

doi: 10.25005/2074-0581-2023-25-4-562-570

ПРОДЛЁННАЯ ПЛЕКСУСНАЯ БЛОКАДА ПРИ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЯХ

О.Н. ЯМЩИКОВ^{1,2}, А.П. МАРЧЕНКО^{1,2}, С.А. ЕМЕЛЬЯНОВ^{1,2}, О.Д. ИВАНОВА³, Р.А. МАРЧЕНКО⁴, С.А. ИГНАТОВА¹

¹ Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Медицинский институт, Тамбов, Российская Федерация.

² Городская клиническая больница г. Котова, Котовск, Российская Федерация

³ Городская клиническая больница № 3 им. И.С. Долгушина, Тамбов, Российская Федерация

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военно-клинический госпиталь им. А.А. Вишневого, пос. Новый, Московская область, Российская Федерация

В статье приведён обзор методов продлённой плексусной блокады (ППБ). Рассмотрены показания и противопоказания к её применению. Обозначены требования к профессиональным навыкам и оснащению, которые необходимы для проведения ППБ. Также в статье описаны доступы к плечевому сплетению, такие как надключичный, подключичный, межлестничный. В основе данной статьи лежит обоснование целесообразности применения ППБ, приведены её преимущества и возможные осложнения, а так же изложены основные принципы безопасного выполнения данного вида регионарной анестезии: знание анатомо-топографических ориентиров, использование ультразвуковой навигации и нейростимуляции для определения направления и положения кончика иглы. При мышечном ответе в 0,5-0,3 мА при использовании нейростимуляции можно утверждать о максимально близком расположении кончика иглы относительно нервного волокна, а при мышечном ответе в 0,2 мА – о расположении кончика иглы в самом нервном волокне, что недопустимо при выполнении плексусных и проводниковых блокад. При правильном и безопасном проведении блокад нервных сплетений и нервных стволов и особенно с возможностью продления анестезии и проведения послеоперационного обезболивания мы получаем идеальный вариант анестезиологического обеспечения оперативных вмешательств и лечения послеоперационной боли, который имеет много преимуществ и у которого отсутствуют недостатки других видов местного и общего обезболивания. При составлении данного обзора литературы были использованы базы литературных источников, такие как Elibrary, PubMed и Google Scholar. Критериями поиска были ключевые слова: плечевое сплетение, регионарная анестезия, продлённая плексусная блокада, ультразвуковая навигация, нейростимуляция, катетерные технологии.

Ключевые слова: плечевое сплетение, регионарная анестезия, продлённая плексусная блокада, ультразвуковая навигация, нейростимуляция, катетерные технологии.

Для цитирования: Ямщиков ОН, Марченко АП, Емельянов СА, Иванова ОД, Марченко РА, Игнатова СА. Продлённая плексусная блокада при оперативных вмешательствах на верхних конечностях. *Вестник Авиценны*. 2023;25(4):562-70. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-4-562-570>

PROLONGED BRACHIAL PLEXUS BLOCKADE FOR UPPER LIMB SURGERY

O.N. YAMSHCHIKOV^{1,2}, A.P. MARCHENKO^{1,2}, S.A. EMELIANOV^{1,2}, O.D. IVANOVA³, R.A. MARCHENKO⁴, S.A. IGNATOVA¹

¹ Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, Tambov, Russian Federation

² City Clinical Hospital of Kotovsk, Kotovsk, Russian Federation

³ I.S. Dolgushin City Clinical Hospital № 3, Tambov, Russian Federation

⁴ National Medical Research Center for High Medical Technologies – Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky, village Novyy, Moscow region, Russian Federation

This article overviews the various prolonged plexus block (PB) methods. It discusses the indications and contraindications for this technique and the professional skills and equipment needed. The article also describes different approaches to a brachial plexus block (BPP): interscalene, supraclavicular, infraclavicular, and axillary. The article presents the rationale for using PB, its advantages and possible complications, and outlines the basic principles for its safe performance. Knowledge of anatomical and topographic landmarks, ultrasound navigation, and neurostimulation are utilized to determine needle position. Neurostimulation should be used to ensure the needle is placed correctly to achieve a muscle response with a current of 0.3-0.5 mA. A muscle response with a current of 0.2 mA occurs only when the needle tip is positioned intraneurally, which is unacceptable when performing plexus and nerve conduction blocks. This technique can provide prolonged anesthesia and postoperative pain relief by correctly and safely blocking nerve plexuses and trunks. It is an ideal option for anaesthesiologic support during surgical interventions and treating postoperative pain. This approach has many advantages and does not have the disadvantages associated with other types of local and general anesthesia. In this literature review, we used databases such as eLIBRARY, PubMed, and Google Scholar to search for articles related to regional anesthesia, specifically, BPP. We narrowed our search by using keywords including ultrasound navigation, neurostimulation, and catheter-based techniques.

Keywords: Brachial plexus, regional anesthesia, prolonged plexus block, ultrasound navigation, neurostimulation, catheter-based techniques.

For citation: Yamshchikov ON, Marchenko AP, Emelyanov SA, Ivanova OD, Marchenko RA, Ignatova SA. Prodlyonnaya pleksusnaya blokada pri operativnykh vmeshatel'stvakh na verkhnikh konechnostyakh [Prolonged brachial plexus blockade for upper limb surgery]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2023;25(4):562-70. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-4-562-570>

Во время выполнения хирургических операций в области плеча, предплечья и кисти применяются различные методы анестезиологического обеспечения, в том числе местная и общая анестезия. Регионарное обезболивание с применением периферических блокад находит всё большее применение в анестезиологической практике ввиду своих неоспоримых преимуществ [1].

Плексусная анестезия – это регионарная анестезия нервных образований, которая достигается за счёт введения местного анестетика в область нервных сплетений, иннервирующих конечность. Плексусная блокада обладает рядом положительных свойств таких как наличие у пациента самостоятельного дыхания; сохранение речи, что позволяет осуществлять контроль за уровнем сознания пациента и его общим состоянием; стабильные гемодинамические показатели; избирательное воздействие на селективный, вегетативный или моторный компоненты; минимальное количество осложнений, в том числе тяжёлых инфекционных осложнений, связанных с нейроаксиальными блокадами (эпидуральный абсцесс, менингит) [2].

ППБ – это блокада нервных сплетений с использованием катетерной техники, включающая многократное использование микрокатетера для введения местного анестетика. Преимуществами такого вида блокад являются хорошее обезболивание, снижение побочных эффектов, связанных с опиоидами и нестероидными противовоспалительными средствами, снижение послеоперационной тошноты и рвоты, улучшение качества сна, более ранняя реабилитация пациентов и снижение сроков госпитализации [3].

ППБ плечевого сплетения чаще всего выполняется для облегчения послеоперационной боли при хирургических вмешательствах на верхних конечностях. Другие показания к длительной перинеуральной инфузии местного анестетика включают лечение хронической онкологической боли, фантомной боли в конечностях, а также сложного регионарного болевого синдрома. Кроме того, имеются сведения о клинических случаях и небольшое количество зарубежных исследований, продемонстрировавших использование ППБ плечевого сплетения для индукции симпатэктомии и вазодилатации с целью улучшения кровотока после сосудистых травм, операций по трансплантации и реплантации верхней конечности [4].

Существуют абсолютные и относительные противопоказания для проведения ППБ. К абсолютным противопоказаниям можно отнести различные воспалительные заболевания и процессы в мягких тканях, аллергические реакции на сам анестетик, наличие у пациента заболеваний нервно-психического характера. Не применяется плексусная блокада у пациентов с гипокоагуляционным синдромом и тяжёлым декомпенсированным шоком. Относительными противопоказаниями к проведению регионарных блокад являются: трудности придания больному нужного положения для выполнения анестезии; судороги, не поддающиеся полноценной фармакологической коррекции; высокий риск нарушения проходимости дыхательных путей, а так же анатомические аномалии (врождённые или приобретённые), из за которых применение блокады невозможно. Врач, проводящий блокаду, должен обладать достаточным опытом проведения данного вида обезболивания, а также иметь квалифицированный персонал и оборудование для лечения любого осложнения регионарной блокады [5].

В первые 1-2 суток с момента проведения хирургической операции пациент способен испытывать столь сильную боль в конечности, что она может быть сравнима с таковой при проведении самой операции, что заставляет прибегать к интенсивному обезболиванию вплоть до назначения наркотических анальгети-

During surgical procedures on the shoulder, forearm, and hand, anesthesia is administered using various methods, such as local and general anesthesia. Peripheral blocks are increasingly used in anesthesiology due to their undeniable advantages [1].

Plexus anesthesia is a type of regional anesthesia that involves injecting a local anesthetic into the nerve plexuses responsible for motor and sensory innervation of the upper and lower extremities. This type of anesthesia has multiple advantages. It enables patients to breathe independently, communicate verbally with medical staff, maintain stable hemodynamic parameters, and selectively affect sensory or motor components. There is also a lower risk of severe complications, such as meningitis or epidural abscess, which can occur with other nerve blockades [2].

Prolonged neural blockade, known as continuous peripheral nerve block (cPNB), involves the percutaneous insertion of a catheter near a target nerve or plexus through which local anesthetic is administered. This method offers several benefits, including effective pain relief, fewer side effects associated with opioids and non-steroidal anti-inflammatory drugs, reduced postoperative nausea and vomiting, improved sleep quality, earlier patient rehabilitation, and reduced length of stay in hospitals [3].

Continuous BPB is a preferred method of regional anesthesia for alleviating postoperative pain in upper extremity surgeries. Other indications for perineural local anesthetic infusion include treating chronic cancer pain, phantom limb pain, and complex regional pain syndrome (CRPS) by infusing local anesthetic. A limited number of publications also report that BPB can initiate sympathetomy-like effects and vasodilation, which helps to improve blood flow after vascular injury, transplantation, and upper limb replantation [4].

Certain conditions make it unsafe to use cPNB. Absolute contraindications include inflammatory processes in soft tissues, allergic reactions to the anesthetic used, and neuropsychiatric diseases. cPNB is also contraindicated in hypocoagulation disorders or decompensated shock. On the other hand, relative contraindications to regional blockades include difficulties in proper patient positioning for anesthesia, seizures that are not controlled by anti-seizure medication, a high risk of airway obstruction, and congenital or acquired malformations. The physician who performs the block should have enough experience in this type of anesthesia, and qualified personnel and equipment should be available in case of any complications arising from the regional block [5].

Without administering a peripheral blockade, the patient may experience severe pain in the limb during the first 1-2 days after surgery. This pain can be so intense that it is comparable to intraoperative pain. As a result, it may be necessary to provide intensive pain relief, including the administering of narcotic analgesics. In addition to emotional distress, pain syndrome can delay recovery and extend the hospital stay. Due to the peripheral blockade of pain impulses, the cPNB provides adequate pain relief while maintaining the patient's consciousness. cPNB on the operated limb eliminates pain and significantly improves microcirculation, positively impacting regenerative processes in postoperative wounds. Ayzenberg VL et al (2014) confirmed that postoperative complications such as flap necrosis, severe swelling, pain, and contractures occur in 28.7-32.4% of hand injuries. The development of these complications is directly related to the microcirculatory status in injured tissues [3].

The brachial plexus is a complex anatomical structure crucial in providing nerve supply to the upper limb, shoulder, and chest (Fig.1). Owing to its complex form and longitudinal course, the

ков. Помимо дискомфорта, болевой синдром может увеличить сроки реабилитации и стационарного лечения. За счёт периферической блокады болевой импульсации ППБ обеспечивает адекватное обезболивание при сохранении сознания пациента. При использовании ППБ на оперируемой конечности, помимо устранения болевого синдрома, значительно улучшается микроциркуляция в оперируемых тканях, что оказывает положительное влияние на регенерационные процессы в области операции. Этот тезис подтверждается данными Айзенберга ВЛ и соавт., которые указывают, что в 28,7-32,4% травм кисти после хирургического вмешательства наступают такие осложнения, как некроз лоскутов, выраженный отёк и болевой синдром, развитие контрактур, которые напрямую зависят от состояния капиллярного кровотока в травмированных тканях [3].

Плечевое сплетение представляет собой сложную анатомическую структуру, выполняющую важную функцию: обеспечивающую иннервацию верхней конечности, плеча и верхней части грудной клетки (рис. 1). Из-за своей особой формы и продольного хода плечевое сплетение может быть сложно концептуализировать в трёх измерениях, что усложняет оценку в стандартных ортогональных плоскостях визуализации [6].

Для качественного проведения ППБ анестезиолог должен иметь точное представление о расположении всех «заинтересованных» анатомических образований, в том числе сосудов, нервов, уметь ориентироваться по взаимному расположению костных выступов и анатомических структур. Предварительный анализ литературы показал, что основной причиной неудачных блокад является отсутствие постоянных анатомо-топографических ориентиров и трудности с определением положения иглы в тканях. Визуализация анатомических ориентиров, при проведении анестезиологического пособия является базисом его эффективного и безопасного выполнения [7].

Существуют косвенные и прямые способы идентификации нервных образований. К косвенным способам относится метод с использованием нейростимулятора (рис. 2). При этом методе

brachial plexus can be challenging to conceptualize in three dimensions, which complicates evaluations in standard orthogonal imaging planes [6].

To perform effective cPNB, all relevant anatomical structures, including nerves and blood vessels, must be precisely located. It is also essential to navigate based on the relative positions of bone protrusions and other anatomical landmarks. Based on the analysis of the available literature, it was concluded that the primary cause of failed nerve blocks is the lack of permanent anatomical and topographic reference points and challenges in precisely determining the needle's location within the tissues. To carry out anesthesia safely and effectively, it is essential to visualize these anatomical landmarks throughout the procedure [7].

There are two methods to identify nerve structures: indirect and direct. One indirect method involves using a neurostimulator (Fig. 2) with a special needle for conduction anesthesia. The negative pole of the neurostimulator is attached to the needle, and the positive pole is fixed on the patient's body (Fig. 3). As the needle tip approaches the nerve fiber, the muscle response increases, and as it moves away from the nerve, the muscle response decreases.

Some experts suggest that the minimum muscle response occurs when the needle tip is as close as possible to the nerve fiber, with a current intensity of 0.5 mA and a pulse width of 0.1 ms. If the current intensity of 0.2 mA leads to muscle response, it indicates that the needle is directly in the nerve. The improper positioning of the needle may cause injury while administering anesthesia [8].

Ultrasound-guided navigation allows for direct visualization of anatomical structures, which enables accurate nerve blocks. This technique involves achieving adequate anesthesia by visualizing the positioning needle, the injection site, and the anatomical landmarks. As a result, conduction and PB complications can be prevented, and drug dosage can be reduced significantly (Fig. 4) [9].

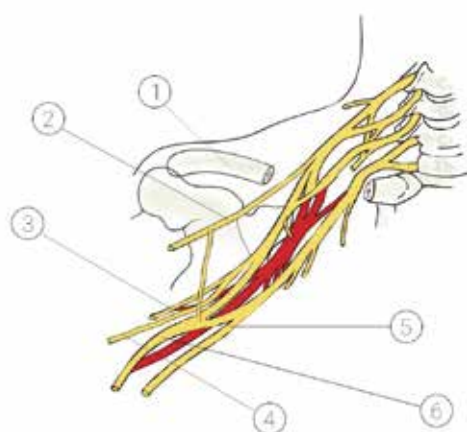


Рис. 1 Анатомия плечевого сплетения: 1 – ключица, 2 – подмышечный нерв, 3 – мышечно-кожный нерв, 4 – лучевой нерв, 5 – локтевой нерв, 6 – срединный нерв

Fig. 1 Anatomy of the brachial plexus: 1 – clavicle, 2 – axillary nerve, 3 – musculocutaneous nerve, 4 – radial nerve, 5 – ulnar nerve, 6 – median nerve



Рис. 2 Нейростимулятор «Stimuplex® HNS 12» (B. Braun Melsungen AG, Germany)

Fig. 2 Stimuplex® HNS 12 Nerve Stimulator (B. Braun Melsungen AG, Germany)

применяют специальную нейростимуляционную иглу для проводниковой анестезии. Отрицательный полюс нейростимулятора присоединяют к игле, а положительный фиксируют на теле пациента (рис. 3). При приближении кончика иглы к нервному волокну мышечный ответ возрастает, а при удалении от нерва, наоборот, уменьшается.

Существуют мнения, что при максимально близком расположении конца иглы по отношению к нервному волокну минимальный мышечный ответ возникает при параметрах стимуляции 0,5 мА и длительности импульса в 0,1 мс. При этом при стимуляции 0,2 мА и мышечном ответе можно говорить о том, что игла располагается непосредственно в нерве, и возникает риск травмирования при введении анестетика [8].

Для прямой визуализации анатомических структур используют ультразвуковую навигацию. Благодаря использованию такой техники можно добиться эффективной анальгезии за счёт непосредственной визуализации иглы, зоны введения анестетика и анатомо-топографических образований, что позволяет значительно снизить необходимую дозу препарата, а также избежать возможных осложнений проводниковых и плексусных блокад (рис. 4) [9].

Важным условием для успешного выполнения блокады является расположение ультразвукового датчика и иглы в одной плоскости, так как в этом случае игла будет видна по всей длине. Точная верификация положения иглы значительно облегчает проведение плексусной блокады [10].

Для проведения ППБ используются: игла-проводник, катетер, магистраль удлинительная инфузионная, антибактериальный фильтр. Для установки периферического катетера иглы используют как специализированные (катетер на игле в наборе для продлённой проводниковой анестезии) (рис. 5), так и эпидуральные иглы Туохи или специализированные иглы Туохи (рис. 6). Такие иглы можно использовать как проводник для постановки катетера к плечевому сплетению, при этом катетер будет отклоняться от линии хода иглы [11].



Рис. 3 Игла для проводниковой анестезии «Stimuplex® А» (B. Braun Melsungen AG, Germany)

Fig. 3 Insulated nerve block needle Stimuplex® A (B. Braun Melsungen AG, Germany)

The ultrasound beam and the needle tip must be positioned in the same imaging plane for a successful plexus blockade. This ensures that the entire length of the needle is visible, making it easier to verify its position accurately. Verification of the proper needle placement greatly facilitates the PB procedure [10].

Performing cPNB requires a guide needle, catheter, infusion extension line, and antibacterial filter. Specialized needles are used to place a peripheral catheter, including the catheter-over-needle assembly for prolonged conduction anesthesia, Tuohy epidural needles, or specialty Tuohy epidural needles. These needles permit easy catheter placement for continuous use while the catheter deviates from the axial of the needle [11].

There are different ways to access the brachial plexus, including interscalene, supraclavicular, subclavian, and axillary. The

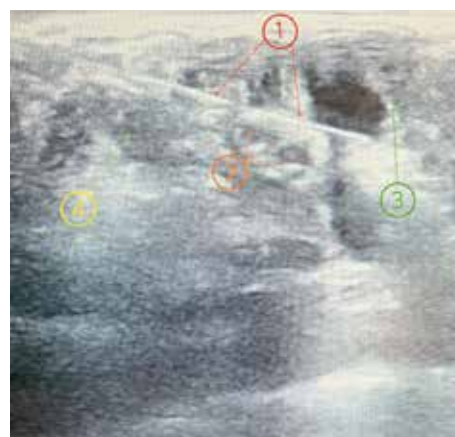


Рис. 4 Ультразвуковая картина контроля при блокаде плечевого сплетения получена с помощью ультразвуковой диагностической системы «Mindray M5» (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China). 1 – проводниковая игла, 2 – плечевое сплетение, 3 – передняя лестничная мышца, 4 – средняя лестничная мышца

Fig. 4 In-plane ultrasound image of a BPB showing the trajectory of the needle. 1 – Tuohy needle, 2 – brachial plexus, 3 – anterior scalene muscle, 4 – middle scalene muscle. Mindray M5 Diagnostic Ultrasound System (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China)



Рис. 5 Набор «Contiplex® D» (B. Braun Melsungen AG, Germany) для ППБ

Fig. 5 Contiplex® D Set (B. Braun Melsungen AG, Germany) for cPNB

Имеется несколько доступов к плечевому сплетению: межлестничный, надключичный, подключичный и подмышечный. Выбор нужного доступа для блокады плечевого сплетения, выбор местного анестетика и его дозы будут зависеть от места, объёма и продолжительности оперативного вмешательства, потребности в анальгезии в послеоперационном периоде, а также состояния пациента и имеющегося оснащения [12].

Подмышечная блокада является, пожалуй, самой простой и, в то же время, безопасной в плане осложнений. Проведение анестезии при аксиллярном доступе позволяет проводить оперативные вмешательства на локте, предплечье и кисти, но данный метод не используется для ППБ, в связи с неудобством постановки катетера в подмышечную область. ППБ может быть выполнена межлестничным, над- и подключичным доступами [13].

По данным Sahin MS et al (2019), впервые продлённая блокада с помощью катетерной технологии была использована при лечении острой и хронической боли Ансбро и соавторами в 1958 году с помощью надключичной техники [14].

ППБ межлестничным доступом позволяет проводить оперативные вмешательства на плече, акромиальном конце ключицы, верхней части плечевой кости. Наиболее распространёнными блокадами межлестничным доступом считаются техники по Винни и Мейер. Техника блокады заключается во введении раствора местного анестетика вдоль всех нервных стволов. При данном доступе глубина введения иглы обычно составляет 1,5-3 см. Ориентирами являются такие образования, как передняя и средняя лестничные мышцы, плечевое сплетение (рис. 7) [15].

ППБ межлестничным доступом, за счёт введения анестетика в установленный катетер, обеспечивает адекватную анальгезию в послеоперационном периоде. Однако, при выполнении блокады таким доступом, анестезиолог может ввести анестетик в позвоночную артерию, эпидуральное, субдуральное, субарахноидальное пространство. Возможна также блокада диафрагмального и возвратного гортанного нерва, а при блокаде звёздчатого узла возникает триада Горнера [15]. Чаще всего анестезиолог встречается с синдромом Горнера (частота встречаемости 80-100%), который, как правило, не имеет клинически значимых последствий, и симптомы которого купируются самостоятельно через какое-то время до регресса блокады [16]. Блокада диафрагмального нерва на стороне проведения регионального обезболивания является наиболее опасным осложнением,



Рис. 6 Набор «Contiplex® Tuohy» (B. Braun Melsungen AG, Germany) для ППБ

Fig. 6 Contiplex® Tuohy Set (B. Braun Melsungen AG, Germany) for cPNB

selection of the appropriate method for BPB, the proper dose, and the type of local anesthesia depends on several factors, including the location, duration, and extent of the surgery, the need for postoperative pain relief, the general health condition of the patient, and the availability of required equipment [12].

The axillary approach to the brachial plexus nerve block is a simple and safe anesthesia method with minimal complications. It is used for surgical interventions on the elbow, forearm, and hand. However, it is unsuitable for performing cPNB due to the inconvenience of placing a catheter in the axillary region. cPNB can be performed using the interscalene, supraclavicular, and infraclavicular approaches [13].

Sahin MS et al (2019) reported that Ansbro and colleagues performed the first cPNB using the catheter technique to treat acute and chronic pain in 1958 via the supraclavicular approach [14].

The interscalene approach to perform cPNB is commonly used for surgical procedures on the shoulder, acromial end of the clavicle, and upper part of the humerus. The Winnie and Meyer techniques are the most frequently used methods for performing interscalene blockades. A local anesthetic solution is injected along all nerve trunks during the procedure. The needle is typically inserted to a depth of 1.5-3 cm, using the anterior and middle scalene muscles and the brachial plexus as landmarks (Fig. 7) [15].

The interscalene approach for performing cPNB involves an anesthetic infusion via a catheter, providing effective pain relief in the postoperative period. However, there are potential complications involved with this approach, such as the possibility of injecting the anesthetic into the vertebral artery, epidural, subdural, or



Рис. 7 Ультразвуковая картина блокады плечевого сплетения межлестничным доступом получена с помощью ультразвуковой диагностической системы «Mindray M5» (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China). 1 – передняя лестничная мышца, 2 – средняя лестничная мышца, 3 – плечевое сплетение

Fig. 7 An ultrasound image of the BPB using the interscalene approach. 1 – anterior scalene muscle, 2 – middle scalene muscle, 3 – brachial plexus. Mindray M5 Diagnostic Ultrasound System (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China).

что в значительной мере снижает частоту использования данной методики [17].

ППБ надключичным доступом позволяет выполнять оперативные вмешательства на плечевой кости, локтевом суставе и кисти. Блокада плечевого сплетения надключичным доступом впервые была проведена Kulenkampff в 1911 г. [13].

Техника выполнения: в положении на спине проводят блокаду плечевого сплетения, под ультразвуковым контролем к плечевому сплетению проводят иглу Туохи (рис. 8).

Далее, через просвет иглы, к плечевому сплетению проводится катетер на расстояние не более 3 см от дистального конца иглы (рис. 9, 10).

При фиксации катетера предлагается использовать прозрачную адгезивную повязку, позволяющую ежедневно контролировать распространение местного анестетика [18]. К осложнениям, возникающим при проведении блокады плечевого сплетения надключичным доступом, относят повреждение купола плевры и лёгкого с развитием пневмоторакса, гемоторакса, а также возможно возникновение синдрома Горнера или блокада диафрагмального нерва [19].

Использование ППБ подключичным доступом позволяет обезболить оперативное вмешательство и реабилитационный период после выполнения манипуляций дистальнее средней трети плеча. Блокада плечевого сплетения подключичным доступом, предложенная Babitzki в 1918, является модификацией надключичного доступа по Kulenkampff. Правильное позиционирование имеет важное значение для блокады плечевого сплетения подключичным доступом. Обычно пациент занимает положение лёжа на спине. При отведении руки ключица смещается вниз, уходя в сторону от иглы. Если же рука опущена вдоль тела, то игла

subarachnoid space. The phrenic and recurrent laryngeal nerves may also be affected, and the stellate ganglion blockade can lead to Horner's triad. [15]. Horner's syndrome is a common complication with an incidence rate of 80-100%. However, symptoms of this syndrome usually resolve as the blockade regresses [16]. On the other hand, phrenic nerve palsy is a significant complication that potentially limits the use of regional anesthesia, particularly in high-risk patients [17].

Performing surgical interventions on the humerus, elbow joint, and hand is possible with a cPNB using a supraclavicular approach. Kulenkampff first used this technique in 1911 [13].

cPNB is performed with ultrasound guidance in the supine position to access the brachial plexus using a Tuohy needle (Fig. 8).

Subsequently, a catheter is directed through the Tuohy needle to reach the brachial plexus. The catheter should be threaded no more than 3 cm from the needle's distal end (Fig. 9, 10).

When performing a BPB using a supraclavicular approach, it is recommended to use transparent adhesive film dressings. This allows for daily monitoring of the spread of local anesthetic. Possible complications include damage to the dome of the pleura and lung, which can lead to the development of pneumothorax or hemothorax. Horner's syndrome or phrenic nerve block may also occur [19].

The subclavian approach for cPNB is suitable for rehabilitation after performing manipulations distal to the middle third of the shoulder. The infraclavicular approach for BPB was proposed by Babitzki in 1918 as a modification of the supraclavicular approach, according to Kulenkampff. Proper positioning is crucial in BPB via the infraclavicular approach. Usually, the patient is in a



Рис. 8 Позиция ультразвукового датчика ультразвуковой диагностической системы «Mindray M5» (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China) в надключичной области. 1 – ультразвуковой датчик, 2 – игла Туохи

Fig. 8 The setup for ultrasound guided the BPB. The patient is positioned supine, and the transducer is aligned in the supraclavicular region. 1 – ultrasonic sensor, 2 – Tuohy needle. Mindray M5 Diagnostic Ultrasound System (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China)



Рис. 9 Проведение катетера через просвет иглы Туохи из набора Perifix ONE (B. Braun Melsungen AG, Germany). 1 – катетер, 2 – игла Туохи

Fig. 9 The catheter is directed through the Tuohy needle of Perifix® ONE set (B. Braun Melsungen AG, Germany). 1 – catheter, 2 – Tuohy needle



Рис. 10 Ультразвуковая картина проведённого к плечевому сплетению катетера получена с помощью ультразвуковой диагностической системы «Mindray M5» (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China). 1 – катетер, 2 – плечевое сплетение

Fig. 10 An ultrasound image of a catheter placed to the brachial plexus. 1 – catheter, 2 – brachial plexus. Mindray M5 Diagnostic Ultrasound System (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co., Ltd, China)

упрётся в ключицу. Позиционирование ультразвукового датчика в подключичной области производится в парасагитальной плоскости под ключицей. Однако, при указанном расположении возрастает риск возникновения пневмоторакса и повреждения лёгких в сочетании с отсутствием анестезии области плечевого сустава ввиду глубокого расположения нервных стволов [20].

При выборе метода анестезии необходимо учитывать методики, при которых, анальгезия в интра- и послеоперационном периодах наиболее эффективна, а влияние на системы жизнеобеспечения и гомеостаз наиболее минимальны [2].

Таким образом, можно заключить, что ППБ, за счёт периферической блокады болевой импульсации позитивно влияет на результаты лечения, обеспечивая эффективное обезболивание в периоперационном периоде, способствуя быстрой реабилитации пациентов, что в значительной степени сокращает продолжительность стационарного лечения.

supine position. When the arm is abducted, the clavicle moves downwards, away from the needle. If the arm is lowered along the body, the needle will be up against the clavicle. The ultrasound sensor must be positioned in the subclavian region in the parasagittal plane under the clavicle. However, it needs to be noted that this location poses a higher risk of pneumothorax and lung damage. In addition, due to the deep location of the nerve trunks, there may be insufficient anesthesia in the shoulder joint area [20].

When selecting an anesthesia method, it is crucial to consider the most effective techniques for pain management during the intra- and postoperative periods while minimizing the impact on vital organs and homeostasis [2].

Therefore, we can infer that peripheral blockade of pain, achieved through cPNB, benefits treatment outcomes. This includes providing effective pain relief during the perioperative period and promoting rapid rehabilitation of patients. As a result, the length of hospital stay is significantly reduced.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаряев РВ. Стратегия периоперационного регионарного обезболивания. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2016;10(4):220-30. <https://doi.org/10188.21/1993-6508-10-4-220-230>
2. Оруджева СА, Звягин АА, Агафонова СИ, Усу Олаку ВЮ, Герасимова ЮА. Анестезия у больных с хирургической инфекцией. Выбор метода. *Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченко*. 2014;1:24-30.
3. Айзенберг ВЛ, Ульрих ГЭ, Цыпин ЛЕ, Заболотский ДВ. Продлённые периферические и центральные блокады в послеоперационном периоде. Отдельные главы из монографии: «Регионарная анестезия в педиатрии». *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2014;8(4):41-9. <https://doi.org/10.17816/RA36251>
4. Clifford SP, Maggard BD, Hines KM. Prolonged continuous infraclavicular brachial plexus perineural infusion following replantation of a mid-humeral amputation. *SAGE Open Med Case Rep*. 2019;7:2050313X18823094. <https://doi.org/10.1177/2050313X18823094>
5. Сатвалдиева ЭА., Сабиров ДМ. Регионарная анестезия у детей: современное состояние и решение проблемы. *Вестник экстренной медицины*. 2009;10(4):5-10.

REFERENCES

1. Garyaev RV. Strategiya perioperatsionnogo regionarnogo obezbolivaniya [Strategy for perioperative regional anesthesia]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli*. 2016;10(4):22-30. <https://doi.org/10188.21/1993-6508-10-4-220-230>
2. Orudzheva SA, Zvyagin AA, Agafonova SI, Usu Olaku VYu, Gerasimova YuA. Anesteziya u bol'nykh s khirurgicheskoy infektsiei. Vybora metoda [Anesthesia in patients with surgical infection. Choice of method]. *Rany i ranevye infektsii. Zhurnal im. prof. B.M. Kostyuchyonka*. 2014;1:24-30.
3. Ayzenberg VL, Ulrikh GE, Tsylin LE, Zabolotskiy DV. Prodlionnye perifericheskie i tsentral'nye blokady v posleoperatsionnom periode. Otdel'nye glavy iz monografii «Regionarnaya anesteziya v pediatrii» [Prolonged peripheral and central blocks in the postoperative period. Separate chapters from the monograph "Regional anesthesia in pediatrics"]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli* 2014;8(4):41-9. <https://doi.org/10.17816/RA36251>
4. Clifford SP, Maggard BD, Hines KM. Prolonged continuous infraclavicular brachial plexus perineural infusion following replantation of a mid-humeral amputation. *SAGE Open Med Case Rep*. 2019;7:2050313X18823094. <https://doi.org/10.1177/2050313X18823094>
5. Satvaldieva EA, Sabirov DM. Regionarnaya anesteziya u detey: sovremennoe sostoyanie i reshenie problemy [Regional anesthesia in children: The current state and solution of the problem]. *Vestnik ekstreynoy meditsiny*. 2009;10(4):5-10.

6. Gilcrease-Garcia BM, Deshmukh SD, Parsons MS. Anatomy, imaging, and pathologic conditions of the brachial plexus. *Radiographics*. 2020;40(6):1686-714. <https://doi.org/10.1148/rg.2020200012>
7. Светлов ВА, Козлов СП, Зайцев АЮ, Ващинская ТВ, Крайник ВМ. Периферические блокады в пластической и реконструктивной хирургии: современные тенденции и перспективы. *Анестезиология и реаниматология*. 2013;2:44-9.
8. Левченко ОК. Проблемы обезболивания у пациентов с заболеваниями крови. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2015;9(1):5-13.
9. Заболотский ДВ, Малашенко НС, Маньков АВ. Ультразвуковая навигация инвазивных манипуляций в анестезиологии. *Сибирский медицинский журнал*. 2012;113(6):15-20.
10. Заболотский ДВ, Ульрих ГЭ, Малашенко НС, Кулев АГ. Ультразвук в руках анестезиолога – эксклюзив или рутина? *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2012;6(1):5-10.
11. Marhofer P, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia: Current concepts and future trends. *Regional Anesthesia*. 2007;104:265-9. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000260614.32794.7b>
12. Cho CH, Song KS, Min BW, Jung GH, Lee YK, Shin HK. Efficacy of interscalene block combined with multimodal pain control for postoperative analgesia after rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(2):542-7. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2272-3>
13. Загреков ВИ. Выбор техники блокады плечевого сплетения при операциях на верхних конечностях. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2008;2(3):49-57.
14. Sahin MS, Cakmak G, Birtay T. Comparison of single-dose infraclavicular brachial plexus block and continuous infraclavicular brachial plexus block applications in the treatment of finger amputations. *J Hand Microsurg*. 2019;11(3):134-9. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1681115>
15. Сафронов НФ, Кравцов СА, Власов СВ. Новый способ межлестничной блокады плечевого сплетения. *Анестезиология и реаниматология*. 2008;2:49-57.
16. Овечкин АМ, Политов МЕ, Морозов ДВ. Неврологические осложнения регионарной анестезии. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2018;12(1):6-14. <https://doi.org/10.18821/1993-6508-2018-12-1-6-14>
17. Крылов СВ, Пасечник ИН, Капырина МВ. Результаты оценки безопасности использования продлённой проводниковой анальгезии плечевого сплетения межлестничным доступом при артроскопических операциях на плечевом суставе. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. 2019;2(6):147-51.
18. Marhofer P. Ultrasound guidance in regional anaesthesia: Principles and practical implementation. Oxford University Press; 2010. pp. 57-62.
19. Царёв АП, Тарасов АН, Куренков ЕЛ, Недзвецкий СВ. Возможные осложнения проводниковой анестезии плечевого сплетения. *Вестник ЮУрГУ*. 2012;28:73-8.
20. Ревенко ТА, Поспелов ЛС. Анестезия плечевого сплетения при лечении вывихов и переломов костей верхней конечности в амбулаторной практике. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1969;1:40-2.
6. Gilcrease-Garcia BM, Deshmukh SD, Parsons MS. Anatomy, imaging, and pathologic conditions of the brachial plexus. *Radiographics*. 2020;40(6):1686-714. <https://doi.org/10.1148/rg.2020200012>
7. Svetlov VA, Kozlov SP, Zaytsev AYU, Vashchinskaya TV, Kraynik VM. Perifericheskie blokady v plasticheskoy i rekonstruktivnoy khirurgii: sovremennye tendentsii i perspektivy [Peripheral blocks in plastic and reconstructive surgery: Current trends and perspectives]. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2013;2:44-9.
8. Levchenko OK. Problemy obezbolivaniya u patsientov s zabolevaniyami krovi [Problems of anesthesia in patients with blood diseases]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli*. 2015;9(1):5-13.
9. Zabolotskiy DV, Malashenko NS, Mankov AV. Ul'trazvukovaya navigatsiya invazivnykh manipulyatsiy v anesteziologii [Ultrasound navigation of invasive manipulations in anesthesiology]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2012;113(6):15-20.
10. Zabolotskiy DV, Ulrikh GE, Malashenko NS, Kulev AG. Ul'trazvuk v rukakh anesteziologa – eksklyuziv ili rutina? [Ultrasound in the hands of an anesthesiologist – exclusive or routine?]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli*. 2012;6(1):5-10.
11. Marhofer P, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia: Current concepts and future trends. *Regional Anesthesia*. 2007;104:265-9. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000260614.32794.7b>
12. Cho CH, Song KS, Min BW, Jung GH, Lee YK, Shin HK. Efficacy of interscalene block combined with multimodal pain control for postoperative analgesia after rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(2):542-7. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2272-3>
13. Zagrekov VI. Vybor tekhniki blokady plechevogo spleteniya pri operatsiyakh na verkhnikh konechnostyakh [The choice of technique for blockade of the brachial plexus during operations on the upper limbs]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli*. 2008;2(3):49-57.
14. Sahin MS, Cakmak G, Birtay T. Comparison of single-dose infraclavicular brachial plexus block and continuous infraclavicular brachial plexus block applications in the treatment of finger amputations. *J Hand Microsurg*. 2019;11(3):134-9. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1681115>
15. Safronov NF, Kravtsov SA, Vlasov SV. Novyy sposob mezhlestnichnoy blokady plechevogo spleteniya [A new method of interscalene blockade of the brachial plexus]. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2008;2:49-57.
16. Ovechkin AM, Polotov ME, Morozov DV. Nevrologicheskie oslozhneniya regionarnoy anestezii [Neurological complications of regional anesthesia]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli*. 2018;12(1):6-14. <https://doi.org/10.18821/1993-6508-2018-12-1-6-14>
17. Krylov SV, Pasechnik IN, Kapryrina MV. Rezul'taty otsenki bezopasnosti ispol'zovaniya prodlyonnoy provodnikovoy anal'gezii plechevogo spleteniya mezhllestnichnym dostupom pri artroskopicheskikh operatsiyakh na plechevom sustave [The results of the safety assessment of the use of extended brachial plexus conduction analgesia by interlateral access during arthroscopic shoulder joint surgery]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Estestvennyye i tehnicheckie nauki*. 2019;2(6):147-51.
18. Marhofer P. Ultrasound guidance in regional anaesthesia: Principles and practical implementation. Oxford University Press. 2010. pp. 57-62.
19. Tsaryov AP, Tarasov AN, Kurenkov EL, Nedzvetskiy SV. Vozmozhnye oslozhneniya provodnikovoy anestezii plechevogo spleteniya [Possible complications of brachial plexus conduction anesthesia]. *Vestnik YuUrGU*. 2012;28:73-8.
20. Revenko TA, Pospelov LS. Anesteziya plechevogo spleteniya pri lechenii vyvikhov i perelomov kostey verkhney konechnosti v ambulatornoy praktike [Anesthesia of the brachial plexus in the treatment of dislocations and fractures of the bones of the upper limb in outpatient practice]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*. 1969;1:40-2.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ямщиков Олег Николаевич, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом травматологии, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина; главный врач, Городская клиническая больница г. Котловска
 ORCID ID: 0000-0001-6825-7599
 SPIN-код: 9115-2547
 E-mail: yamschikov.oleg@yandex.ru



AUTHORS' INFORMATION

Yamshchikov Oleg Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Hospital Surgery with a Course of Traumatology, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University; Chief Physician, Kotovsk City Clinical Hospital
 ORCID ID: 0000-0001-6825-7599
 SPIN: 9115-2547
 E-mail: yamschikov.oleg@yandex.ru

Марченко Александр Петрович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина; заведующий отделением анестезиологии и реанимации, Городская клиническая больница г. Котловска
ORCID ID: 0000-0002-9387-3374
SPIN-код: 9253-4117
E-mail: sashamarchen@mail.ru

Емельянов Сергей Александрович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина; заместитель главного врача по медицинской части, Городская клиническая больница г. Котловска
ORCID ID :0000-0002-5550-4199
SPIN-код: 4368-8660
E-mail: cep_a@mail.ru

Иванова Ольга Дмитриевна, врач анестезиолог-реаниматолог, Городская клиническая больница № 3 им. И.С. Долгушина
ORCID ID: 0000-0002-4895-8600
SPIN-код: 5800-8948
E-mail: olg.dmi@mail.ru

Марченко Руслан Александрович, врач анестезиолог-реаниматолог, Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военно-клинический госпиталь им. А.А. Вишневого
ORCID ID: 0000-0003-4933-3298
SPIN-код: 4790-3415
E-mail: gibsonrus@mail.ru

Игнатова Светлана Алексеевна, врач ординатор анестезиолог-реаниматолог кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
ORCID ID:0000-0003-4223-5038
E-mail: ignatowa.svet2015@ya.ru;

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Иванова Ольга Дмитриевна
врач анестезиолог-реаниматолог, Городская клиническая больница № 3 им. И.С. Долгушина

392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Карла Маркса, д. 234/365
Тел.: +7 (980) 7836053
E-mail: olg.dmi@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайн исследования: ЯОН, ЕСА
Сбор материала: МАП, ИСА
Анализ полученных данных: МАП, ИОД, МРА, ИСА
Подготовка текста: МАП, ИОД, МРА
Редактирование: ЯОН, ЕСА
Общая ответственность: ЯОН, ЕСА

Поступила 11.04.23
Принята в печать 23.11.23

Marchenko Aleksandr Petrovich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Hospital Surgery with a Course of Traumatology, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University; Head of Anesthesiology and Intensive Care Department, Kotovsk City Clinical Hospital

ORCID ID: 0000-0002-9387-3374
SPIN: 9253-4117
E-mail: sashamarchen@mail.ru

Emelyanov Sergey Aleksandrovich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Hospital Surgery with a Course of Traumatology, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University; Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Kotovsk City Clinical Hospital

ORCID ID :0000-0002-5550-4199
SPIN: 4368-8660
E-mail: cep_a@mail.ru

Ivanova Olga Dmitrievna, Anesthesiologist-Resuscitator, I.S. Dolgushin Clinical Hospital № 3
ORCID ID: 0000-0002-4895-8600
SPIN: 5800-8948
E-mail: olg.dmi@mail.ru

Marchenko Ruslan Aleksandrovich, Anesthesiologist-Resuscitator, National Medical Research Center for High Medical Technologies – Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky

ORCID ID: 0000-0003-4933-3298
SPIN: 4790-3415
E-mail: gibsonrus@mail.ru

Ignatova Svetlana Alekseevna, Resident Anesthesiologist-Resuscitator of the Department of Hospital Surgery with the course of Traumatology, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University

ORCID ID: 0000-0003-4223-5038
E-mail: ignatowa.svet2015@ya.ru;

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Ivanova Olga Dmitrievna
Anesthesiologist-Resuscitator, I.S. Dolgushin Clinical Hospital № 3

392000, Russian Federation, Tambov, Karl Marx str., 234/365
Tel.: +7 (980) 7836053
E-mail: olg.dmi@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: YaON, ESA
Data collection: MAP, ISA
Analysis and interpretation: MAP, IOD, MRA, ISA
Writing the article: MAP, IOD, MRA
Critical revision of the article: YaON, ESA
Overall responsibility: YaON, ESA

Submitted 11.04.23
Accepted 23.11.23