

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ КОНТРОЛЕМ

Р. В. БУБНОВ, проф. Р. Я. АБДУЛЛАЕВ

*Клиническая больница «Феофания» Государственного управления делами, Киев  
Харьковская медицинская академия последипломного образования*

**Разработаны критерии сонографической визуализации нервов и методики регионарной анестезии с оригинальными модификациями. Представлены методологические аспекты выполнения регионарной анестезии под ультразвуковым контролем, основанные на собственном опыте и современных взглядах на проблему в мировой литературе.**

*Ключевые слова: ультразвуковая визуализация периферических нервов, блокады нервов, регионарная анестезия под ультразвуковым контролем.*

За последнее десятилетие за счет стремительного развития ультразвуковых технологий произошла революция на рубеже специальностей анестезиологии и клинической визуализации, которая позволила получать качественную информацию о состоянии мягких тканей без потери клинического контакта с пациентом. Речь идет о создании нового консенсуса в сонографии нервов и регионарной анестезии на принципах доказательной медицины и постоянной его модификации и совершенствования. Регионарную анестезию как самостоятельный вид обезболивания или компонент комбинированной анестезии считают методом выбора у пациентов пожилого и старческого возраста [1]. Разработка эффективного способа обеспечения высокой точности регионарной анестезии, предупреждения неудач и осложнений является весьма актуальной проблемой. Существенное снижение степени этих осложнений возможно при применении методов верификации во время выполнения регионарной анестезии под ультразвуковым (УЗ) контролем.

В 1978 г. La Grange и соавт. [2] впервые сообщили об использовании доплеровского детектора кровотока при выполнении блокады плечевого сплетения. В 1994 г. Kargal и соавт. [3] опубликовали первую работу об применении прямой сонографической визуализации в регионарной анестезии (надключичная блокада плечевого сплетения) с оценкой распространения анестетика. До этого были единичные публикации о сонографии периферической нервной системы. Сегодня сонографический контроль регионарной анестезии в странах Европы и Северной Америки приобретает статус «золотого стандарта», основываясь на следующих постулатах: 1) нет необходимости обращаться к другим лучевым методам, когда есть возможность выполнить манипуляцию под эффективной УЗ визуализацией; 2) УЗ визуализация является единственным возможным методом верификации оптимального положения иглы и распространения анестетика, обеспечения безопасности проведения

блокады; 3) ключом для достижения эффективной анестезии является клиническое понимание УЗ анатомии нервных структур; 4) блокада нерва достигается не иглой, а действием локального анестетика [4].

При выполнении регионарной анестезии по ранее существующим «слепым» методикам эти принципы не учитываются, положение иглы сопоставляется исключительно с типичными анатомическими ориентирами или ощущениями прохождения иглы через фасции. Поэтому уровень осложнений при таких методиках является довольно существенным, что снижает популярность регионарной анестезии [5]. В отдельных случаях при ограничении использования нейростимулятора (переломы, выраженный болевой синдром) УЗ контроль может быть единственным способом верификации нерва и выполнения регионарной анестезии. За последнее десятилетие корректность проведения методик с самостоятельным применением нейростимулятора также подвергается ревизии, поскольку они несут дополнительный риск для прямого повреждения во время пункции [6, 7]. УЗ визуализация является единственным возможным методом верификации оптимального положения иглы и распространения анестетика, обеспечивает безопасность проведения блокады [8]. Кроме того, дозу анестетика можно существенно снизить при сохранении эффекта блокады.

В Украине принцип УЗ визуализации нервов для выполнения блокад является новым, практически не изученным, так как оригинальных исследований не проводилось, а методика до настоящего исследования не получила широкого распространения. Предварительно были проведены исследования по выполнению сонографии нервных корешков шейного, поясничного отдела Р. Я. Абдуллаевым и соавт. [9].

Современная проводниковая анестезия основывается на следующих принципах: безопасность, доказательность, эффективность и сочетание с другими методами анестезии.

*Показаниями* к проведению регионарной анестезии под контролем УЗИ являются: операции на нижних и верхних конечностях; послеоперационная анальгезия с целью ранней мобилизации и реабилитации; программируемое продолжительное обезболивание; диагностические и лечебные блокады; высокий анестезиологический риск общей анестезии.

К *противопоказаниям (абсолютным)* относятся: отказ пациента; инфекция места пункции; полная блокада проводящей системы сердца; аллергическая реакция; нарушения свертываемости крови (коагулопатии); эпилепсия.

*Противопоказаниями (относительными)* следует считать: нарушение функции печени, почек; обморок, расстройства психики; неврологические нарушения.

*Условиями проведения процедуры* являются: венозный доступ по принципу «no vein — no block», а также оборудование, медикаментозное оснащение, необходимое для сердечно-легочной реанимации — купирования анафилактических реакций, шока, восстановления проходимости дыхательных путей, искусственной вентиляции легких.

Задача электронейростимуляции — получить направленный моторный ответ при раздражении определенного нерва. *Преимущества регионарной анестезии* под УЗ контролем заключается в следующем [8, 9]: прямой визуализации нерва и окружающих анатомических структур (сосудов, мышц, костей, сухожилий), что облегчает идентификацию нерва; визуализации иглы и распространения анестетика (прямая и косвенная визуализация); предотвращении побочных эффектов — интраневрального ввода и пункции сосуда; уменьшении количества пункций (почти в 100% случаев визуализации выполняется лишь одна пункция) и дозы анестетика; более быстром эффекте и возможности эффективной пролонгированной анестезии с установкой катетера.

В отдельных случаях УЗ контроль может быть единственным способом верификации нерва, когда ограничено использование нейростимулятора (при переломах, выраженном болевом синдроме).

Все перечисленные преимущества повышают качество анестезии.

Условным ограничением региональной анестезии под УЗ контролем является затруднение эпидуральной, спинномозговой анестезии из-за появления акустических теней от костных структур. Однако появляются новые публикации на эту тему, которые демонстрируют возможность оптимизации УЗ контроля таких видов анестезии [10, 11]. Качество проведения анестезии, ее визуальный контроль при УЗИ непосредственно зависит от технических возможностей и навыков специалистов [8]. *Основными принципами идентификации нерва* являются: знание расположения нерва; оценка взаимоотношения нерва с окружающими структурами (синтопия); системное сканирование нерва «в реальном времени» в поперечном и продольном

сканах; этапы (приемы) визуализации нерва; локация нерва по принципам анатомии; движение трансдюсера — поиск нерва; настройка аппаратуры для улучшения визуализации нерва.

Сонография высокого разрешения (high-resolution ultrasound — HRUS) определяется техническими возможностями датчика (частота 5–12 МГц), наличием цветного и энергетического доплера, функции мультифокуса; тканевой гармоникой; программы для сонографии мышечной ткани, нервов, пункции нервов; возможности регистрации видеoinформации, ее переноса, обработки, архивирования для последующего анализа, корректного протоколирования.

Методика регионарной анестезии под УЗ контролем не требует специальной подготовки. Chan и соавт. [12] считают, что седалищный нерв шириной до 17 мм, залегающий на глубине до 8 см, можно визуализировать с помощью конвексного датчика частотой 2–5 МГц, хотя другие исследователи указывают на необходимость применения высокочастотных датчиков даже для глубоко расположенных нервов с целью их четкого дифференцирования от окружающих структур. С помощью конвексного датчика сложно различить, например, седалищный нерв и сухожилие длинной головки m. biceps femoris. При проксимальной блокаде седалищного нерва из-за выраженной варибельности взаимоотношения с грушевидной мышцей сканированием на низких частотах датчика невозможно точно идентифицировать нервные структуры [4]. Глубина залегания большинства нервов достигает от 3 до 7 см, что соответствует возможной глубине установки фокусного расстояния в высокочастотных датчиках [8]. Мы считаем оптимальной частоту около 8–10 МГц, однако не исключаем возможности использования мультичастотных конвексных датчиков.

Визуализация нерва проводится в три этапа.

*I этап* — поиск нерва, который начинается с зоны его типичного расположения. Периферические нервные стволы состоят из миелиновых и безмиелиновых нервных волокон и соединительнотканых оболочек. Между нервными волокнами в составе нервного ствола есть тонкие прослойки соединительной ткани — эпинеурий. Пучки волокон покрыты перинеурием. На эхограмме периферийная нервная ткань имеет среднюю эхогенность и линейную структуру, состоящую из множества параллельно расположенных тонких линейных элементов, соответствующих волокнам нерва. На уровне периферических нервов формируются множественные отдельные мелкие пучки, окруженные эпи- и перинеурием, которые при сонографическом исследовании имеют повышенную эхогенность, поэтому периферические нервы на поперечной эхограмме приобретают сотовое строение (рис. 1). Повышенную эхогенность нервам дают их соединительнотканые элементы. Такой тип структуры называется «фасцикулярным паттерном», он является типичным для крупных

нервов (бедренного, седалищного). После визуальной идентификации нерва другие анатомические ориентиры становятся второстепенными.

*II этап* — это системное сканирование нерва «на протяжении» в поперечном и продольном срезах. После идентификации его типовой сотовой структуры проводят настройку аппарата для улучшения визуализации нерва. После обнаружения продолговатого образования с типичным фасцикулярным строением проводится поперечное сканирование исследуемой области, смещая датчик вверх и вниз, прослеживая нерв на всем протяжении. При изменении наклона датчика возникает эффект анизотропии, который может ухудшить визуализацию позади расположенных структур (рис. 2). Обследование проводят на симметричных зонах с обеих сторон, сравнивается структура, выраженность сотового строения. На эхограмме нервы и сухожилия похожи. При их дифференциации нужно учитывать, что сухожилие имеет однородное фибриллярное строение повышенной эхогенности и переход в мышцу. При движении нервы более пассивные, а сухожилие меняет положение [13]. Гиперэхогенная внешняя оболочка нерва визуализируется четче, когда она непосредственно прилегает к более гипоэхогенным тканям (мышцы, сосуды) и уменьшается, когда окружена жировой тканью за счет снижения контрастности и повышения звукопоглощения.

*III этап* — настройка аппарата для оптимальной визуализации, оценки структуры нерва, выбора оптимального места для проведения блока. Необходима правильная установка фокуса, где исследуемый нерв располагается на фокусном расстоянии датчика; целесообразно использовать функцию мультифокуса при относительной статичности обследования. Используются дополнительные режимы — доплерография для идентификации положения параневральных сосудов, режим многоугольного сканирования, позволяющий четко дифференцировать структуру нерва за счет реконструкции полученного изображения, зарегистрированного под многими углами одновременно. Соноэластография — современная методика, которая проводит анализ плотности исследуемых тканей с помощью УЗ луча. По нашим данным, плотность нервов превышает плотность



Рис. 1. Типичный вид нерва при УЗИ — нерв повышенной эхогенности с гипоэхогенными пятнами (фасцикулярный паттерн)

окружающих тканей. Трехмерная сонография не имеет существенной диагностической ценности для оценки состояния нерва, но в некоторых ситуациях помогает лучше воспринимать его пространственное расположение.

После получения максимально качественного изображения поперечного сечения нерва оценивают глубину его залегания, измеряют площадь сечения. Измерение площади поперечного среза нерва можно проводить методом трассирования [14].

Визуализация иглы является ключевым требованием для успешного и безопасного УЗ введения блока периферических нервов. Игла визуализируется в виде гиперэхогенной структуры с дистальной акустической тенью. Положение иглы определяется на продольных и поперечных эхограммах — на первой определяется длинная ось, расстояние до объекта, на второй видны только кончик иглы и тень от него.

Проводниковая анестезия под сонографическим контролем проводится методом «свободной руки». Прием «ART» для пункции методом «свободной руки» [15] для in plane сканирования включает Alignment (A) — выравнивание, Rotation (R) — ротация, Tilting (T) — наклон. Оптимизация визуализации иглы показывает, что лучше всего видны толстые иглы (17 G) при наклоне  $45^\circ$  [16]. Иглы меньше 22 G плохо видны, их можно применять при поверхностных блоках, когда визуализируется лишь тень от иглы. Предлагается оценивать качество видимости иглы при УЗИ по 6 критериям: 1) видимость иглы; 2) видимость окружающих тканей; 3) эхогенность поверхности иглы; 4) наличие артефактов; 5) интенсивность акустической тени за иглой и 6) идентификация иглы от окружающих структур. Maesken T. et al. [17] обнаружили некоторые различия между разными типами игл при введении в ткани под углом  $45^\circ$ . В клинической практике необходимо введение иглы под углом  $30-60^\circ$  (рис. 3–5).

При проведении проводниковой анестезии возникают некоторые проблемы. Одной из них является трудность постоянной длительной визуализации положения иглы [18]. В таких случаях периодически нужно слегка двигать иглу и вводить минимальную порцию жидкости (анестетика), которая легко будет визуализироваться

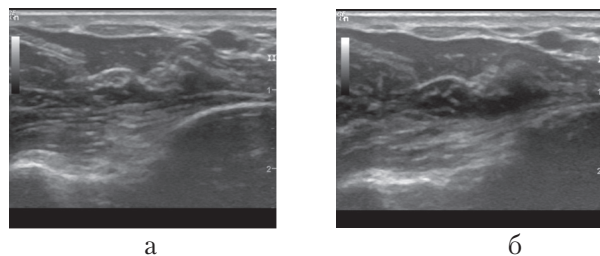


Рис. 2. Эффект анизотропии, возникающий при наклоне датчика: а — нерв визуализируется (стрелка), б — потеря предыдущего строения из-за анизотропии (стрелка)

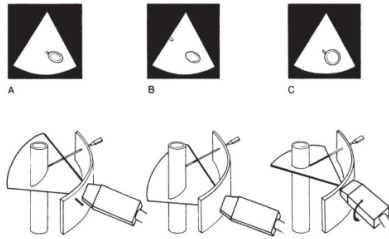


Рис. 3. Схема визуализации иглы по методу «свободной руки»

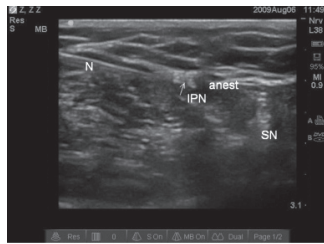


Рис. 4. Эхограмма введения иглы «in plane»

в цветном доплеровском режиме. Например, инъекция до 5–10 мл жидкости (физраствора) помогает верифицировать положение иглы, а также выделить от фасций сухожилий мелкие нервы. Такой прием называется гидропрепарированием



Рис. 5. Введение иглы «in plane»

и является полезным при блокадах мелких нервов, например nn. ilioinguinalis и iliohypogastricus, n. saphenus и т. д.

Таким образом, литературные данные и наш собственный опыт демонстрируют доступность и эффективность регионарной анестезии под навигацией ультразвуковых лучей. Если имеется возможность выполнить манипуляцию с помощью ультразвуковой визуализации, то нет необходимости использовать другие методы. Относительные ограничения данного метода проявляются при проведении эпидуральной, спинномозговой анестезии из-за появлений акустических теней от костных структур, которые затрудняют постоянную визуализацию иглы.

#### Литература

1. Metzler H. Hat das Alter Einfluss auf die Wahl des Narkoseverfahrens? // Der geriatrische Patient in der Anästhesie / Hrsgb von K. van Ackern, W. F. List, M. Albrecht.— Berlin: Springer-Verlag, 1991.— P. 45–52.
2. La Grange P, Foster P. A., Pretorius L. K. Application of the Doppler ultrasound blood-flow detector in supraclavicular brachial plexus block // Br. J. Anaesth.— 1978.— Vol. 50.— P. 965–697.
3. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus / S. Kapral, P. Krafft, K. Eibenberger et al. // Anesth. Analg.— 1994.— Vol. 78.— P. 507–513.
4. Piriformis syndrome: Anatomic considerations, a new injection technique, and a review of the literature / H. T. Benzon, J. A. Katz, H. A. Benzon, M. S. Iqbal // Anesthesiology.— 2003.— Vol. 98.— P. 1442–1448.
5. Jöhr M., Sossai R. Colonic puncture during ilioinguinal nerve block in a child // Anesth. Analg.— 1999.— Vol. 88.— P. 1051–1052.
6. Brown A. R. Ultrasound versus peripheral nerve stimulator for peripheral nerve blockade // Revista Mexicana de Anestesiología.— 2008.— Vol. 31, № 1.— P. 79–84.
7. Ultrasound Guidance Versus Electrical Stimulation for Femoral Perineural Catheter Insertion / R. Mariano Edward, J. Loland Vanessa, S. Sandhu NavParkash et al. // J. Ultrasound. Med.— 2009.— Vol. 28.— P. 1453–1460.
8. Marhofer P. Ultrasound guidance in regional anaesthesia // British J. of Anaesthesia.— 2005.— Vol. 94 (1).— P. 7–17.
9. Абдуллаев Р. Я., Гапченко В. В., Пономаренко С. О. Ультразвуковая диагностика гриж міжхребцевих дисків шийного відділу хребта // УРЖ.— 2006.— № 14.— С. 419–422.
10. Efficacy of ultrasound imaging in obstetric epidural anesthesia / T. Grau, R. W. Leipold, R. Conradi et al. // J. Clin. Anesth.— 2002.— Vol. 14.— P. 169–175.
11. Ultrasound imaging of the thoracic epidural space / T. Grau, R. W. Leipold, S. Delorme et al. // Reg. Anaesth. Pain. Med.— 2002.— Vol. 27.— P. 200–206.
12. Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve: A volunteer study / V. W. S. Chan, H. Nova, S. Abbas et al. // Anesthesiology.— 2006.— Vol. 104.— P. 309–314.
13. Ultrasound anatomy of the sciatic nerve of the thigh / W. Grechenig, H. G. Clement, G. Peicha et al. // Biomed. Tech. (Berl.).— 2000.— Vol. 45.— P. 298–303.
14. Watanabe T. Sonographic Evaluation of the Median Nerve in Diabetic Patients // J. Ultrasound. Med.— 2009.— Vol. 28.— P. 727–734.
15. Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus / G. Retzl, S. Kapral, M. Greher, W. Mauritz // Anesth. Analg.— 2001.— Vol. 92.— P. 1271–1275.
16. Schafhalter-Zoppoth I., McCulloch C. E., Gray A. T. Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block: an in vitro study // Reg. Anesth. Pain. Med.— 2004.— Vol. 29.— P. 480–488.
17. Maecken T., Zenz M., Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia // Reg. Anesth. Pain. Med.— 2007.— Vol. 32 (5).— P. 440–447.
18. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents / B. D. Sites, J. D. Gallagher, J. Cravero et al. // Reg. Anesth. Pain. Med.— 2004.— Vol. 29.— P. 544–548.

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОВЕДЕННЯ РЕГІОНАРНОЇ АНЕСТЕЗІЇ ПІД УЛЬТРАЗВУКОВИМ КОНТРОЛЕМ

Р. В. БУБНОВ, Р. Я. АБДУЛЛАЄВ

Розроблено критерії сонографічної візуалізації нервів і методики регіонарної анестезії з оригінальними модифікаціями. Представлено методологічні аспекти виконання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, що засновані на власному досвіді та сучасних поглядах на проблему у світовій літературі.

*Ключові слова: ультразвукова візуалізація периферичних нервів, блокада нервів, регіонарна анестезія під ультразвуковим контролем.*

## MAIN PRINCIPLES OF REGIONAL ANESTHESIA UNDER ULTRASOUND CONTROL

R. V. BUBNOV, R. Ya. ABDULLAYEV

Criteria of sonographic visualization of the nerves as well as a technique for regional anesthesia with original modifications were worked out. Methodological aspects of regional anesthesia under ultrasound control based on the original experience and contemporary ideas about the problem in the world's literature are presented.

*Key words: ultrasound visualization of peripheral nerves, nerve blockades, regional anesthesia under ultrasound control.*

Поступила 10.03.2010