

DOI: 10.33454/1728-1261-2024-3-32-41

УДК 616-089.5-031.83:616.833.5

## Блокада нервов нижней конечности: показания и преимущества

О. Н. Ямщиков<sup>1,2</sup>, А. П. Марченко<sup>1,2</sup>, С. А. Емельянов<sup>1,2</sup>, С. А. Игнатова<sup>1,2</sup>,  
Н. А. Марченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», Медицинский институт, Тамбов, Россия

<sup>2</sup>ТОГБУЗ «Городская клиническая больница г. Котовска», Котовск, Россия

## Lower limb nerve blockade: indications and advantages

O. N. Yamshchikov<sup>1,2</sup>, A. P. Marchenko<sup>1,2</sup>, S. A. Emelyanov<sup>1,2</sup>, S. A. Ignatova<sup>1,2</sup>, N. A. Marchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>G. R. Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, Tambov, Russia

<sup>2</sup>Tambov State Healthcare Institution Kotovsk City Clinical Hospital, Kotovsk, Russia

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

О. Н. Ямщиков – ORCID: 0000-0001-6825-7599; e-mail: yamschikov.oleg@yandex.ru

А. П. Марченко – ORCID: 0000-0002-9387-3374; e-mail: sashamarchen@mail.ru

С. А. Емельянов – ORCID: 0000-0002-5550-4199; e-mail: cep\_a@mail.ru

С. А. Игнатова – ORCID: 0000-0003-4223-5038; e-mail: ignatowa.svet2015@ya.ru

Н. А. Марченко – ORCID: 0000-0002-6612-794X; e-mail: marchenkonaily@gmail.com

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

O. N. Yamshchikov – ORCID: 0000-0001-6825-7599; e-mail: yamschikov.oleg@yandex.ru

A. P. Marchenko – ORCID: 0000-0002-9387-3374; e-mail: sashamarchen@mail.ru

S. A. Emelyanov – ORCID: 0000-0002-5550-4199; e-mail: cep\_a@mail.ru

S. A. Ignatova – ORCID: 0000-0003-4223-5038; e-mail: ignatowa.svet2015@ya.ru

N. A. Marchenko – ORCID: 0000-0002-6612-794X; e-mail: marchenkonaily@gmail.com

### Резюме

Неадекватный подход к выбору анестезиологического обеспечения во время операции и в послеоперационном периоде приводит к многочисленным осложнениям, хронизации боли, снижению качества жизни, неудовлетворенности пациентов анестезиологическим пособием. В настоящее время идет постоянный поиск оптимальных методов анестезиологического обеспечения, особенно у пациентов высокого риска.

**Цель исследования.** Обобщить и представить современные сведения о блокадах нервов нижней конечности.

**Материал и методы.** В ходе исследования был проведен анализ диссертационных работ по данной теме за 2014–2023 годы. Так как литературных источников по этой теме с 2018-го по 2023 год в достаточном количестве нет, авторы в своей работе использовали интернет-ресурсы eLibrary, CyberLeninka, PubMed за последние 9 лет.

**Результаты.** Дан анализ отечественной и иностранной литературы за 2014–2023 годы, посвященный такому виду анестезиологического обеспечения, как блокада нервов нижней конечности. Описаны показания, анатомические особенности, методики, осложнения при блокадах бедренного, запирательного и седалищного нервов.

**Заключение.** Благодаря использованию ультразвуковой навигации, нейромышечной стимуляции, катетерных технологий стало возможным выполнять периферические блокады с минимальным риском развития осложнений, а также проводить продленные периферические блокады, что позволяет ускорить послеоперационное восстановление пациентов. В связи с отсутствием влияния периферических блокад на гемодинамику, отсутствием тяжелых осложнений, присущих центральным блокадам, всё чаще врачи-анестезиологи при выборе метода анестезиологического обеспечения при операциях на нижних конечностях отдают предпочтение периферическим блокадам. Данный вид анестезии предлагается как альтернатива нейроаксиальным блокадам, особенно у пожилых пациентов с высоким риском хирургического вмешательства.

**Ключевые слова:** региональная анестезия, блокада нервов нижней конечности, блокада бедренного нерва, блокада седалищного нерва, блокада запирательного нерва

### Abstract

An inadequate approach to the choice of anesthetic care during surgery and in the postoperative period leads to numerous complications, chronic pain, decreased quality of life, as well as to the formation of a negative patient attitude and dissatisfaction with anesthetic care. Currently, there is a constant search for optimal methods of anesthetic management, especially in high-risk patients.

**Objective.** To summarize and present current information on lower limb nerve blockade.

**Materials and methods.** During the research work, an analysis of dissertations on this topic for 2014–2023 was carried out, and Internet resources Elibrary, Cyberleninka, PubMed for the last 9 years were used, since there are not enough literary sources on this topic from 2018 to 2023.

**Results.** An analysis of Russian and foreign literature for 2014–2023 was given, devoted to such a type of anesthetic management as lower limb nerve blockade. Indications, anatomical features, methods, complications in femoral, obturator and sciatic nerve blockades are described.

**Conclusion.** Due to the use of ultrasound navigation, neuromuscular stimulation, catheter technologies, it has become possible to perform peripheral blockades with a minimal risk of complications, as well as to carry out extended peripheral blockades, which allows to speed up the postoperative recovery of patients. Due to the lack of influence of peripheral blockades on hemodynamics, a smaller number of severe complications inherent in central blockades, anesthesiologists increasingly prefer peripheral blockades when choosing a method of anesthetic support for operations on the lower extremities. This type of anesthesia is offered as an alternative to neuraxial blockades, especially in elderly patients with a high class of physical condition.

**Keywords:** regional anesthesia, blockade of the nerves of the lower extremity, blockade of the femoral nerve, blockade of the sciatic nerve, blockade of the obturator nerve

## Введение

Нейроаксиальные, плексусные и периферические блокады в современной анестезиологической практике становятся рутинными и наиболее часто применяемыми методами обезболивания при оперативных вмешательствах, при лечении острых и хронических болевых синдромов и завоевывают всё большее количество сторонников среди анестезиологов, хирургов и врачей других специальностей. Спинальная анестезия наиболее часто используется в качестве анестезиологического обеспечения при операциях на нижних конечностях и нижних этажах брюшной полости. Это связано с простотой методики, быстрым началом действия, высокой эффективностью моторной и сенсорной блокады, невысокой стоимостью и высокой степенью удовлетворенности пациентов, хирургов и анестезиологов и самое главное – меньшим количеством тяжелых осложнений в сравнении с общим обезболиванием, особенно у пациентов с высоким классом физического статуса по ASA [1].

*Rawal N. et al.* считают, что до последнего времени эпидуральная анестезия/анальгезия, несмотря на то что это трудоемкий, инвазивный и экономически затратный вид анестезиологического обеспечения, была золотым стандартом послеоперационного обезболивания, так как имеет множество преимуществ перед общим обезболиванием, таких как снижение частоты тяжелых осложнений со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем [2]. Однако особенно спинальной и эпидуральной анестезии/анальгезии, связанные с симпатической блокадой, такие как гипотония, брадикардия, ограничивают ее применение у пациентов с высоким классом физического статуса по ASA. Также присутствуют ограничения двигательной активности пациентов в послеоперационном периоде, связанные с длительным моторным блоком, который, как и парез мочевого пузыря, затрудняет проведение ранних мобилизационных мероприятий. Поэтому в последнее время в анестезиологической практике всё чаще используются в качестве ане-

стезиологического обеспечения периферические блокады нервов и сплетений с одномоментным болюсом местного анестетика или в виде продленной блокады. Выбор данных методов связан с большей безопасностью выполнения ввиду отсутствия влияния на гемодинамику, что очень важно у пациентов с высоким кардиологическим риском [3].

Периферические блокады также сопровождаются низкой частотой применения опиоидных анальгетиков. Согласно исследованиям *А. Г. Волошина, Д. Н. Кирюшина и др.*, периферические блокады характеризуются минимальным процентом тяжелых неврологических и инфекционных осложнений, так как эти блокады выполняются далеко от центральных нервных структур [4]. Соответственно, отсутствует риск развития таких тяжелых осложнений, как менингит, арахноидит, эпидурит, эпидуральная гематома, синдром конского хвоста и преходящий неврологический синдром. Нейроаксиальные блокады при экстренных оперативных вмешательствах у больных, принимающих антикоагулянты и антиагреганты, в некоторых случаях пожизненно противопоказаны, так как значительно повышается риск образования эпидуральной гематомы с развитием тяжелого неврологического дефицита. Односторонняя периферическая блокада в данном случае является методом выбора, поэтому отсутствует необходимость отменять антикоагулянтную терапию [4].

Для анестезиологического обеспечения оперативных вмешательств на нижних конечностях всё чаще стали применяться периферические блокады бедренного, седалищного и запирающего нервов. В случае обеспечения пациенту полной односторонней сенсорной и моторной блокады нижней конечности врачи стали использовать в качестве анестезиологического пособия комбинированную блокаду бедренного, запирающего и седалищного нервов, известную в клинической практике как «3-в-1» [5].

## Материал и методы

В ходе исследовательской работы был проведен анализ диссертационных работ по данной теме за 2014–2023 годы, а также использо-

ваны интернет-ресурсы eLibrary, CyberLeninka, PubMed за последние 9 лет, так как литературных источников по этой теме с 2018-го по 2023 год в достаточном количестве нет.

Нами на основании данных литературных источников и клинического опыта описаны показания, анатомические особенности доступов к нервным стволам, методы и осложнения блокад бедренного, седалищного и запирающего нервов, а также местные анестетики, которые используем для периферических блокад.

#### **Результаты проведенного исследования** **Блокада бедренного нерва**

Хирургические вмешательства в зоне иннервации бедренного нерва – это операции на передней поверхности бедра, медиальной поверхности голени и стопы. «Комбинация блокады бедренного и седалищного нервов, – по мнению А. N. Strokan и I. P. Shlapak, – дает возможность выполнить операции на коленном суставе, голени и стопе» [6], а также провести послеоперационное обезболивание.

#### **Анатомия**

Бедренный нерв является самой крупной ветвью поясничного сплетения и формируется из передних корешков спинномозговых нервов второго, третьего и четвертого поясничных сегментов спинного мозга. Бедренный нерв проходит между большой поясничной мышцей (*m. psoas major*) и подвздошной мышцей (*m. iliacus*), располагаясь под подвздошной фасцией (*f. iliaca*). Нерв покидает полость таза через мышечную лауну и выходит на бедро. На 3–4 см ниже уровня паховой связки бедренный нерв отдает мышечные ветви к четырехглавой мышце бедра (*m. quadriceps femoris*), портняжной (*m. sartorius*) и гребенчатой мышце (*m. rectineus*), а также суставную ветвь к капсуле тазобедренного сустава. Кожные ветви иннервируют кожу переднемедиальной поверхности бедра до коленного сустава [6]. Конечной ветвью является подкожный нерв ноги (*n. saphenus*), иннервирующий переднемедиальную поверхность голени и медиальный отдел тыла стопы.

#### **Техника выполнения**

Блокаду бедренного нерва выполняют через доступ из паховой области в положении лежа на спине, нога при этом слегка ротирована наружу. Используя соноскопическую визуализацию, определяют анатомические образования: бедренную вену (располагается медиально относительно бедренной артерии), бедренную артерию, бедренный нерв (располагается латерально относительно бедренной артерии) и подвздошную фасцию. После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки и верифика-

ции анатомических образований с использованием ультразвуковой навигации нейростимуляционную иглу направляют к бедренному нерву до тех пор, пока не появятся индуцированные нейростимулятором мышечные сокращения четырехглавой мышцы бедра. Вводят местный анестетик вокруг фасциального футляра бедренного нерва, образованного дубликатурой фасции полуперепончатой мышцы (*m. semimembranosus*). Наличие сенсорного блока при блокаде бедренного нерва оценивают с помощью холодного теста по передней поверхности на уровне нижней трети бедра, коленного сустава и по внутренней поверхности голени. Для определения уровня анестезии пациента просят поднять прямую ногу вверх под углом 45°. Если пациент не может поднять прямую ногу, то это считается полным моторным блоком [7].

**Осложнения:** ранение бедренной артерии, введение местного анестетика в сосудистое русло с развитием системной токсичности.

#### **Продленная блокада бедренного нерва**

По данным А. В. Курганского и др., последнее время большое внимание уделяется направлению *pre-emptive*. Это так называемая предупреждающая аналгезия, одним из методов которой является продленная блокада бедренного нерва. Проведение продленной блокады через заранее установленный периневральный катетер позволяет существенно снизить риск развития системной токсичности местных анестетиков и уменьшить степень моторного блока оперируемой конечности [8].

#### **Техника проведения продленной блокады бедренного нерва**

Блокаду бедренного нерва выполняют передним доступом в области ниже паховой складки, в месте наилучшей видимости анатомических ориентиров: бедренной артерии и бедренного нерва. Поиск бедренного нерва также осуществляют с помощью ультразвуковой визуализации по методике *in-plane* (в плоскости датчика). После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки, верификации анатомических образований паховой области выполняют прокол кожи, подкожной жировой клетчатки и подвздошной фасции в точке, расположенной над бедренным нервом нейростимуляционной инъекционной иглой и направляют ее к бедренному нерву до появления индуцированных нейростимулятором мышечных сокращений четырехглавой мышцы бедра. Местный анестетик вводят вокруг бедренного нерва, тем самым идентифицируют подфасциальное пространство подвздошной фасции над бедренным нервом и выполняют илеофасциальную блока-

ду. После дробного введения раствора местного анестетика нейростимуляционную инъекционную иглу удаляют, а через интродьюсер в краниальном направлении проводят катетер 20G на расстояние 4–5 см от дистального конца проводниковой иглы (чаще всего используется игла Туохи 18G) в целях проведения продленной блокады бедренного нерва.

*В. В. Кузьмин и Н. Н. Шадурский* описали в своей работе способ фиксации катетера для продленной блокады бедренного нерва, используя эпидуральную иглу Туохи, которую проводили из места, расположенного на 8–9 см латеральнее от места выхода катетера под кожей передней поверхности бедра к месту выхода катетера [9]. В дальнейшем через просвет эпидуральной иглы катетер проводился к проксимальному концу эпидуральной иглы, которая после этого удалялась. Накожная петля катетера формировалась в проксимальной части подкожного туннеля (место выхода катетера от места входа катетера под кожу передней поверхности бедра расположено на расстоянии 30–40 мм друг от друга) [9].

*О. Н. Ямищиков, А. П. Марченко и др.* описали способ продленной блокады бедренного нерва, при котором катетер, установленный к бедренному нерву, туннелируется под кожей паховой и гипogaстральной области [10]. Для проведения катетера в подкожном туннеле используется проводниковая игла Туохи 18G и спинальная игла с карандашной заточкой дистального конца Pencil 25G. Игла Туохи проводится из небольшой раны в месте выхода катетера в паховой области в краниальном направлении под кожей передней брюшной стенки на расстояние 70–80 мм. Спинальная игла проводится через просвет эпидуральной иглы со стороны ее дистального конца, после чего эпидуральная игла извлекается, и к дистальному концу спинальной иглы присоединяется проксимальный конец катетера. Спинальная игла извлекается из-под кожи, в результате чего катетер полностью располагается в туннеле под кожей паховой и гипogaстральной области. Подкожная петля катетера формируется в дистальной части подкожного туннеля в целях более надежной фиксации катетера [10].

#### **Блокада запирающего нерва**

Показания: Блокаду запирающего нерва (n. obturatorius) осуществляют пациентам, которым планируются оперативные вмешательства при переломах костей голени, при повреждении голеностопного и коленного суставов, для удаления металлоконструкций из костей голени. *И. А. Рычков и др.* доказали на основании рандомизированных исследований,

что при трансуретральной резекции стенки мочевого пузыря, используемой для удаления опухолевых образований, блокада запирающего нерва в комбинации со спинальной анестезией позволяет избежать спазма приводящих мышц бедра (m. adductor longus, brevis et magnus), что предупреждает перфорацию стенки мочевого пузыря, опухолевую внутрибрюшную диссеминацию, повреждение сосудов и развитие кровотечения при данном оперативном вмешательстве [11].

#### **Анатомия**

Запирающий нерв выходит из-под большой поясничной мышцы (m. psoas major) в области ее медиального края по направлению к запирающему каналу, располагаясь в забрюшинном пространстве. По выходе из запирающего канала нерв отдает двигательные и чувствительные волокна. Двигательные ветви иннервируют наружную запирающую мышцу, длинную и короткую приводящие мышцы, часть большой приводящей мышцы, тонкую и гребенчатую мышцы. Чувствительные волокна иннервируют тазобедренный и коленный суставы, а также кожу медиальной поверхности бедра [12]. *В. А. Корячкин и др.* считают, что «наиболее надежным анатомическим ориентиром является запирающее отверстие, расположенное сразу дорсальнее нижней ветви лобковой кости» [12].

#### **Техника блокады**

Пациент находится в положении на спине. Линейный ультразвуковой датчик устанавливают ниже паховой складки перпендикулярно бедренной артерии. После верификации анатомических образований ультразвуковой датчик передвигают медиально и устанавливают ниже первоначального положения. Между гребенчатой и длинной приводящей мышцами бедра располагается передняя ветвь запирающего нерва. Между короткой и большой приводящей мышцами бедра располагается задняя ветвь запирающего нерва [13].

После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки инъекционную иглу, подключенную к нейростимулятору, с помощью ультразвуковой навигации подводят к нервному стволу по технологии out of plane (вне плоскости датчика). После получения индуцированного мышечного ответа приводящих мышц, посредством электронейростимулятора и проведения аспирационной пробы выполняют инъекцию местного анестетика вокруг каждой ветви нерва [11].

**Осложнения:** пункционное повреждение запирающей артерии, ранение запирающего нерва и отсутствие анестезии или неполная анестезия после выполнения блокады.

### **Блокада седалищного нерва**

Показания: В. Г. Печерский, И. И. Кузьмин и др. считают, что показанием для блокады седалищного нерва (n. ischiadicus) являются оперативные вмешательства на коленном суставе, голени, голеностопном суставе и стопе. Блокаду проводят на уровне тазобедренного сустава, подколенной ямки и голеностопного сустава, в областях, где проходят терминальные ветви седалищного нерва [14]. Также отмечают, что изолированная блокада седалищного нерва остается одной из наименее выполняемых анестезиологами блокад периферических нервов. В основном анестезиологами выполняется комбинированная блокада седалищного, бедренного и запирающего нервов, чем достигается полная сенсорная и моторная блокада оперируемой конечности [14].

#### **Анатомия**

Седалищный нерв является самым длинным и крупным нервом в теле человека, формируется корешками спинномозговых нервов четвертого и пятого поясничных и пяти крестцовых сегментов спинного мозга, выходит из полости таза через подгрушевидное отверстие, располагается под большой ягодичной мышцей (m. gluteus maximus), проходит по задней поверхности бедра [15]. Вариативная анатомия места бифуркации седалищного нерва является доводом в пользу того, что выполнение блокады седалищного нерва в проксимальной его части более эффективно, чем в дистальной.

#### **Техника блокады седалищного нерва**

Существует несколько доступов блокады седалищного нерва: задний, передний, из подколенной ямки и латеральный. В. Г. Печерский и А. В. Марочков в своем исследовании выявили существенные отличия в результатах блокад в зависимости от доступа: «Так, например, при использовании подъягодичного доступа при оперативных вмешательствах в области подколенной ямки и задней поверхности бедра сохраняется болевая чувствительность этих областей, что, вероятно, связано с отсутствием блокады заднего кожного нерва бедра, тогда как при блокаде седалищного нерва чрезъягодичным доступом можно получить достаточный уровень анальгезии в этой зоне» [16, 17].

В зависимости от выбранного доступа блокады седалищного нерва будет меняться и скорость наступления анестезии. Существует исследование, на основании которого N. Moayeri et al. выдвинули предположение о различном соотношении соединительной и невралгической ткани в седалищном нерве в за-

висимости от его отдела. Чем дистальнее отдел, тем больше соотношение соединительной ткани к невралгической (в проксимальном отделе седалищного нерва соотношение соединительной ткани/невралгическая ткань равно 1/2, в дистальном отделе 1/1). Эта особенность будет препятствовать проникновению раствора местного анестетика к нервной ткани седалищного нерва в дистальных его отделах. M. Taboada et al. отметили, что при выполнении блокады седалищного нерва из подколенного доступа, независимо от выбора местного анестетика, наступление сенсорного блока было медленнее в сравнении с чрезъягодичным доступом. То есть, чем проксимальнее вводится раствор местного анестетика, тем быстрее наступает сенсорная блокада, но задерживается блокада проведения двигательных импульсов, а чем дистальнее вводится раствор анестетика, тем больше выраженность моторной блокады и меньше выраженность сенсорной блокады [18].

#### **Блокада седалищного нерва латеральным доступом**

Данная методика блокады седалищного нерва выполняется, если невозможно уложить пациента в пронационную позицию.

##### **Техника выполнения**

Пациент располагается на спине. Блокируемую конечность по возможности сгибают в тазобедренном и коленном суставах, для этого под коленный сустав подкладывают валик. Для определения точки доступа к седалищному нерву необходимо найти большой вертел, отступить на 20–40 мм от нижнего его края в направлении перпендикуляра осевой линии нижней конечности книзу от наиболее выступающей части большого вертела. Блокаду осуществляют с помощью нейростимулятора и ультразвуковой навигации, определив все анатомически важные образования. После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки инъекционную иглу, подключенную к нейростимулятору, направляют под ультразвуковым контролем до верификации положения ее дистального конца в непосредственной близости с седалищным нервом. После получения индуцированных нейростимулятором мышечных сокращений и проведения аспирационной пробы выполняют инъекцию местного анестетика вокруг седалищного нерва [19].

#### **Блокада седалищного нерва передним доступом**

##### **Техника выполнения**

Блокада выполняется в положении пациента на спине. Ориентиром служат паховая складка и большой вертел бедренной кости.

Блокаду осуществляют с помощью нейростимулятора и ультразвуковой навигации, определив все анатомически важные образования. После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки вкол инъекционной иглы, подключенной к нейростимулятору, под ультразвуковым контролем осуществляют в точке пересечения линии, проведенной от границы внутренней и средней трети паховой связки с линией, проведенной на уровне большого вертела. Иглу проводят в направлении к передней поверхности бедренной кости до соприкосновения с ней. Затем меняют направление иглы, проведя ее на глубину 5 см медиальнее бедренной кости до контакта с ней. Индуцированные мышечные сокращения соответствующей группы мышц указывают на положение дистального конца иглы около ствола седалищного нерва. После проведения аспирационной пробы вводят до 30 мл местного анестетика, контролируя его распространение с помощью ультразвуковой навигации [20].

**Осложнения:** пункционное ранение бедренной артерии, введение местного анестетика в сосудистое русло с развитием системной токсичности.

#### **Техника блокады седалищного нерва задним доступом**

*В. Г. Печерский, А. В. Марочков* в своей работе описывают методику блокады седалищного нерва задним доступом: блокада выполняется в положении пациента на боку. При блокаде седалищного нерва задним доступом внешним ориентиром служит задняя поверхность гребня подвздошной кости и большой вертел бедренной кости [16].

Блокаду осуществляют с помощью нейростимулятора и ультразвуковой навигации, определив все анатомически важные образования. После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки инъекционную иглу, подключенную к нейростимулятору, направляют под ультразвуковым контролем на 2–3 см ниже середины линии, соединяющей заднюю верхнюю ость гребня подвздошной кости и большой вертел бедренной кости. Иглу вводят вертикально на глубину до 8–10 см до соприкосновения с седалищной костью. После получения индуцированного мышечного ответа посредством электронейростимулятора и проведения аспирационной пробы выполняют инъекцию местного анестетика в фасциальный футляр седалищного нерва [16]. Эффективная блокада достигается в том случае, если анестетик распространяется вдоль всей окружности нерва. Для этого можно изменить направление и положение иглы под контролем ультразвука.

**Осложнения:** возможность проникновения иглы в малый таз, повреждение мочевого пузыря.

#### **Техника блокады седалищного нерва подколенным доступом**

В своей работе *Д. В. Морозов, И. В. Боронина и др.* отметили, что у пациентов с ожирением затруднена ультразвуковая визуализация глубоко расположенных анатомических структур, поэтому у таких пациентов значительно легче провести блокаду ветвей седалищного нерва из подколенного доступа [21]. Блокаду осуществляют в положении пациента на животе с помощью нейростимулятора и ультразвуковой навигации, определив сосудисто-нервный пучок, включая гиперэхогенный седалищный нерв. После проведения местной анестезии кожи, подкожной жировой клетчатки инъекционную иглу, подключенную к нейростимулятору, направляют под ультразвуковым контролем с латеральной стороны. После получения индуцированных электростимуляцией мышечных сокращений и после выполнения аспирационной пробы, при ее отрицательном результате, болюсно дробно вводят раствор местного анестетика в фасциальный футляр седалищного нерва [22].

#### **Местные анестетики, применяемые для проводниковой анестезии**

Основное действие местных анестетиков заключается в блокировании натриевых, калиевых и кальциевых каналов в нервных структурах, что приводит к прерыванию нервного импульса [23]. Местные анестетики угнетают аэробный митохондриальный синтез АТФ, что вызывает дефицит энергии в клетке и, как следствие, ее повреждение. Исследования показывают, что такие популярные местные анестетики, как лидокаин, бупивакаин и ропивакаин, обладают нейротоксичностью. Наиболее серьезным проявлением локальной токсичности служит повреждение нервной ткани с развитием неврологических нарушений. Это объясняется тем, что местный анестетик подводит непосредственно к нервным стволам [24].

Так как периферические нервные стволы располагаются в непосредственной близости с мышцами и проходят через межмышечные пространства, то вводимые перинеурально местные анестетики могут привести к миотоксичности, что может проявиться нарушением сократительной функции мышц и развитием мышечной слабости [25]. При выборе местного анестетика, применяемого для регионарной анестезии во время оперативного вмешательства, обращают внимание на наиболее важные критерии: способность препарата диффундировать через мембрану клет-

ки, время от момента введения анестетика и до появления анестезии, длительность эффекта местного анестетика, с целью ограничиться однократным введением препарата [26].

А. М. Овечкин в своей работе отметил: так как все местные анестетики являются амидами или эфирами, то они могут находиться как в ионизированном состоянии (гидрофильная форма), так и в неионизированном состоянии (липофильная форма). Местные анестетики в липофильной форме обладают способностью проникать в клетку самостоятельно (проходить через мембрану нервных клеток или оболочку аксонов), после чего в цитоплазме нервной клетки проходит процесс ионизации с превращением их в гидрофильную форму, что дает возможность местным анестетикам связываться с  $\text{Na}^+$ -каналами и блокировать их, прерывая тем самым проведение нервного импульса по нервному волокну.

Новокаин является первым представителем синтезированных местных анестетиков эфирной группы. Являясь слабым основанием, блокируя  $\text{Na}^+$ -каналы, препятствует генерации импульсов в окончаниях чувствительных нейронов и проведению импульсов по нервным волокнам. Обладает способностью подавлять проведение не только болевых, но и импульсов другой модальности, однако данный препарат имеет короткую анестезирующую активность (продолжительность инфильтрационной анестезии составляет около 0,5–1 часа) и является сильным аллергеном, что делает его мало пригодным для использования в качестве препарата для регионарных блокад [27].

Следующим представителем местных анестетиков является лидокаин. Препарат из группы амидов. Местноанестезирующее действие заключается в блокаде вольтаж-зависимых натриевых каналов, что препятствует генерации импульсов в нервных окончаниях и, соответственно, проведению болевых импульсов по нервным волокнам. Время от введения анестетика в ткани и до развития анестезии составляет около 2–5 минут, а длительность анестезии составляет 2–4 часа. Для проводниковой блокады применяется раствор в концентрации 10 мг/мл в дозе 300–400 мг [28].

Ропивакаин – местный анестетик амидной группы. В концентрации 2 мг/мл ропивакаин применяют для продленной блокады периферических нервов путем инфузии или болюсных инъекций в целях послеоперационного обезболивания. В концентрации 5–7,5 мг/мл ропивакаин применяют для блокады нервных стволов и сплетений на стороне оперируемой конечности. В высоких дозах данный местный анестетик вызывает сен-

сорную и моторную блокаду, достаточную для проведения хирургического вмешательства. В более низких дозах вызывает сенсорную блокаду и неполный моторный блок. По сравнению с бупивакаином обладает меньшим кардиотоксическим эффектом, оказывает умеренное вазопрессорное воздействие и реже вызывает нарушения сердечного ритма, что было доказано в исследованиях на животных. Максимальная разовая доза составляет 225 мг [26].

Бупивакаин является одним из сильных местных анестетиков амидной группы. Анестезирующее действие наступает быстрее и по сравнению с другими местноанестезирующими средствами обладает большей продолжительностью действия. При блокаде периферических нервов и сплетений используют препарат в концентрации 5 мг/мл в дозе 50–150 мг. Максимальная разовая доза 150 мг.

Левобупивакаин также относится к группе амидных местных анестетиков. Левовращающий изомер бупивакаина обладает меньшей кардиотоксичностью по сравнению с бупивакаином, что делает его более безопасным при случайном введении в сосудистое русло. В виде раствора для инъекций существует в концентрациях 5,0 и 7,5 мг/мл. Y. Y. Lee, W. D. Ngan Kee et al. отмечают, что левобупивакаин применяется для регионарной анестезии, в том числе и для блокады периферических нервов. Для блокады периферических нервов в основном используется раствор в концентрации 5 мг/мл в дозе 50–150 мг. Максимальная разовая доза 150 мг.

Артикаин – местный амидный анестетик. Применяется для инфильтрационной и проводниковой анестезии. Быстро диффундирует через мембраны нервных клеток, благодаря этому он имеет короткий латентный период (от 1 до 3 минут). Артикаин, прочно связываясь с белками плазмы, обладает низкой токсичностью, как локальной, так и системной [26]. Препарат имеет длительный анестезирующий эффект (до 5 часов) в связи с тем, что он дольше задерживается в месте введения, так как эндотелий сосудов является плохо проницаемым для молекул артикаина. Для проводниковой блокады применяется раствор в концентрации 10–20 мг/мл в дозе 100–300 мг. Для интратекального введения в Российской Федерации препарат не разрешен [29].

Для снижения риска токсичности местных анестетиков обычно используют минимально эффективные дозы и контролируют их распределение в организме. Также проводятся исследования по разработке новых местных анестетиков с меньшей токсичностью и более безопасными профилями действия.

**Заключение**

В настоящее время регионарные блокады широко применяются в анестезиологии и интенсивной терапии. Одной из главных задач в анестезиологии является выбор оптимальных методик для эффективного снижения боли с целью уменьшения потребности в опиоидах, уменьшения длительности реабилитационного периода, повышения удовлетворенности пациентов анестезиологическим обеспечением. Наиболее сложным является выбор и проведение анестезиологического обеспечения у пациентов с высоким классом физического статуса, подвергающихся травматичным оперативным вмешательствам и требующим длительного эффективного и безопасного послеоперационного обезболивания. Для интраоперационного и послеоперационного обезболивания всё чаще используются различные периферические регионарные блокады, так как они характеризуются минимальным процентом тяжелых неврологических и инфекционных осложнений, обеспечивают более ста-

бильный гемодинамический профиль. Преимущественно блокаду нервов нижней конечности выполняют по методике «3-в-1», блокируя бедренный, запирающий и седалищный нервы, обеспечивая тем самым полную сенсорную и моторную блокаду оперируемой конечности. Технически доступна и легкоосуществима катетеризация перинеурального пространства бедренного нерва, поэтому в клинической практике врачи-анестезиологи наиболее часто выполняют продленную блокаду бедренного нерва. Использование ультразвуковой визуализации анатомических структур, ультразвуковой навигации, нейромышечной стимуляции, новых местных анестетиков и катетерных технологий позволяет обеспечить в полной мере эффективность и безопасность при выполнении блокад периферических нервов нижних конечностей, минимизировать осложнения или даже свести их на нет. В некоторых случаях, в целях безопасности пациента, отказаться от нейроаксиальной блокады в пользу периферической блокады.

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Оруджева С. А., Звягин А. А. Особенности и возможности анестезиологического обеспечения при хирургическом лечении синдрома диабетической стопы // Регионар. анестезия и лечение острой боли. 2015. Т. 9, № 1. С. 14–25.
2. Orudzheva SA, Zvyagin AA. Particularities and possibilities of anesthetic management during surgical treatment of diabetic foot. *Regionarnaya Anesteziya i Lecheniye Ostroy Boli*. 2015;9(1):14–25. (In Russ.).
3. Rawal N. Current issues in postoperative pain management // *Eur. J. of anaesthesiology*. 2016 Vol. 33. P. 160–171. DOI 10.1097/EJA.0000000000000366
4. Кузьмин В. В., Шандурский Н. Н. Продленная блокада бедренного нерва после тотального эндопротезирования коленного сустава // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2013. Т. 10, № 6. С. 9–15.
5. Kuzmin VV, Shandursky NN. The extended blockade of the femoral nerve after total endoprosthesis of the knee joint. *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2013;10(6):9–15. (In Russ.).
6. Сравнение эпидурального обезболивания и блокады бедренного нерва методом параллельной контролируемой пациентом анальгезии после протезирования коленного сустава / А. Г. Волошин и др. // *Регионар. анестезия и лечение острой боли*. 2014. Т. 8, № 1. С. 21–25.
7. Comparison of epidural anesthesia and blockade of the femoral nerve by the method of parallel analgesia controlled by the patient after prosthetics of the knee joint. *Voloshin AG et al. Regionarnaya Anesteziya i Lecheniye Ostroy Boli*. 2014;8(1):21–25. (In Russ.).
8. Курганский А. В., Храпов К. Н. Подходы к послеоперационному обезболиванию при операциях тотального эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2018. Т. 15, № 4. С. 76–85. DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-4-76-85
9. Kurganskiy AV, Khrapov KN. Approaches to post-operative pain relief during total knee and hip replacement. *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2018; 15 (4): 76–85. (In Russ.). DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-4-76-85
10. Кузьмин В. В., Шандурский Н. Н. Продленная блокада бедренного нерва после тотального эндопротезирования коленного сустава // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2013. Т. 10, № 6. С. 9–15.
11. Kuzmin VV, Shadursky NN. Prolonged femoral nerve block after total knee arthroplasty. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2013; 10 (6): 9–15. (In Russ.).
12. Патент № 2807883 С1 Российская Федерация МПК А61М 19/00 (2006.01). Способ продленной блокады бедренного нерва : № 2023124702 : заявл. 26.09.2023 :
13. Строкань А. Н., Шлапак И. П. Периферическая регионарная анестезия: учеб. пособие. Киев: Рябина, 2014. С. 149.
14. Strokan' AN, Shlapak IP. *Perifericheskaja regionarnaja anesteziya: uchebnoe posobie*. Kiev: Rjabina; 2014. P. 149. (In Russ.).
15. Печерский В. Г., Марочков А. В. Возможность блокады бедренного нерва под УЗ-контролем с применением электростимулятора периферических нервов малыми дозами ропивакаина // *Регионар. анестезия и лечение острой боли*. 2018. Т. 12, № 4. С. 217–221. DOI 10.17816/1993-6508-2018-12-4-217-221
16. Pecherskij VG, Marochkov AV. The possibility of blocking the femoral nerve under ultrasound control with the use of the electrical stimulator of the peripheral nerves with small doses of ropivacaine. *Regionarnaya Anesteziya i Lecheniye Ostroy Boli*. 2018; 12 (4): 217–221. (In Russ.). DOI 10.17816/1993-6508-2018-12-4-217-221.

опубл. 21.11.23 / Ямичиков О. Н., Марченко А. П., Емельянов С. А. и др.; заявитель ТГУ им. Г. Р. Державина. 16 с.: ил. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2807883C1/ruhttps://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fpubchem.ncbi.nlm.nih.gov%2Fpatent%2FRU-2463086-C2> (дата обращения: 07.03.2024).

Patent No. 2807883 C1 Russian Federation of MPC A61M 19/00 (2006.01). Method of extended blockade of the femoral nerve: No. 2023124702: declared. 09/26/2023: publ. 11.11.23 / Yamshchikov ON, Marchenko AP, Emelyanov SA et al.; The applicant of TSU named after GR Derzhavin. 16 p.: Il. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2807883C1/ruhttps://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fpubchem.ncbi.nlm.nih.gov%2Fpatent%2FRU-2463086-C2> (Accessed: 07.03.2024).

11. Первый опыт применения блокады запирающего нерва в целях предотвращения спазма приводящих мышц бедра при трансуретральной резекции мочевого пузыря / И. А. Рычков и др. DOI 10.17650/1726-9776-2019-15-1-101-107 // Онкоурология. 2019. Т. 15, № 1. С. 101–107.

Rychkov IA, Garyaev RV, Matveev VB, Chernyaev VA. The first experience of using obturator nerve block to prevent spasm of adductor muscles of the thigh during transurethral resection of bladder. *Onkourologiya*. 2019; 15 (1): 101–7. (In Russ.). DOI 10.17650/1726-9776-2019-15-1-101-107

12. Блокада запирающего нерва / В. А. Корячкин и др. DOI 10.17816/RA57660 // Регионар. анестезия и лечение острой боли. 2020. Т. 14, № 3. С. 130–140.

Koriachkin VA, Zabolotskii DV, Gribanov DV, Antoshkova TA. Obturator nerve block. *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroy Boli*. 2020; 14 (3): 130-140. (In Russ.). DOI 10.17816/RA57660

13. Хаджич А. Блокады периферических нервов и регионарная анестезия под ультразвуковым контролем // *Практ. медицина*. 2014. Т. 2. С. 425.

Hadzic A. *Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*. *Prakticheskaya Meditsina*. 2014;2:425. (In Russ.).

14. Печерский В. Г., Марочков А. В. Блокада седалищного нерва фармацевтической композицией лидокаина и ропивакаина (2:1) с коротким временем развития блока периферического нерва и длительным послеоперационным обезболиванием // *Регионар. анестезия и лечение острой боли*. 2017. Т. 11, № 1. С. 36–40. DOI 10.18821/1993-6508-2017-11-1-36-40

Pecherskij VG, Marochkov AV. The blockade of the sciatic nerve of a pharmaceutical composition of lidocaine and ropivacaine (2:1) with a short block of peripheral nerve and prolonged postoperative analgesia. *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroy Boli*. 2017; 11 (1): 36–40. (In Russ.). DOI: 10.18821/1993-6508-2017-11-1-36-40

15. Горчилина Е. И., Дмитриева Е. Г. Особенности топографии ветвей седалищного нерва при его высоком делении // *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и студентов, 19–20 апреля 2023 г. Екатеринбург: УГМУ, 2023. С. 1462–1466.*

Gorchilina EI, Dmitrieva EG. Features of the topography of branches with high division of the sciatic nerve. Actual issues of modern medical science and healthcare: collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students. Yekaterinburg, April 19–20, 2023. Yekaterinburg: UGMU. P. 1462-1466. (In Russ.).

16. Печерский В. Г., Марочков А. В. Сравнительная оценка проводниковой блокады седалищного нерва, выполненной подъягодичным и чрезъягодичным доступом с применением электростимулятора периферических нервов под УЗ-контролем // *Регионар. анестезия и лечение острой боли*. 2016. Т. 2. С. 111–115. DOI 10.18821/1993-6508-2016-10-2-111-115

Pecherskij VG, Marochkov AV. Comparative assessment of peripheral blockade of sciatic nerve performed by subgluteal

and popliteal access using electrical stimulation of peripheral nerve under ultrasound control. *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroy Boli*. 2016; 10 (2): 111–115. (In Russ.). DOI 10.18821/1993-6508-2016-10-2-111-115

17. Печерский В. Г., Марочков А. В. Сравнение эффективности блокады седалищного нерва, выполняемой под УЗ-контролем, явлениями доступа: чрезъягодичным, подъягодичным и подколенным // *Новости хирургии*. 2016. Т. 24, № 6. С. 586–591.

Pecherskij VG, Marochkov AV. Comparison of the Efficacy of Ultrasound-Guided Blockade of the Sciatic Nerve Performed through Three Approaches: Gluteal, Subgluteal and Popliteal. *Novosti Khirurgii*. 2016; 24 (6): 586-591. (In Russ.)

18. Печерский В. Г. Блокада седалищного нерва подъягодичным и подколенным доступом, выполняемая под УЗ-наведением: сравнение времени развития блокады в зависимости от доступа // *Проблемы здоровья и экологии*. 2014. Т. 40, № 2. С. 67–70.

Pecherskij VG. The blockade of the sciatic nerve by subgluteal and popliteal access performed under ultrasound guidance: comparison of time of the block development depending on the access. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2014; 2 (40): 67-70. (In Russ.).

19. Патент RU 2 463 086 C2, МПК А61М 19/00(2006.01). Способ блокады седалищного нерва латеральным доступом : № 2010152880/14 : заявл. 23.12.2010 : опубл. 10.10.2012 / Шаповалов А. А., Мамаева Е. Г.; заявитель ГОУДПО «С.-Петерб. мед. акад. последиплом. образования» Федер. агентства по здравоохранению и соц. развитию. 8 с.: рис. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/RU-2463086-C2> (дата обращения: 01.03.2024).

Patent RU 2 463 086 C2, IPC A61M 19/00(2006.01). Method of sciatic nerve block by lateral access: No. 2010152880/14: declared 23.12.2010: published 10.10.2012 / Shapovalov A. A., Mamaeva E. G.; Applicant State Educational Institution of Higher Professional Education "St. Petersburg Medical Academy of Postgraduate Education" of the Federal Agency for Healthcare and Social Development. 8 p.: fig. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/RU-2463086-C2> (Accessed: March 1, 2024). (In Russ.).

20. Шаповалов А. А. Клиническая эффективность блокады седалищного нерва с использованием латерального доступа при остеосинтезе переломов голени и стопы // *Травматология и ортопедия России*. 2016. Т. 1. С. 96–99. DOI 10.21823/2311-2905-2016-0-1-96-99

Shapovalov AA. The clinical efficacy of sciatic nerve block by lateral approach for the osteosynthesis of fractures leg and foot. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2016; 1: 96–99. (In Russ.). DOI 10.21823/2311-2905-2016-0-1-96-99

21. Влияние блокад различных ветвей седалищного и бедренного нервов на качество послеоперационного обезбоживания после эндопротезирования коленного сустава / Д. В. Морозов и др. // *Вестн. эксперимент. и клин. хирургии*. 2018. Т. 11, № 2. С. 110–113. DOI 10.18499/2070-478X-2018-11-2-110-113

Morozov DV, Boronina IV, Ryabtseva AA, Nikulina TA. The influence of different branches of sciatic and femoral nerves blocks on the postoperative analgesia quality after knee joint replacement. *Vestnik Experimental'noj i Klinicheskoy Khirurgii*. 2018; 11 (2): 110-113. (In Russ.). DOI 10.18499/2070-478X-2018-11-2-110-113

22. Реестр клинических исследований США. Клиническое испытание NCT03410888. Подколенный доступ к блокаде седалищного нерва не уступает подъягодичному доступу. URL: <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT03410888> (дата обращения: 15.03.2024).

Registry of Clinical Trials in the USA. Clinical trial NCT03410888. Popliteal access to sciatic nerve blockade is not inferior to subclavian access. Available at: <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT03410888> Accessed: March 15, 2024.

23. Lirk P., Picardi S., Hollmann M. W. *Local anaesthetics: 10 essentials* // *Europ. J. of anaesthesiology*. 2014 Vol. 31, № 11. P. 575–585.

24. *The Second ASRA Practice Advisory on Neurologic Complications Associated With Regional Anesthesia and Pain Medicine: Executive Summary 2015* / J. M. Neal et al. DOI 10.1097/AAP.0000000000000286 // *Regional anesthesia and pain medicine*. 2015. Vol. 40, № 5. P. 401–430.

25. Neal J. M., Salinas F. V., Choi D. S. *Local Anesthetic-Induced Myotoxicity After Continuous Adductor Canal Block* // *Regional anesthesia and pain medicine*. 2016. Vol. 41, № 6. P. 723–727. DOI 10.1097/AAP.0000000000000466

26. Выбор местного анестетика при местной анестезии / А. М. Морозов и др. DOI 10.24411/1609-2163-2020-16611 // *Вестн. новых мед. технологий*. 2020. Т. 27, № 1. С. 36–41.

Morozov AM, Minakova YuE, Sergeev AN, Prothenko PG, Pakhomov MA. *Choice of local anesthetics in local anesthesia. Journal of new medical technologies*. 2020; 27 (1): 36-41. (In Russ.). DOI 10.24411/1609-2163-2020-16611.

27. Гацан В. В., Кабанок К. В. Изучение ассортимента, характеристики препаратов местных анестетиков с целью их последующего использования в различных отделениях медицинских организаций // *Соврем. проблемы науки и образования*. 2015. Т. 2, № 2. С. 465.

Gatsan VV, Kabanov KV. *Studying the assortment, characteristics of local anesthetic preparations for their subsequent use in various departments of medical organizations. Modern problems of science and education*. 2015; 2 (2): 465. (In Russ.).

28. Лахин Р. Е., Гемуа И. А., Толкач П. Г. Двойное слепое рандомизированное исследование токсического воздействия лидокаина и ропивакаина на седалищный нерв и двуглавую мышцу крыс // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2019. Т. 16, № 4. С. 12–18. DOI 10.21292/2078-5658-2019-16-4-12-18

Lakhin RE, Gemua IA, Tolkach PG. *A double-blind randomized study on the toxicity of lidocaine and ropivacaine on sciatic nerve and biceps muscle of rats*. 28. *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2019; 16 (4): 12-18. (In Russ.). DOI 10.21292/2078-5658-2019-16-4-12-18

29. Пищинский И. А., Захарова И. А. Свойства современных местных анестетиков, применяемых для обезболивания в терапевтической стоматологии // *Соврем. стоматология*. 2016. Т. 65, № 4. С. 31–34.

Pischinsky IA, Zakharova IA. *Properties of modern local anesthetics used for pain relief in the therapeutic dentistry. Sovremennaya stomatologiya*. 2016; 4 (65): 31-34. (In Russ.).