



Спектр проблемных вопросов чрескожной денервации коленного сустава

Д. А. АВЕРЬЯНОВ¹, Н. А. ЦЫГАНКОВ¹, Р. Е. ЛАХИН¹, А. В. ЩЕГОЛЕВ¹, К. С. ТРУХИН²

¹Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, РФ

²Санкт-Петербургский государственный университет, Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова, Санкт-Петербург, РФ

РЕЗЮМЕ

Выраженная боль и, как следствие, ограничение функции являются основными инвалидирующими факторами при остеоартрите коленного сустава. В качестве одного из методов снижения интенсивности боли и повышения качества жизни пациента в таких случаях применяют чрескожную денервацию (крио- и химионевролиз, радиочастотная абляция). К сожалению, сравнительная эффективность данной малоинвазивной манипуляции через 6 мес. сильно варьирует и составляет, по данным литературы, от 10 до 63%. В статье рассмотрен спектр наиболее очевидных взаимосвязанных факторов, способных негативно повлиять на эффективность денервации. Благодаря фундаментальным работам последних лет большую ясность приобрели представления об анатомическом расположении целевых чувствительных нервов коленного сустава по отношению к костным и мягкотканым ориентирам. Такая «пересмотренная» анатомия способна в значительной степени повысить эффективность чрескожной денервации данного сустава и нуждается в валидации в клинических исследованиях.

Ключевые слова: остеоартрит коленного сустава, радиочастотная абляция, денервация, крионевролиз, химионевролиз, малоинвазивное лечение боли

Для цитирования: Аверьянов Д. А., Цыганков К. А., Лахин Р. Е., Щеголев А. В., Трухин К. С. Спектр проблемных вопросов чрескожной денервации коленного сустава // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 82-90. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-1-82-90

The Range of Problematic Issues of Percutaneous Knee Denervation

D. A. AVERYANOV¹, K. A. TSYGANKOV¹, R. E. LAKHIN¹, A. V. SHCHEGOLEV¹, K. S. TRUKHIN²

¹S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State University, N. I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Severe pain and, as a result, limitation of function are the main disabling factors in knee osteoarthritis. In such cases, percutaneous denervation (cryo- and chemoneurolysis, radiofrequency ablation) is used as one of the methods to reduce the intensity of pain and improve the patient's quality of life. Unfortunately, the relative 6-month effectiveness of this minimally invasive manipulation varies greatly and, according to the literature, ranges from 10 to 63%. The article discusses the scope of the most obvious interrelated factors that can negatively affect the effectiveness of denervation. Thanks to the fundamental works of recent years the anatomical location of the target sensory nerves of the knee joint in relation to bone and soft tissue landmarks have become more clear. This revised anatomy can significantly increase the effectiveness of percutaneous denervation of this joint and needs to be validated in clinical trials.

Key words: knee osteoarthritis, radiofrequency ablation, denervation, cryoneurolysis, chemical neurolysis, minimally invasive pain management

For citations: Averyanov D.A., Tsygankov K.A., Lakhin R.E., Shchegolev A.V., Trukhin K.S. The range of problematic issues of percutaneous knee denervation. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2022, Vol. 19, no. 1, P. 82-90. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-1-82-90

Для корреспонденции:

Аверьянов Дмитрий Александрович
E-mail: dimonmed@mail.ru

Correspondence:

Dmitry A. Averyanov
Email: dimonmed@mail.ru

Дегенеративные поражения суставов составляют одну из наиболее серьезных проблем современного здравоохранения [6, 25]. Болевой синдром и, как следствие, ограничение подвижности страдающего сустава при таких поражениях являются основными инвалидирующими факторами [49, 60]. Среди малоинвазивных методов снижения интенсивности боли и повышения качества жизни страдающего артрозом пациента выделяют денервацию сустава [15, 50, 58]. Последняя может быть выполнена как хирургическим методом, так и чрескожным, с применением различных технологий невролиза [15].

Наиболее изученной на данный момент методикой денервации является радиочастотный термоневролиз (абляция – РЧА) медиальных ветвей спинномозговых нервов [28]. Его применяют при рефрактерной к консервативной терапии боли в спине вследствие спондилоартроза межпозвоно-

вых суставов. Эффективность РЧА медиальных ветвей поясничных спинномозговых нервов при фасет-синдроме составляет около 12 мес. [42]. После боли в нижней части спины второй по частоте обращаемости является боль в колене, в качестве источника которой нередко выступают остеоартрит (ОА) и другие дегенеративные заболевания коленного сустава [35].

При неэффективности консервативных методов снижения интенсивности боли при ОА коленного сустава как до его протезирования, так и в постпротезном периоде может быть выполнена чрескожная денервация данного сустава [43]. К сожалению, сравнительная эффективность такой малоинвазивной манипуляции через 6 мес. сильно варьирует и составляет от 10 до 63% [34, 45, 54]. Вероятно, по этой причине, несмотря на свою перспективность, чрескожная денервация коленного сустава не получила широкого распространения.

Цель: представление и обсуждение проблем денервации коленного сустава, способных негативно влиять на ее эффективность.

Основная часть

Спектр наиболее очевидных проблемных вопросов денервации коленного сустава представлен комплексом взаимосвязанных факторов: отбор пациентов на данную манипуляцию; определение нервов-«мишеней», планируемых к невролизу; четкое представление их анатомического расположения по отношению к костным и мягкотканым ориентирам; наиболее эффективные методы навигации и невролиза [36].

Отбор пациентов

Рефрактерный к консервативному лечению умеренный и интенсивный болевой синдром вследствие конечных стадий ОА коленного сустава (присутствует сужение суставной щели, по данным рентгенологического исследования, ОА III–IV стадии по Келлгрэн – Лоуренсу), существенно ограничивающий повседневную активность пациента, является основным показанием к его протезированию [55]. При наличии таких показаний наиболее оптимальным моментом протезирования является возраст около 60 лет. Последнее обусловлено средним сроком службы импланта 10–15 лет [52] и средней (ожидаемой) продолжительностью жизни, которая, по прогнозу Росстата, в России на 2021 г. составляет 74 года [1]. Напротив, молодые и средневозрастные пациенты с умеренной и интенсивной болью на фоне II–III стадии ОА в сочетании с неэффективным консервативным лечением являются, вероятно, наиболее обоснованным контингентом пациентов для денервации, судя по представленным в научных статьях выборкам [9, 14]. Нередки также ситуации, когда выраженные сопутствующие заболевания пациента не позволяют с допустимым уровнем риска выполнить протезирование. Денервация в таких случаях может быть рассмотрена в качестве варианта выбора лечебного воздействия по уменьшению интенсивности боли.

При умеренной и интенсивной боли после протезирования коленного сустава важным условием, определяющим успешность денервации, является исключение инфекционных причин боли и эффективность попыток устранить структурные причины хирургическими и нехирургическими способами [16]. На инфекционную причину боли могут указывать продолжающаяся лихорадка, озноб, жар, возрастающее покраснение, отечность, болезненность в области послеоперационной раны, отделяемое в области раны, усиление боли в покое и ее уменьшение при нагрузке, появление маркеров воспаления в лабораторных анализах – повышение общего количества лейкоцитов с/без сдвига лейкоцитарной формулы, С-реактивного белка, прокальцитонина, повышение СОЭ. К структурным причинам, сопровождающимся болью, чаще всего относят нестабильность, проблемы связанные с механикой экстензии (надколенно-бедренная нестабильность,

мальротация большеберцового и бедренного компонентов, разрыв собственной связки надколенника, разрыв сухожилия четырехглавой мышцы), околопротезные переломы надколенника, ограничение объема движений в протезе (вплоть до анкилоза), импинджмент-синдром (например, импинджмент сухожилия подколенной мышцы, фавеллар-импинджмент), clunk-синдром, рецидивирующий гемартроз [2, 59]. Любые варианты денервации не показаны при инфекции коленного сустава, но могут быть применены после неэффективности как хирургических, так и нехирургических способов устранения структурных постпротезных проблем.

Представляется вполне обоснованным перед денервацией выполнить так называемую прогностическую блокаду тех геникулярных нервов (ГН), которые планируют к деструкции. Снижение интенсивности боли после такой блокады должно указывать на высокую вероятность получения эффекта от невролиза. Тем не менее вопрос о прогностической значимости блокады ГН остается открытым, учитывая тот факт, что D. R. Walega и Z. McCormick в своей работе не получили данных о необходимости ее выполнения перед применением охлажденной РЧА [64]. Следует все же отметить, что во всех опубликованных позже 2018 г. статьях, посвященных отбору пациентов для денервации коленного сустава, к прогностической блокаде продолжают прибегать [13, 14]. Последнее может в немалой степени свидетельствовать о низком доверии к результатам работы D. R. Walega и Z. McCormick et al. ввиду определенных ограничений дизайна исследования.

Учитывая продемонстрированную невысокую прогностическую значимость однократной блокады ГН с 50%-ным снижением боли, одним из возможных путей снижения частоты ложноположительного ответа может быть применение повторной блокады [46]. К таким блокадам прибегают перед денервацией межпозвоночных суставов шеи и поясницы [4, 56]. Вопрос, насколько такую практику имеет смысл применять для повышения прогностической значимости блокады ГН, остается пока неясным.

Снижение интенсивности боли более чем на 50% и/или на 5 баллов по визуально-аналоговой шкале после выполнения блокады ГН считают основанием для проведения денервации [9, 14, 16, 17, 49]. Насколько такой объем уменьшения интенсивности боли является прогностически значимым для денервации, неизвестно. Учитывая тот факт, что, например, для денервации крестцово-подвздошного сустава существенным для принятия решения о ее выполнении в большинстве своем считают не 50%, а 70%, по всей видимости, целесообразно выполнение исследований по вопросу о наиболее оптимальном проценте ответа на диагностическую блокаду [8]. Попытка выполнить такое исследование была предпринята Z. McCormick et al. [45]. В качестве вторичных результатов исследования они выяснили, что снижение боли после блокады ГН более чем на

80%, наряду с длительностью существования боли в колене менее 5 лет, ассоциированы с клиническим успехом денервации коленного сустава.

Еще одним нерешенным вопросом, способным нивелировать значимость диагностической блокады, является используемый объем местного анестетика. Применяемые в большинстве опубликованных работ объемы составляют 1–2 мл [9, 14]. Вероятно, такой объем будет иметь достаточную прогностическую значимость при использовании таких невролитических методик, как охлажденная радиочастотная абляция, где форма повреждения сферическая, объем наносимого повреждения составляет примерно 1 см³ и образуется зона деструкции перед кончиком иглы. Некоторые авторы указывают на то, что даже 0,1 мл раствора диффундирует шире, чем объем радиочастотного повреждения [22]. Уменьшение объема анестетика для повышения точности прогноза эффективности невролиза нашло свое отражение при блокадах медиальных ветвей задних ответвлений спинномозговых нервов при фасет-синдроме. Так, для прогностической блокады медиальных ветвей поясничного уровня рекомендуют 0,5 мл, а для шейного уровня 0,3 мл [10, 11, 47, 62]. По всей видимости, применение объемов 1–2 мл при блокаде ГН избыточно и способно привести к увеличению ложноположительных результатов. Проблема оптимального объема анестетика при прогностической блокаде чувствительных нервов коленного сустава, таким образом, требует дальнейшего изучения.

В литературе также нет единого мнения о том, надо ли вообще проводить диагностические блокады для отбора пациентов на денервацию и, если надо, то какое их количество необходимо выполнить, чтобы получить достаточную прогностическую значимость успеха последующего невролиза [14, 34].

Вопрос выбора планируемых для денервации нервов также остается открытым. Чаще всего в литературе встречаются стандартизированные подходы, когда вне зависимости от локализации боли невролизу подвергают три наиболее изученных нерва – верхнелатеральный, верхнемедиальный и нижнемедиальный ГН [9, 14]. Тем не менее в некоторых работах подход более индивидуальный и опирается на локализацию боли и результат поиска с помощью стимулятора нерва [33, 34].

Целевые нервы, их анатомия и отношения с костными и сосудистыми ориентирами

Полное понимание анатомии нервов, окружающих коленный сустав, является основополагающим при денервации [26, 36, 37]. В 1994 г. G. Horner, A. L. Dellon, основываясь на данных, полученных при микродиссекции 45 нижних конечностей свежемороженых кадаверов, описали сенсорную иннервацию колена [32]. Несмотря на то что иннервация колена достаточно хорошо изучена, авторы отметили, что существуют различия в размере нервов, степени выраженности иннервации и локализации нервов [39]. Если для хирургиче-

ской денервации данные аспекты имеют меньшее значение, то для чрескожного невролиза знание степени вариативности играет основополагающую роль, прямо отражаясь на средне- и долгосрочной эффективности манипуляции.

В связи с тем что не существует общепринятого мнения по числу, происхождению, траектории ГН, в последние годы рядом авторов выполнены фундаментальные работы по изучению нервов, передающих сенсорную информацию от капсулы коленного сустава [5, 20, 24, 31, 38, 51, 59, 61]. Важным следствием их работ является пересмотр источников ГН (родительских нервов), определение наиболее постоянных по локализации ГН, их отношения к костным и сосудистым ориентирам. Так, они выяснили, что ГН, обладающие наиболее постоянными анатомическими ориентирами, являются верхнелатеральный ГН, верхнемедиальный ГН, нижнемедиальный ГН (другое его название возвратный малоберцовый нерв) и подколенная ветвь подкожного нерва. Авторы указывают, что некоторые из ранее предложенных W. J. Choi et al. костных ориентиров неточно отражают действительное расположение ГН. В частности, это относится к верхнемедиальному и верхнелатеральному нервам. Возвратный малоберцовый же нерв и подколенную ветвь подкожного нерва вообще не рассматривали в качестве мишени для чрескожного невролиза в более ранних работах. Одно рандомизированное исследование показало, что блокада 5 ГН по пересмотренным ориентирам продемонстрировала лучшие результаты в облегчении боли в колене, чем блокада 3 нервов по предложенным ранее ориентирам [23]. Несмотря на обнадеживающие результаты последних фундаментальных и клинических исследований, вопрос наиболее оптимального количества нервов-«мишеней» и их анатомические ориентиры требует дальнейшего изучения.

Используемая навигация

Навигация является неотъемлемой частью любых интервенционных методик и определяет эффективность и безопасность манипуляций по лечению боли в любой анатомической области. Исторически сложилось так, что первоначально для чрескожного невролиза колена использовали флюорографию. Она позволяет комплексно увидеть костные анатомические структуры коленного сустава, позиционировать иглу в соответствии с представлением о траектории прохождения целевого ГН, точно перепозиционировать канюлю при необходимости множественного нанесения повреждения ГН в его проекции, сохранить полученные изображения. W. J. Choi et al. предложили в качестве костных ориентиров использовать переход тела бедренной кости в наружный и внутренний мыщелок с обеих сторон (верхнелатеральный и верхнемедиальный ГН) и тела большеберцовой кости во внутренний мыщелок (нижнемедиальный ГН). При этом на боковой проекции целевые зоны находятся на границе зад-

ней и средней трети тела бедренной кости (в некоторых источниках середине) и середины тела большеберцовой кости [9, 63]. В последние годы после проведения фундаментальных анатомических работ костные ориентиры для верхнелатерального и верхнемедиального нервов были пересмотрены [20, 61]. В качестве ориентиров для верхнемедиального ГН предложены точки над или сразу перед приводящим бугорком, для верхнелатерального – переход верхнего края латерального мышечка в тело бедренной кости (ее заднюю часть) [21].

Флюороскопия, к сожалению, обладает рядом недостатков, основными из которых являются ионизирующее излучение и отсутствие возможности визуализировать мягкие ткани. Таких недостатков лишена ультразвуковая навигация. В добавок к костным структурам она позволяет увидеть артерии, которые сопровождают нижнемедиальный ГН (нижнемедиальная геникулярная артерия), верхнемедиальный ГН (нисходящая геникулярная артерия), возвратный малоберцовый нерв (латеральная возвратная геникулярная артерия), нерв латерального ретинакулула (верхнелатеральная геникулярная артерия) [20, 40, 59]; наружный слой дистального отдела медиальной коллатеральной связки (под ней находятся нижнемедиальный ГН, артерия и вена); дистальный перекрест портняжной и внутренней широкой мышцы (над перекрестом может находиться подколенная ветвь подкожного нерва) [29] и др. К сожалению, ультразвуковая навигация не позволяет комплексно визуализировать анатомическую область интереса и требует в связи с этим множественных проекций, что приводит к увеличению времени выполнения манипуляции.

Еще одним способом навигации при денервации коленного сустава может быть электростимуляция [33, 66]. Варианты электростимуляции включают чрескожный и инвазивный методы. Чрескожный способ поиска выполняют с помощью специального стимулятора-ручки с металлическим наконечником (входит в набор стимуляторов для регионарной анестезии) и применяют для поиска подкожных ветвей чувствительных нервов [33]. Инвазивный же чаще всего используют в рамках процедуры радиочастотной денервации, когда непосредственно перед невролизом проводят сенсорную стимуляцию и получают необходимую парестезию, конкордантную с локализацией боли пациента [18]. Учитывают тот факт, что прохождение иглы в тканях с помощью данного метода не отследить, электростимуляцию не используют в качестве единственного метода навигации, а лишь как дополнение к рентген- или УЗ-навигации [41]. Она позволяет наметить (чрескожная стимуляция) или подтвердить (инвазивная стимуляция) локализацию целевого нерва в непосредственной близости к кончику иглы.

Методики денервации

Наиболее распространенными методиками денервации коленного сустава являются стандартная радиочастотная абляция, охлаждаемая радиочастот-

ная абляция и крионевролиз [30, 36, 53, 57, 64]. Учитывая сравнительно более высокую вариабельность расположения ГН по отношению к различным анатомическим структурам, критическими для каждой из приведенных методик являются прогнозируемая длина, диаметр и объем наносимого повреждения тканям, расположенным вокруг электрода. Самой доступной и, по всей видимости, в этой связи популярной методикой является стандартная радиочастотная абляция. На российском рынке данная методика представлена аппаратами MultiGen 2 (Stryker Instruments, США), RFG (Boston Scientific Neuromodulation Corporation, США) и CoATherm АК-А304 (Apro Korea Inc., Республика Корея). Ее основными преимуществами являются большой ассортимент одноразовых канюль и их сравнительная дешевизна. Особенностью данного метода невролиза является эллипсоидная форма повреждения с наибольшим радиусом сбоку от кончика канюли (до 5–6 мм в зависимости от длины и диаметра рабочей зоны канюли, длительности и температуры воздействия) и с малым радиусом (всего 1–2 мм) непосредственно перед кончиком канюли [12]. Данный факт определяет необходимость устанавливать канюлю максимально параллельно целевому нерву. Последнее плохо достижимо для нервов многих анатомических зон (например, чувствительные ветви крупных суставов, включая коленный).

Охлаждаемая радиочастотная абляция лишена вышеописанного недостатка обычного радиочастотного воздействия. Форма наносимого повреждения сферическая с практически одинаковым радиусом сбоку и перед кончиком канюли (около 5 мм для канюли 17G, активный кончик 4 мм, 60°C, 150 с) [7]. Такая особенность позволяет либеральнее подходить к позиционированию электрода относительно целевого нерва, что может играть существенную роль при денервации коленного сустава, повышая долгосрочную эффективность манипуляции [14, 45]. Прямое сравнение эффективности двух методик радиочастотной деструкции ГН, тем не менее, не проводили, и вопрос о целесообразности использования более финансово затратной технологии охлаждения требует дальнейшего изучения. На российском рынке данная методика представлена аппаратом CoATherm АК-А304 (Apro Korea Inc., Южная Корея).

Эффективность применения радиочастотного невролиза при ОА коленного сустава для облегчения боли и улучшения функции доказана несколькими рандомизированными исследованиями, что нашло отражение в последнем метаанализе, проведенном G. Li et al. [44]. Метаанализ показал, что денервация коленного сустава позволяет достоверно снизить интенсивность боли и ассоциирована с улучшением функции на срок до 24 нед. Из особенностей следует отметить, что методы радиочастотного воздействия включенных в анализ исследований различались (стандартная и охлаждаемая радиочастотная абляция), так же как и целевые нервы. Авторы мета-

анализа в том числе указывают на то, что к результатам необходимо относиться с осторожностью вследствие малых объемов выборки в исследованиях, подвергшихся анализу. Таким образом, роль радиочастотного воздействия в облегчении боли и улучшении функции коленного сустава до конца не выяснена и требует дальнейшего изучения.

Крионевролиз в качестве повреждающего физического воздействия использует не нагревание, а охлаждение. На российском рынке данная методика представлена аппаратом СЗ Styosystem (Inomed Medizintechnik GmbH, Германия). За счет применения в современных аппаратах для интервенционного лечения боли температур до -100°C достигают так называемый эффект аксонотомезиса, когда погибают участки аксонов с миелиновыми оболочками и, возможно, эндоневрий, но при этом интактными остаются соединительнотканые оболочки – периневрий и эпиневирий [19]. Последние играют основную роль в последующем беспрепятственном прорастании аксонов миелинизированных и немиелинизированных нервов по тем же соединительнотканым туннелям, в которых они находились до холодного воздействия, с полным восстановлением функции всех видов иннервации эффекторных тканей. Недостатками крионевролиза на данный момент развития технологии можно считать недостаточно большой, в сравнении с радиочастотными методами воздействия, диаметр повреждения и необходимость применения толстых проводниковых канюль. Для криозонда диаметром 2,2 мм (13G) и температурой -50°C однократное 5-минутное воздействие создает зону повреждения диаметром 6,4 мм. Применение методики повторных воздействий – 5 раз по 1 мин увеличивает эту зону до 8,1 мм [27]. Учитывая небольшую область повреждения, данный метод, скорее всего, будет играть наибольшую роль при деструкции нервов, доступных прямому визуальному обнаружению с помощью ультразвука, компьютерной томографии или при открытых операциях. Крионевролиз ГН продемонстрировал свою эффективность в ряде работ, но прямых сравнений между диаметрально разными вариантами физического воздействия на

целевые нервы не проведено, требуется дальнейшее изучение [48, 52].

Еще одним возможным вариантом невролиза ГН можно считать химионевролиз этиловым спиртом или фенолом. Эффективность и безопасность данного метода в настоящий момент изучены недостаточно и представлены описанием единичных или серии случаев [3, 13, 64]. При химионевролизе отсутствует необходимость в дорогостоящем оборудовании (радиочастотный генератор, криоаппарат), специальных канюлях (можно использовать комфортные для пациента по диаметру спинальные иглы 22G и 25G) и электродах, значительно уменьшается время выполнения манипуляции. Все это приводит к существенному снижению прямых и непрямых затрат. Несмотря на перечисленные преимущества, данный вариант деструктивного воздействия на нервы требует дальнейшего изучения, затрагивающего прежде всего вопросы безопасности применения нейrolитического агента с непрогнозируемым объемом повреждения тканей у пациентов с болью неопухолевого генеза. К сожалению, в настоящий момент в России не зарегистрировано ни одного лекарственного препарата для химионевролиза.

Заключение

Чрескожная денервация является эффективным способом снижения интенсивности рефрактерной к консервативным способам лечения боли в коленном суставе. На данный момент, тем не менее, остаются до конца не решенными вопросы наиболее оптимального отбора пациентов на данную манипуляцию; выбора нервов-«мишеней», планируемых к невролизу; удобного метода навигации и долгосрочного и безопасного метода деструкции. Благодаря фундаментальным работам последних лет большую ясность приобрели представления об анатомическом расположении целевых чувствительных нервов коленного сустава по отношению к костным и мягкотканым ориентирам. Последнее, очевидно, может существенно повысить долгосрочную эффективность денервационных методик купирования боли в данном суставе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росстат: Федеральная служба государственной статистики. 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/progn7.xls> (дата доступа: 28.12.2021).
2. Храмов А. Э., Макаров М. А., Макаров С. А. и др. Местные осложнения эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов у пациентов с ревматоидным артритом и остеоартритом // Научно-практическая ревматология. – 2017. – Т. 55, № 5. – С. 549–554. doi: 10.14412/1995-4484-2017-549-554.
3. Ahmed A., Arora D. Ultrasound-guided neurolysis of six genicular nerves for intractable pain from knee osteoarthritis: a case series // Pain. Pract. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 16–26. doi:10.1111/papr.12710.

REFERENCES

1. Rosstat. Federal Service of State Statistics. 2020, Available: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/progn7.xls> (Accessed: 28.12.2021).
2. Khramov A.E., Makarov M.A., Makarov S.A. et al. Local complications of hip and knee joint replacement in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya*, 2017, vol. 55, no. 5, pp. 549-554. (In Russ.) doi: 10.14412/1995-4484-2017-549-554.
3. Ahmed A., Arora D. Ultrasound-guided neurolysis of six genicular nerves for intractable pain from knee osteoarthritis: a case series. *Pain, Pract.*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 16–26. doi:10.1111/papr.12710.

4. Barnsley L., Lord S., Wallis B. False-positive rates of cervical zygapophysial joint blocks // *Clin. J. Pain.* – 1993. – Vol. 9, № 2. – P. 124–130. doi: 10.1097/0002508-199306000-00007.
5. Burckett-St. Laurant D., Peng P., Girón Arango L. et al. The nerves of the adductor canal and the innervation of the knee: an anatomic study // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2016. – Vol. 41, № 3. – P. 321–327. doi: 10.1097/AAP.0000000000000389.
6. Carr A. J., Robertsson O., Graves S. et al. Knee replacement // *Lancet.* – 2012. – Vol. 379, № 9823. – P. 1331–1340. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60752-6.
7. Cedeno D. L., Vallejo A., Kelley C. A. et al. Comparisons of lesion volumes and shapes produced by a radiofrequency system with a cooled, a protruding, or a monopolar probe // *Pain. Physician.* – 2017. – Vol. 20, № 6. – P. E915–E922.
8. Chen C. H., Weng P. W., Wu L. C. et al. Radiofrequency neurotomy in chronic lumbar and sacroiliac joint pain: A meta-analysis // *Medicine (Baltimore).* – 2019. – Vol. 98, № 26. – P. e16230. doi: 10.1097/MD.00000000000016230.
9. Choi W. J., Hwang S. J., Song J. G. et al. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain: a double-blind randomized controlled trial // *Pain.* – 2011. – Vol. 152, № 3. – P. 481–487. doi:10.1016/j.pain.2010.09.029.
10. Cohen S. P., Doshi T. L., Constantinescu O. C. et al. Effectiveness of lumbar facet joint blocks and predictive value before radiofrequency denervation: the facet treatment study (facts), a randomized, controlled clinical trial. *Anesthesiology* // 2018. – Vol. 129, № 3. – P. 517–535. doi: 10.1097/ALN.0000000000002274.
11. Cohen S. P., Strassels S. A., Kurihara C. et al. Randomized study assessing the accuracy of cervical facet joint nerve (medial branch) blocks using different injectate volumes // *Anesthesiology.* – 2010. – Vol. 112. – P. 144–152. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c38a82.
12. Cosman E. R. Jr., Dolensky J. R., Hoffman R. A. Factors that affect radiofrequency heat lesion size // *Pain. Med.* – 2014. – Vol. 15, № 12. – P. 2020–2036. doi:10.1111/pme.12566.
13. Dass R. M., Kim E., Kim H. K. et al. Alcohol neurolysis of genicular nerve for chronic knee pain // *Korean. J. Pain.* – 2019. – Vol. 32, № 3. – P. 223–227. doi: 10.3344/kjp.2019.32.3.223.
14. Davis T., Loudermilk E., DePalma M. et al. prospective, multicenter, randomized, crossover clinical trial comparing the safety and effectiveness of cooled radiofrequency ablation with corticosteroid injection in the management of knee pain from osteoarthritis // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2018. – Vol. 43, № 1. – P. 84–91. doi: 10.1097/AAP.0000000000000690.
15. Dellon A. Joint denervation: An atlas of surgical techniques. (Springer International Publishing, 2019). doi:10.1007/978-3-030-05538-7.
16. Dellon A. L., Mont M. A., Krackow K. A. et al. Partial denervation for persistent neuroma pain after total knee arthroplasty // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1995. – Vol. 316. – P. 145–150.
17. Dellon A. L., Mont M. A., Mullick T. et al. Partial denervation for persistent neuroma pain around the knee // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1996. – Vol. 329. – P. 216–222. doi: 10.1097/00003086-199608000-00027.
18. El-Hakeim E. H., Elawamy A., Kamel E. Z. et al. Fluoroscopic guided radiofrequency of genicular nerves for pain alleviation in chronic knee osteoarthritis: a single-blind randomized controlled trial // *Pain. Physician.* – 2018. – Vol. 21, № 2. – P. 169–177.
19. Evans P. J. Cryoanalgesia. The application of low temperatures to nerves to produce anaesthesia or analgesia // *Anaesthesia.* – 1981. – Vol. 36, № 1. – P. 1003–1013. doi: 10.1111/j.1365-2044.1981.tb08673.x.
20. Fonkoué L., Behets C., Kouassi J. K. et al. Distribution of sensory nerves supplying the knee joint capsule and implications for genicular blockade and radiofrequency ablation: an anatomical study // *Surg. Radiol. Anat.* – 2019. – Vol. 41, № 12. – P. 1461–1471. doi:10.1007/s00276-019-02291-y.
21. Fonkoue L., Behets C. W., Steyaert A. et al. Current versus revised anatomical targets for genicular nerve blockade and radiofrequency ablation: evidence from a cadaveric model // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2020. – Vol. 45, № 8. – P. 603–609. doi:10.1136/rapm-2020-101370.
22. Fonkoue L., Stoenoiu M. S., Behets C. W. et al. Validation of a new protocol for ultrasound-guided genicular nerve radiofrequency ablation with accurate anatomical targets: cadaveric study // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2021. – Vol. 46, № 3. – P. 210–216. doi:10.1136/rapm-2020-101936.
23. Fonkoue L., Steyaert A., Kouame J. E. K. et al. A comparison of genicular nerve blockade with corticosteroids using either classical anatomical targets vs revised targets for pain and function in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized controlled trial // *Pain. Med.* – 2021. – Vol. 22, № 5. – P. 1116–1126. doi.org/10.1093/pm/pnab014.
24. Franco C. D., Buvanendran A., Petersohn J. D. et al. Innervation of the Anterior Capsule of the Human Knee: Implications for Radiofrequency Ablation // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2015. – Vol. 40, № 4. – P. 363–368. doi: 10.1097/AAP.0000000000000269.
4. Barnsley L., Lord S., Wallis B. False-positive rates of cervical zygapophysial joint blocks. *Clin. J. Pain*, 1993, vol. 9, no. 2, pp. 124–130. doi: 10.1097/0002508-199306000-00007.
5. Burckett-St. Laurant D., Peng P., Girón Arango L. et al. The nerves of the adductor canal and the innervation of the knee: an anatomic study. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2016, vol. 41, no. 3, pp. 321–327. doi: 10.1097/AAP.0000000000000389.
6. Carr A. J., Robertsson O., Graves S. et al. Knee replacement. *Lancet*, 2012, vol. 379, no. 9823, pp. 1331–1340. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60752-6.
7. Cedeno D.L., Vallejo A., Kelley C.A. et al. Comparisons of lesion volumes and shapes produced by a radiofrequency system with a cooled, a protruding, or a monopolar probe. *Pain Physician.*, 2017, vol. 20, no. 6, pp. E915–E922.
8. Chen C.H., Weng P.W., Wu L.C. et al. Radiofrequency neurotomy in chronic lumbar and sacroiliac joint pain: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2019, vol. 98, no. 26, pp. e16230. doi: 10.1097/MD.00000000000016230.
9. Choi W.J., Hwang S.J., Song J.G. et al. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain: a double-blind randomized controlled trial. *Pain*, 2011, vol. 152, no. 3, pp. 481–487. doi:10.1016/j.pain.2010.09.029.
10. Cohen S.P., Doshi T.L., Constantinescu O.C. et al. Effectiveness of lumbar facet joint blocks and predictive value before radiofrequency denervation: the facet treatment study (facts), a randomized, controlled clinical trial. *Anesthesiology*, 2018, vol. 129, no. 3, pp. 517–535. doi: 10.1097/ALN.0000000000002274.
11. Cohen S.P., Strassels S.A., Kurihara C. et al. Randomized study assessing the accuracy of cervical facet joint nerve (medial branch) blocks using different injectate volumes. *Anesthesiology*, 2010, vol. 112, pp. 144–152. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c38a82.
12. Cosman E.R.Jr., Dolensky J.R., Hoffman R.A. Factors that affect radiofrequency heat lesion size. *Pain Med.*, 2014, vol. 15, no. 12, pp. 2020–2036. doi:10.1111/pme.12566.
13. Dass R.M., Kim E., Kim H.K. et al. Alcohol neurolysis of genicular nerve for chronic knee pain. *Korean. J. Pain*, 2019, vol. 32, no. 3, pp. 223–227. doi: 10.3344/kjp.2019.32.3.223.
14. Davis T., Loudermilk E., DePalma M. et al. prospective, multicenter, randomized, crossover clinical trial comparing the safety and effectiveness of cooled radiofrequency ablation with corticosteroid injection in the management of knee pain from osteoarthritis. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2018, vol. 43, no. 1, pp. 84–91. doi: 10.1097/AAP.0000000000000690.
15. Dellon A. Joint denervation: An atlas of surgical techniques. (Springer International Publishing, 2019). doi:10.1007/978-3-030-05538-7.
16. Dellon A.L., Mont M.A., Krackow K.A. et al. Partial denervation for persistent neuroma pain after total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1995, vol. 316, pp. 145–150.
17. Dellon A.L., Mont M.A., Mullick T. et al. Partial denervation for persistent neuroma pain around the knee. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1996, vol. 329, pp. 216–222. doi: 10.1097/00003086-199608000-00027.
18. El-Hakeim E.H., Elawamy A., Kamel E.Z. et al. Fluoroscopic guided radiofrequency of genicular nerves for pain alleviation in chronic knee osteoarthritis: a single-blind randomized controlled trial. *Pain Physician.*, 2018, vol. 21, no. 2, pp. 169–177.
19. Evans P.J. Cryoanalgesia. The application of low temperatures to nerves to produce anaesthesia or analgesia. *Anaesthesia*, 1981, vol. 36, no. 1, pp. 1003–1013. doi: 10.1111/j.1365-2044.1981.tb08673.x.
20. Fonkoué L., Behets C., Kouassi J.K. et al. Distribution of sensory nerves supplying the knee joint capsule and implications for genicular blockade and radiofrequency ablation: an anatomical study. *Surg. Radiol. Anat.*, 2019, vol. 41, no. 12, pp. 1461–1471. doi:10.1007/s00276-019-02291-y.
21. Fonkoue L., Behets C.W., Steyaert A. et al. Current versus revised anatomical targets for genicular nerve blockade and radiofrequency ablation: evidence from a cadaveric model. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2020, vol. 45, no. 8, pp. 603–609. doi:10.1136/rapm-2020-101370.
22. Fonkoue L., Stoenoiu M.S., Behets C.W. et al. Validation of a new protocol for ultrasound-guided genicular nerve radiofrequency ablation with accurate anatomical targets: cadaveric study. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2021, vol. 46, no. 3, pp. 210–216. doi:10.1136/rapm-2020-101936.
23. Fonkoue L., Steyaert A., Kouame J.E.K. et al. A comparison of genicular nerve blockade with corticosteroids using either classical anatomical targets vs revised targets for pain and function in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized controlled trial. *Pain Med.*, 2021, vol. 22, no. 5, pp. 1116–1126. doi.org/10.1093/pm/pnab014.
24. Franco C.D., Buvanendran A., Petersohn J.D. et al. Innervation of the Anterior Capsule of the Human Knee: Implications for Radiofrequency Ablation. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2015, vol. 40, no. 4, pp. 363–368. doi: 10.1097/AAP.0000000000000269.

25. Fusco M., Skaper S. D., Coaccioli S. Degenerative joint diseases and neuroinflammation // *Pain Pract.* – 2017. – Vol. 17, № 4. – P. 522–532. doi: 10.1111/papr.12551.
26. Gardner E. The innervation of the knee joint // *Anat. Rec.* – 1948. – Vol. 101, № 1. – P. 109–130. doi:10.1002/ar.1091010111.
27. Gill W., Fraser J., Carter D. C. Repeated freeze-thaw cycles in cryosurgery // *Nature.* – 1968. – Vol. 219, № 5152. – P. 410–413. doi: 10.1038/219410a0.
28. Golovac S. Radiofrequency neurolysis // *Neuroimaging Clin. N. Am.* – 2010. – Vol. 20, № 2. – P. 203–214. doi: 10.1016/j.nic.2010.02.007.
29. Gong W., Wang A., Fan K. A simple and novel ultrasound-guided approach for infrapatellar branch of the saphenous nerve block // *J. Clin. Anesth.* – 2019. – Vol. 57. – P. 22–23. doi: 10.1016/j.jclinane.2019.02.027.
30. Gupta A., Huettner D. P., Dukewich M. Comparative effectiveness review of cooled versus pulsed radiofrequency ablation for the treatment of knee osteoarthritis: A systematic review // *Pain Physician.* – 2017. – Vol. 20, № 3. – P. 155–171.
31. Hirasawa Y., Okajima S., Ohta M. et al. Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study // *Int. Orthop.* – 2000. – Vol. 24, № 1. – P. 1–4. doi: 10.1007/s002640050001.
32. Horner G., Dellon A. L. Innervation of the human knee joint and implications for surgery // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1994. – Vol. 301. – P. 221–226.
33. Hu E., Preciado J., Dasa V. Development and validation of a new method for locating patella sensory nerves for the treatment of inferior and superior knee pain // *J. Exp. Orthop.* – 2015. – Vol. 2. – P. 16. doi: 10.1186/s40634-015-0032-2.
34. Ikeuchi M., Ushida T., Izumi M. et al. Percutaneous radiofrequency treatment for refractory anteromedial pain of osteoarthritic knees // *Pain Med.* – 2011. – Vol. 12, № 4. – P. 546–551. doi: 10.1111/j.1526-4637.2011.01086.x.
35. Institute of Medicine (US) Committee on Advancing Pain Research, Care, and Education. Relieving Pain in America: A Blueprint for Transforming Prevention, Care, Education, and Research. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011. 2. Pain as a Public Health Challenge. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92516>.
36. Jamison D. E., Cohen S. P. Radiofrequency techniques to treat chronic knee pain: a comprehensive review of anatomy, effectiveness, treatment parameters, and patient selection // *J. Pain Res.* – 2018. – Vol. 11. – P. 1879–1888. doi: 10.2147/JPR.S144633.
37. Jeletsky A. G. On the innervation of the capsule and epiphysis of the knee joint // *Vestn. Khir.* – 1931. – Vol. 22. – P. 74–112.
38. Kalthur S. G., Sumalatha S., Nair N. et al. Anatomic study of infrapatellar branch of saphenous nerve in male cadavers // *Ir. J. Med. Sci.* – 2015. – Vol. 184, № 1. – P. 201–206. doi: 10.1007/s11845-014-1087-2.
39. Kennedy J. C., Alexander I. J., Hayes K. C. Nerve supply of the human knee and its functional importance // *Am. J. Sports Med.* – 1982. – Vol. 10, № 6. – P. 329–335. doi: 10.1177/036354658201000601.
40. Kim J. H., Shustorovich A., Arel A. T. et al. Genicular nerve anatomy and its implication for new procedural approaches for knee joint denervation: A cadaveric study // *Pain Med.* – 2021. doi: 10.1093/pm/pnab238. Epub ahead of print.
41. Krishna Prasad B. P., Joy B., Raghavendra V. A. et al. Ultrasound-guided peripheral nerve interventions for common pain disorders // *Indian. J. Radiol. Imaging.* – 2018. – Vol. 28, № 1. – P. 85–92. doi: 10.4103/ijri.IJRI_108_17.
42. Lee C. H., Chung C. K., Kim C. H. The efficacy of conventional radiofrequency denervation in patients with chronic low back pain originating from the facet joints: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Spine J.* – 2017. – Vol. 17, № 11. – P. 1770–1780. doi: 10.1016/j.spinee.2017.05.006.
43. Lee D. W., Pritzlaff S., Jung M. J. et al. Latest evidence-based application for radiofrequency neurotomy (LEARN): Best Practice Guidelines from the American Society of Pain and Neuroscience (ASPEN) // *J. Pain Res.* – 2021. – Vol. 8, № 14. – P. 2807–2831. doi: 10.2147/JPR.S325665.
44. Li G., Zhang Y., Tian L. et al. Radiofrequency ablation reduces pain for knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized controlled trials // *Int. J. Surg.* – 2021. – Vol. 91. – P. 105951. doi: 10.1016/j.ijsu.2021.105951.
45. McCormick Z. L., Korn M., Reddy R. et al. Cooled radiofrequency ablation of the genicular nerves for chronic pain due to knee osteoarthritis: six-month outcomes // *Pain Med.* – 2017. – Vol. 18, № 9. – P. 1631–1641. doi: 10.1093/pm/pnx069.
46. McCormick Z. L., Reddy R., Korn M. et al. A Prospective randomized trial of prognostic genicular nerve blocks to determine the predictive value for the outcome of cooled radiofrequency ablation for chronic knee pain due to osteoarthritis // *Pain Med.* – 2018. – Vol. 19, P. 8. – P. 1628–1638. doi:10.1093/pm/pnx286.
25. Fusco M., Skaper S.D., Coaccioli S. Degenerative joint diseases and neuroinflammation. *Pain Pract.*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 522–532. doi: 10.1111/papr.12551.
26. Gardner E. The innervation of the knee joint. *Anat. Rec.*, 1948, vol. 101, no. 1, pp. 109–130. doi:10.1002/ar.1091010111.
27. Gill W., Fraser J., Carter D.C. Repeated freeze-thaw cycles in cryosurgery. *Nature*, 1968, vol. 219, no. 5152, pp. 410–413. doi: 10.1038/219410a0.
28. Golovac S. Radiofrequency neurolysis. *Neuroimaging Clin. N. Am.*, 2010, vol. 20, no. 2, pp. 203–214. doi: 10.1016/j.nic.2010.02.007.
29. Gong W., Wang A., Fan K. A simple and novel ultrasound-guided approach for infrapatellar branch of the saphenous nerve block. *J. Clin. Anesth.*, 2019, vol. 57, pp. 22–23. doi: 10.1016/j.jclinane.2019.02.027.
30. Gupta A., Huettner D.P., Dukewich M. Comparative effectiveness review of cooled versus pulsed radiofrequency ablation for the treatment of knee osteoarthritis: A systematic review. *Pain Physician.*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 155–171.
31. Hirasawa Y., Okajima S., Ohta M. et al. Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study. *Int. Orthop.*, 2000, vol. 24, no. 1, pp. 1–4. doi: 10.1007/s002640050001.
32. Horner G., Dellon A.L. Innervation of the human knee joint and implications for surgery. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1994, vol. 301, pp. 221–226.
33. Hu E., Preciado J., Dasa V. Development and validation of a new method for locating patella sensory nerves for the treatment of inferior and superior knee pain. *J. Exp. Orthop.*, 2015, vol. 2, pp. 16. doi: 10.1186/s40634-015-0032-2.
34. Ikeuchi M., Ushida T., Izumi M. et al. Percutaneous radiofrequency treatment for refractory anteromedial pain of osteoarthritic knees. *Pain Med.*, 2011, vol. 12, no. 4, pp. 546–551. doi: 10.1111/j.1526-4637.2011.01086.x.
35. Institute of Medicine (US) Committee on Advancing Pain Research, Care, and Education. Relieving Pain in America: A Blueprint for Transforming Prevention, Care, Education, and Research. Washington (DC): National Academies Press (US), 2011. 2. Pain as a Public Health Challenge. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92516>.
36. Jamison D.E., Cohen S.P. Radiofrequency techniques to treat chronic knee pain: a comprehensive review of anatomy, effectiveness, treatment parameters, and patient selection. *J. Pain Res.*, 2018, vol. 11, pp. 1879–1888. doi: 10.2147/JPR.S144633.
37. Jeletsky A.G. On the innervation of the capsule and epiphysis of the knee joint. *Vestn. Khir.*, 1931, vol. 22, pp. 74–112.
38. Kalthur S.G., Sumalatha S., Nair N. et al. Anatomic study of infrapatellar branch of saphenous nerve in male cadavers. *Ir. J. Med. Sci.*, 2015, vol. 184, no. 1, pp. 201–206. doi: 10.1007/s11845-014-1087-2.
39. Kennedy J.C., Alexander I.J., Hayes K.C. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am. J. Sports Med.*, 1982, vol. 10, no. 6, pp. 329–335. doi: 10.1177/036354658201000601.
40. Kim J.H., Shustorovich A., Arel A.T. et al. Genicular nerve anatomy and its implication for new procedural approaches for knee joint denervation: A cadaveric study. *Pain Med.*, 2021. doi: 10.1093/pm/pnab238. Epub ahead of print.
41. Krishna Prasad B.P., Joy B., Raghavendra V.A. et al. Ultrasound-guided peripheral nerve interventions for common pain disorders. *Indian. J. Radiol. Imaging.* 2018, vol. 28, no. 1, pp. 85–92. doi: 10.4103/ijri.IJRI_108_17.
42. Lee C.H., Chung C.K., Kim C.H. The efficacy of conventional radiofrequency denervation in patients with chronic low back pain originating from the facet joints: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Spine J.*, 2017, vol. 17, no. 11, pp. 1770–1780. doi: 10.1016/j.spinee.2017.05.006.
43. Lee D.W., Pritzlaff S., Jung M.J. et al. Latest evidence-based application for radiofrequency neurotomy (LEARN): Best Practice Guidelines from the American Society of Pain and Neuroscience (ASPEN). *J. Pain Res.*, 2021, vol. 8, no. 14, pp. 2807–2831. doi: 10.2147/JPR.S325665.
44. Li G., Zhang Y., Tian L. et al. Radiofrequency ablation reduces pain for knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int. J. Surg.*, 2021, vol. 91, pp. 105951. doi: 10.1016/j.ijsu.2021.105951.
45. McCormick Z.L., Korn M., Reddy R. et al. Cooled radiofrequency ablation of the genicular nerves for chronic pain due to knee osteoarthritis: six-month outcomes. *Pain Med.*, 2017, vol. 18, no. 9, pp. 1631–1641. doi: 10.1093/pm/pnx069.
46. McCormick Z.L., Reddy R., Korn M. et al. A Prospective randomized trial of prognostic genicular nerve blocks to determine the predictive value for the outcome of cooled radiofrequency ablation for chronic knee pain due to osteoarthritis. *Pain Med.*, 2018, vol. 19, pp. 8, pp. 1628–1638. doi:10.1093/pm/pnx286.

47. McCormick Z. L., Walker J., Marshall B. et al. A novel modality for facet joint denervation: Cooled radiofrequency ablation for lumbar facet syndrome. A case series // *Phys. Med. Rehabil. Int.* – 2014. – Vol. 1, № 5. – P. 5.
48. McLean B. C., Nguyen C. D., Newman D. P. Cryoablation of the infrapatellar branch of the saphenous nerve identified by non-invasive peripheral nerve stimulator for the treatment of non-surgical anterior knee pain: A case series and review of the literature // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12, №6. – P. e8747. doi:10.7759/cureus.8747.
49. Nahabedian M. Y., Mont M. A., Hungerford D. S. Selective denervation of the knee: experience, case reports, and technical notes // *Am. J. Knee Surg.* – 1998. – Vol. 11, № 3. – P. 175–180.
50. Neogi T. The epidemiology and impact of pain in osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2013. – Vol. 21, № 9. – P. 1145–1153. doi: 10.1016/j.joca.2013.03.018.
51. Orduña Valls J. M., Vallejo R., López Pais P. Anatomic and ultrasonographic evaluation of the knee sensory innervation: a cadaveric study to determine anatomic targets in the treatment of chronic knee pain // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2017. – Vol. 42, № 1. – P. 90–98. doi: 10.1097/AAP.0000000000000516
52. Putman S., Argenson J.N., Bonneville P. et al. Société française de chirurgie orthopédique et traumatologie (SOFECOT). Ten-year survival and complications of total knee arthroplasty for osteoarthritis secondary to trauma or surgery: A French multicentre study of 263 patients // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – Vol. 104, №2. – P. 161–164. doi: 10.1016/j.otsr.2017.11.019.
53. Radnovich R., Scott D., Patel A. T. et al. Cryoneurolysis to treat the pain and symptoms of knee osteoarthritis: a multicenter, randomized, double-blind, sham-controlled trial // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2017. – Vol. 25, № 8. – P. 1247–1256. doi:10.1016/j.joca.2017.03.006.
54. Santana Pineda M. M., Vanlinthout L. E., Moreno Martín A. et al. Analgesic effect and functional improvement caused by radiofrequency treatment of genicular nerves in patients with advanced osteoarthritis of the knee until 1 year following treatment // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2017. – Vol. 42, № 1. – P. 62–68. doi: 10.1097/AAP.0000000000000510.
55. Schmitt J., Lange T., Günther K. P. et al. indication criteria for total knee arthroplasty in patients with osteoarthritis – a multi-perspective consensus study // *Z. Orthop. Unfall.* – 2017. – Vol. 155, № 5. – P. 539–548. doi: 10.1055/s-0043-115120.
56. Schwarzer A. C., Aprill C. N., Derby R. The false-positive rate of uncontrolled diagnostic blocks of the lumbar zygapophysial joints // *Pain.* – 1994. – Vol. 58, № 2. – P. 195–200. doi: 10.1016/0304-3959(94)90199-6.
57. Shen W. S., Xu X. Q., Zhai N. N. et al. Radiofrequency Thermocoagulation in Relieving Refractory Pain of Knee Osteoarthritis // *Am. J. Ther.* – 2017. – Vol. 24, № 6. – P. e693-e700. doi: 10.1097/MJT.0000000000000393.
58. Shi S. M., Meister D. W., Graner K. C. et al. Selective denervation for persistent knee pain after total knee arthroplasty: a report of 50 cases // *J. Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32, № 3. – P. 968–973. doi: 10.1016/j.arth.2016.09.043.
59. Sutaria R. G., Lee S. W., Kim S. Y. et al. Localization of the Lateral Retinacular Nerve for Diagnostic and Therapeutic Nerve Block for Lateral Knee Pain: A Cadaveric Study // *PM R.* – 2017. – Vol. 9, № 2. – P. 149–153. doi: 10.1016/j.pmrj.2016.06.017.
60. Toms A. D., Mandalia V., Haigh R. et al. The management of patients with painful total knee replacement // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 2009. – Vol. 91, № 2. – P. 143–150. doi: 10.1302/0301-620X.91B2.20995.
61. Tran J., Peng P. W. H., Lam K. et al. Anatomical study of the innervation of anterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2018. – Vol. 43, № 4. – P. 407–414. doi:10.1097/AAP.0000000000000778.
62. Wahezi S. E., Molina J. J., Alexeev E. et al. Cervical medial branch block volume dependent dispersion patterns as a predictor for ablation success: A cadaveric study // *PM R.* – 2019. – Vol. 11, № 6. – P. 631–639. doi: 10.1016/j.pmrj.2018.10.003
63. Walega D., McCormick Z., Manning D. et al. Radiofrequency ablation of genicular nerves prior to total knee replacement has no effect on postoperative pain outcomes: a prospective randomized sham-controlled trial with 6-month follow-up // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2019. doi: 10.1136/rapm-2018-100094. Epub ahead of print.
64. Walega D. R., McCormick Z. L. Chemical neurolysis of the genicular nerves for chronic knee pain: Reviving an old dog and an old trick // *Pain Med.* – 2018. – Vol. 19, № 9. – P. 1882–1884. doi: 10.1093/pm/pny023.
65. Wang H. J., Song Y. F., Yan X. et al. Using anatomic landmarks to locate schöttle's point was accurate without fluoroscopy during medial patellofemoral ligament reconstruction // *Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 37, № 6. – P. 1902–1908. doi:10.1016/j.arthro.2021.01.041.
66. Xiao L., Shu F., Xu C. et al. Highly selective peripheral nerve radio frequency ablation for the treatment of severe knee osteoarthritis // *Exp. Ther. Med.* – 2018. – Vol. 16, № 5. – P. 3973–3977. doi: 10.3892/etm.2018.6658.
47. McCormick Z.L., Walker J., Marshall B. et al. A novel modality for facet joint denervation: Cooled radiofrequency ablation for lumbar facet syndrome. A case series. *Phys. Med. Rehabil. Int.*, 2014, vol. 1, no. 5, pp. 5.
48. McLean B.C., Nguyen C.D., Newman D.P. Cryoablation of the infrapatellar branch of the saphenous nerve identified by non-invasive peripheral nerve stimulator for the treatment of non-surgical anterior knee pain: A case series and review of the literature. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 6, pp. e8747. doi:10.7759/cureus.8747.
49. Nahabedian M.Y., Mont M.A., Hungerford D.S. Selective denervation of the knee: experience, case reports, and technical notes. *Am. J. Knee Surg.*, 1998, vol. 11, no. 3, pp. 175-180.
50. Neogi T. The epidemiology and impact of pain in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, vol. 21, no. 9, pp. 1145–1153. doi: 10.1016/j.joca.2013.03.018.
51. Orduña Valls J.M., Vallejo R., López Pais P. Anatomic and ultrasonographic evaluation of the knee sensory innervation: a cadaveric study to determine anatomic targets in the treatment of chronic knee pain. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2017, vol. 42, no. 1, pp. 90–98. doi: 10.1097/AAP.0000000000000516.
52. Putman S., Argenson J.N., Bonneville P. et al. Société française de chirurgie orthopédique et traumatologie (SOFECOT). Ten-year survival and complications of total knee arthroplasty for osteoarthritis secondary to trauma or surgery: A French multicentre study of 263 patients. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, 2018, vol. 104, no. 2, pp. 161-164. doi: 10.1016/j.otsr.2017.11.019.
53. Radnovich R., Scott D., Patel A.T. et al. Cryoneurolysis to treat the pain and symptoms of knee osteoarthritis: a multicenter, randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage*, 2017, vol. 25, no. 8, pp. 1247–1256. doi:10.1016/j.joca.2017.03.006.
54. Santana Pineda M.M., Vanlinthout L.E., Moreno Martín A. et al. Analgesic effect and functional improvement caused by radiofrequency treatment of genicular nerves in patients with advanced osteoarthritis of the knee until 1 year following treatment. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2017, vol. 42, no. 1, pp. 62–68. doi: 10.1097/AAP.0000000000000510.
55. Schmitt J., Lange T., Günther K.P. et al. indication criteria for total knee arthroplasty in patients with osteoarthritis – a multi-perspective consensus study. *Z. Orthop. Unfall.*, 2017, vol. 155, no. 5, pp. 539–548. doi: 10.1055/s-0043-115120.
56. Schwarzer A.C., Aprill C.N., Derby R. The false-positive rate of uncontrolled diagnostic blocks of the lumbar zygapophysial joints. *Pain*, 1994, vol. 58, no. 2, pp. 195–200. doi: 10.1016/0304-3959(94)90199-6.
57. Shen W.S., Xu X.Q., Zhai N.N. et al. Radiofrequency Thermocoagulation in Relieving Refractory Pain of Knee Osteoarthritis. *Am. J. Ther.*, 2017, vol. 24, no. 6, pp. e693-e700. doi: 10.1097/MJT.0000000000000393.
58. Shi S.M., Meister D.W., Graner K.C. et al. selective denervation for persistent knee pain after total knee arthroplasty: a report of 50 cases. *J. Arthroplasty*, 2017, vol. 32, no. 3, pp. 968–973. doi: 10.1016/j.arth.2016.09.043.
59. Sutaria R.G., Lee S.W., Kim S.Y. et al. Localization of the Lateral Retinacular Nerve for Diagnostic and Therapeutic Nerve Block for Lateral Knee Pain: A Cadaveric Study. *PM R*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 149–153. doi: 10.1016/j.pmrj.2016.06.017.
60. Toms A.D., Mandalia V., Haigh R. et al. The management of patients with painful total knee replacement. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2009, vol. 91, no. 2, pp. 143–150. doi: 10.1302/0301-620X.91B2.20995.
61. Tran J., Peng P.W.H., Lam K. et al. Anatomical study of the innervation of anterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2018, vol. 43, no. 4, pp. 407–414. doi:10.1097/AAP.0000000000000778.
62. Wahezi S.E., Molina J.J., Alexeev E. et al. Cervical medial branch block volume dependent dispersion patterns as a predictor for ablation success: A cadaveric study. *PM R*, 2019, vol. 11, no. 6, pp. 631–639. doi: 10.1016/j.pmrj.2018.10.003.
63. Walega D., McCormick Z., Manning D. et al. Radiofrequency ablation of genicular nerves prior to total knee replacement has no effect on postoperative pain outcomes: a prospective randomized sham-controlled trial with 6-month follow-up. *Reg. Anesth. Pain Med.*, 2019. doi: 10.1136/rapm-2018-100094. Epub ahead of print.
64. Walega D.R., McCormick Z.L. Chemical neurolysis of the genicular nerves for chronic knee pain: Reviving an old dog and an old trick. *Pain Med.*, 2018, vol. 19, no. 9, pp. 1882–1884. doi: 10.1093/pm/pny023.
65. Wang H.J., Song Y.F., Yan X. et al. Using anatomic landmarks to locate schöttle's point was accurate without fluoroscopy during medial patellofemoral ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 2021, vol. 37, no. 6, pp. 1902–1908. doi:10.1016/j.arthro.2021.01.041.
66. Xiao L., Shu F., Xu C. et al. Highly selective peripheral nerve radio frequency ablation for the treatment of severe knee osteoarthritis. *Exp. Ther. Med.*, 2018, vol. 16, no. 5, pp. 3973–3977. doi: 10.3892/etm.2018.6658.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С. М. Кирова» МО РФ,
194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.

Аверьянов Дмитрий Александрович

кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры
военной анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: dimonmed@mail.ru
ORCID:0000-0003-4353-4953

Цыганков Кирилл Алексеевич

кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры
военной анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: doctorcygankov@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2357-0685

Лажин Роман Евгеньевич

доктор медицинских наук, профессор кафедры военной
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: doctor-lahin@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-6819-9691

Щеголев Алексей Валерианович

доктор медицинских наук, профессор, начальник
кафедры (начальник клиники) военной анестезиологии и
реаниматологии.
E-mail: alekseischegolev@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6431-439X

Трухин Константин Сергеевич

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет», Клиника высоких медицинских технологий
им. Н. И. Пирогова,
врач отделения анестезиологии и реанимации.
190103, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, д. 154.
E-mail: k_truhin_dok@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5410-0467

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

S.M. Kirov Military Medical Academy,
6, Academician Lebedev St.,
St. Petersburg, 194044.

Dmitry A. Averyanov

Candidate of Medical Sciences, Teacher of Military
Anesthesiology and Intensive Care Department.
Email: dimonmed@mail.ru
ORCID:0000-0003-4353-4953

Kirill A. Tsygankov

Candidate of Medical Sciences, Teacher of Military
Anesthesiology and Intensive Care Department.
Email: doctorcygankov@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2357-0685

Roman E. Lakhin

Doctor of Medical Sciences, Professor of Military
Anesthesiology and Intensive Care Department.
Email: doctor-lahin@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-6819-9691

Aleksey V. Shchegolev

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of Military Anesthesiology and Intensive Care
Department (Head of the Clinic).
Email: alekseischegolev@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6431-439X

Konstantin S. Trukhin

Saint-Petersburg State University,
N.I.Pirogov Clinic of High Medical Technologies,
Physician of Anesthesiology and Intensive Care Department.
154, Nab. Reki Fontanki,
St. Petersburg, 190103.
Email: k_truhin_dok@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5410-0467