.640275
5. Узбиков Р.М. Эволюция технологий протезирования коленного сустава. Бюллетень науки и практики. 2017;(10):63-66.
6. Вороков А.А., Бортулев П.И., Хайдаров В.М., Линник С.А., Ткаченко А.Н. Эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов: показания к операции. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2020;8(3):355-364.
7. Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Карпухин А.С., Коган П.Г., Ласунский С.А. Одномыщелковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение? *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):34-48.
8. Koh IJ, Kim MS, Sohn S, Song KY, Choi NY, Jung H, In Y. Predictive factors for satisfaction after contemporary unicompartmental knee arthroplasty and high tibial osteotomy in isolated medial femorotibial osteoarthritis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(1):77-83. doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.001
9. Ucan V, Pulatkan A, Tuncay I. Unicompartmental knee arthroplasty combined with high tibial osteotomy in anteromedial osteoarthritis: A case report. I*nt J Surg Case Rep*. 2021;81:105746. doi: 10.1016/j.ijscr.2021.105746
10. Riddle DL, Jiranek WA, Hayes CW. Use of a validated algorithm to judge the appropriateness of total knee arthroplasty in the United States: a multicenter longitudinal cohort study. *Arthritis Rheumatol*. 2014 Aug;66(8):2134-2143. doi: 10.1002/art.38685
11. Ghomrawi HM, Alexiades M, Pavlov H, Nam D, Endo Y, Mandl LA, Mushlin AI. Evaluation of two appropriateness criteria for total knee replacement. *Arthritis Care Res* (Hoboken). 2014;66(11):1749-1753. doi: 10.1002/acr.22390
12. Franklin P, Nguyen U, Ayers D, Weissman N; FORCE-TJR Investigators. Improving the criteria for appropriateness of total joint replacement surgery: comment on the article by Riddle et Al. *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(2):585. doi: 10.1002/art.38926
13. Harding P, Holland AE, Delany C, Hinman RS. Do activity levels increase after total hip and knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(5):1502-1511. doi: 10.1007/s11999-013-3427-3

14. Pridie KH. A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. Proceedings of the British Orthopaedic Association. *J Bone Joint Surg* (Br). 1959;41:618-619.
15. Martin R, Jakob RP. Review of K.H. Pridie (1959) on "A method of resurfacing osteoarthritic knee joints". *J ISAKOS*. 2022;7(1):39-46. doi: 10.1016/j.jisako.2021.11.001
16. Burr DB, Schaffler MB. The involvement of subchondral mineralized tissues in osteoarthrosis: quantitative microscopic evidence. *Microsc Res Tech*. 1997;37(4):343-357. doi: 10.1002/(SICI)1097-0029(19970515)37:4<343::AID-JEMT9>3.0.CO;2-L
17. Gomoll AH, Filardo G, de Girolamo L, Espregueira-Mendes J, Marcacci M, Rodkey WG, Steadman JR, Zaffagnini S, Kon E. Surgical treatment for early osteoarthritis. Part I: cartilage repair procedures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(3):450-466. doi: 10.1007/s00167-011-1780-x
18. Insall J. The Pridie debridement operation for osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1974;(101):61-67.
19. Insall JN. Intra-articular surgery for degenerative arthritis of the knee. A report of the work of the late K. H. Pridie. *J Bone Joint Surg Br*. 1967;49(2):211-228.
20. Ficat RP, Ficat C, Gedeon P, Toussaint JB. Spongialization: a new treatment for diseased patellae. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;(144):74-83.
21. Gross AE, Langer F, Houpt J, Pritzker K, Friedlaender G. Allotransplantation of partial joints in the treatment of osteoarthritis of the knee. *Transplant Proc*. 1976;8(2 Suppl 1):129-32.
22. Muller S, Breederveld RS, Tuinebreijer WE. Results of osteochondral autologous transplantation in the knee. *Open Orthop J*. 2010;4:111-114. doi: 10.2174/1874325001004020111
23. Steadman J.R., Rodkey W.G., Singleton S.B., Briggs K.K. Microfracture technique for full-thickness chondral defects: technique and clinical results. *Operat. Tech. Orthop*. 1997;7(4):300-304.
24. Steadman JR, Rodkey WG, Briggs KK. Microfracture: Its History and Experience of the Developing Surgeon. *Cartilage*. 2010;1(2):78-86. doi: 10.1177/1947603510365533
25. Koshino T. The treatment of spontaneous osteonecrosis of the knee by high tibial osteotomy with and without bone-grafting or drilling of the lesion. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64(1):47-58.
26. Tian Y, Ren Y. [Drilling decompression of the proximal tibia for osteoarthritis of the knee]. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao*. 1997;19(6):461-464. (In Chinese)
27. Schneider U, Breusch SJ, Thomsen M, Wenz W, Graf J, Niethard FU. A new concept in the treatment of anterior knee pain: patellar hypertension syndrome. *Orthopedics*. 2000;23(6):581-586. doi: 10.3928/0147-7447-20000601-16
28. Glötzer W. Die intraossäre Druckmessung und ossäre Venographie der Patella beim vorderen Knieschmerz. Teil II [Measuring intraosseous pressure and osseous venography of the patella in anterior knee pain. Part II]. *Unfallchirurg*. 1993;96(5):271-281. (In German)
29. Uchio Y, Ochi M, Adachi N, Nishikori T, Kawasaki K. Intraosseous hypertension and venous congestion in osteonecrosis of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(384):217-223. doi: 10.1097/00003086-200103000-00025
30. Макушин В.Д., Чегуров О.К., Казанцев В.И., Гордиевских Н.И. О роли внутрикостной гипертензии в генезе болевого синдрома при гонартрозе. *Гений ортопедии*. 2000;(2):52-55.
31. Benthien JP, Behrens P. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC): Combining Microfracturing and a Collagen I/III Matrix for Articular Cartilage Resurfacing. *Cartilage*. 2010;1(1):65-68. doi: 10.1177/1947603509360044
32. Martin R, Jakob RP. *Osteo-Chondroisation, a clinical working hypothesis for chronic, purely cartilaginous defects in the knee*. In: ISAKOS congress. Shanghai, 2017. [Poster]
33. Озеров А.Х. Деформирующий артроз. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1964;(8):75-81.
34. Arnoldi CC, Lemperg K, Linderholm H. Intraosseous hypertension and pain in the knee. *J Bone Joint Surg Br*. 1975;57(3):360-3.
35. Tillmann K. Pathological aspects of osteoarthritis related to surgery. *Inflammation*. 1984;8 Suppl:S57-74. doi: 10.1007/BF00915713
36. Ho WP, Shih CH, Lee ZL. Intraosseous hypertension in osteoarthritis of the hip and ischemic necrosis of the femoral head. *Orthop Rev*. 1988;17(2):202-5.
37. Аскаров А.Ф. О роли регионарного кровообращения в патогенезе деформирующего артроза. *Ревматология*. 1985;(1):27-30.
38. Скляренко Е.Т., Хаддадин М.Х. Субхондральная туннелизация при деформирующем артрозе коленного сустава. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1981;(6):49-50.
39. Шевцов В.И., Карасева Т.Ю., Карасев Е.А., Карасев А.Г., Коркин А.Я. Современные технологии лечения больных с деформирующим артрозом коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2009;(3):17-24.
40. Шевцов В.И., Бунов В.С., Гордиевских Н.И. Влияние артериальной недостаточности конечности, туннелизации и трепанации кости на внутрикостное давление. *Гений ортопедии*. 1999;(2):51-56.
41. Шевцов В.И., Бунов В.С., Осипова Е.В., Гордиевских Н.И., Бунов Д.В. Заживление «спицевых туннелей» в диафизе большеберцовой кости по данным локальной рентгенографии и денситометрии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2002;(2):29-33.
42. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Бунов В.С., Чегуров О.К. Обоснование туннелизации метафизов бедренной и большеберцовой костей при гонартрозе. *Травматология и ортопедия России*. 2009;(4):60-64.
43. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Ступина Т.А., Степанов М.А. Экспериментальные аспекты изучения репаративной регенерации суставного хряща в условиях туннелирования субхондральной зоны с введением аутологичного костного мозга. *Гений ортопедии*. 2010;(2):5-10.
44. Юшенин Ю.М., Федоров М.М., Валитов И.С. Хирургическое лечение деформирующих остеоартрозов. *Синграальная хирургия*. 2000;(1):25-30.
45. Макушин В.Д., Чегуров О.К. Симультанные операции при остеоартрозе коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2004;(2):30-36.
46. Saw KY, Anz A, Jee CS, Ng RC, Mohtarrudin N, Ragavanaidu K. High Tibial Osteotomy in Combination With Chondrogenesis After Stem Cell Therapy: A Histologic Report of 8 Cases. *Arthroscopy*. 2015;31(10):1909-20. doi: 10.1016/j.arthro.2015.03.038
47. Свешников А.А., Макушин В.Д., Ларионов А.А., Ларионова Т.А., Смотрова Л.А., Ральникова С.В., Иванов Г.П. Состояние кровообращения, костеобразования и плотность минеральных веществ в области коленного сустава у больных с деформирующими артрозами. *Гений ортопедии*. 2002;(2):129-134.
48. Stupina TA, Makushin VD, Stepanov MA. Experimental morphological study of the effects of subchondral tunnelization and bone marrow stimulation on articular cartilage regeneration. *Bull Exp Biol Med*. 2012;153(2):289-93. doi: 10.1007/s10517-012-1697-5
49. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Чегуров О.К., Бирюкова М.Ю. Тотальная туннелизация суставных отделов при гонартрозе. *Гений ортопедии*. 2008;(3):98-101.
50. Щурова Е.Н., Бирюкова М.Ю., Буравцов П.П., Бунов В.С. Исследование динамики кровотока в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости у больных гонартрозом после туннелизации и введения аутологичной крови с элементами костного мозга. *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(3):22-30.
51. Каюмов А.Ю., Зыкин А.А., Черняк Е.Е. Способ оперативного лечения больных с локальными повреждениями и заболеваниями хряща коленного сустава с применением артроскопической техники. *Медицинский альманах*. 2012;(5):161-163.
52. Макушин В.Д., Бирюкова М.Ю. Исследование качества жизни больных гонартрозом после декомпрессионно-дренирующих операций. *Гений ортопедии*. 2014;(1):16-20.
53. Гринев С.А. Субхондральная туннелизация при гонартрозе и коксартрозе. *Амурский медицинский журнал*. 2019;(4):82-84.
54. Чеботарев С.В., Хоминец В.В., Земляной Д.А., Калюжная Л.И., Гранкин А.С., Федоров Р.А. Результаты лечения пациентов с повреждениями гиалинового хряща коленного сустава с применением резекционных и остеоперфоративных методик. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2021;9(4):397-406. doi: 10.17816/PTORS64290
55. Айрапетов Г.А., Воротников А. А., Коновалов Е.А. Методы хирургического лечения локальных дефектов гиалинового хряща крупных суставов (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2017;23(4):485-491. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-4-485-491

56. Загородний Н.В., Воротников А.А., Айрапетов Г.А., Санеева Г.А. Клинические и экспериментальные аспекты комбинированного метода замещения остеохондральных дефектов коленного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2019;(2):24-31. doi: 10.17116/vto201902124
57. Сазонова Н.В. Виды специализированной ортопедической помощи больным с остеоартрозами крупных суставов нижних конечностей Курганской области. *Медицинская наука и образование Урала*. 2008;9(6):126-129.
58. Ewers BJ, Dvoracek-Driksna D, Orth MW, Haut RC. The extent of matrix damage and chondrocyte death in mechanically traumatized articular cartilage explants depends on rate of loading. *J Orthop Res*. 2001;19(5):779-784. doi: 10.1016/S0736-0266(01)00006-7

Статья поступила в редакцию 19.09.2022; одобрена после рецензирования 27.09.2022; принята к публикации 20.02.2023.

The article was submitted 19.09.2022; approved after reviewing 27.09.2022; accepted for publication 20.02.2023.

Информация об авторах:

1. Алексей Александрович Барановский – врач-ортопед, dr.baranovsky@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1985-5343;
2. Александр Германович Балглей – ассистент, alexbalgley@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0964-6871;
3. Александр Николаевич Ткаченко – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры, altkachenko@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4585-5160;
4. Джалолидин Шамсидинович Мансуров – кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой, jalolmedic511@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-1799-641X;
5. Александр Анатольевич Хромов – кандидат медицинских наук, доцент кафедры, khromov_alex@mail.ru, https://orcid.org /0000-0002-8489-4202.

Information about the authors:

1. Aleksei A. Baranovskii – M.D., dr.baranovsky@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1985-5343;
2. Alexander G. Balgley – M.D., alexbalgley@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0964-6871;
3. Alexandr N. Tkachenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, altkachenko@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4585-5160;
4. Djalolidin Sh. Mansurov – Candidate of Medical Sciences, jalolmedic511@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-1799-641X;
5. Alexandr A. Khromov – Doctor of Medical Sciences, Professor, khromov_alex@mail.ru, https://orcid.org /0000-0002-8489-4202.

Вклад авторов:

Барановский А.А. – подготовка и написание первоначального проекта работы.
Балглей А.Г. – сбор и анализ источников литературы, написание текста.
Ткаченко А.Н. – идеологическая концепция работы, внесение корректировки в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации, редактирование статьи.
Мансуров Д.Ш. – сбор и анализ источников литературы, написание текста.
Хромов А.А. – сбор и анализ источников литературы, написание текста, редактирование статьи.

Конфликт интересов. *Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Источник финансирования. *Исследование проведено без спонсорской поддержки.*

Этика исследования. *Исследования были одобрены этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации.*

Информированное согласие. *От всех пациентов получено информированное согласие на проведение исследования.*