

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Красноярский государственный медицинский
университет имени профессора В.Ф. Войно-
Ясенецкого» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО

Зав. каф.: ДМН, профессор Грицан Алексей Иванович

РЕФЕРАТ

«РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ УЛЬТРАЗВУКА»

Автор: ординатор 2 года обучения

Шкодин Юрий Сергеевич

Проверил: ДМН, Ростовцев Сергей Иванович

Принципы ультразвуковой визуализации

Ультразвук – это звуковые волны с частотой колебаний выше порога восприятия человеческим ухом (более 20000 циклов/с). Частоты, используемые в клинической практике, находятся в диапазоне от 1 до 20 МГц. Скорость ультразвуковой волны в мягких тканях составляет 1540 м/с (13 мкс/см ткани для общего времени от излучения звуковой волны до получения эхосигнала). Скорость звука определяется объемной деформацией и плотностью среды распространения (Табл. 53-1). Таким образом, скорость звука в данной среде не зависит от частоты и амплитуды волн. Скорость (V) распространения звука прямо пропорционально его частоте (f) и длине волны (λ): $V = f \times \lambda$. Например, при частоте звука 10 МГц длина волны составляет 0,154 мм. Коэффициент затухания ультразвуковой волны в мягких тканях составляет 0,75 дБ/(см-МГц). Ослабление сигнала в первую очередь обусловлено его поглощением. В сравнении с мягкими тканями одни среды поглощают звуковые волны меньше (жидкости), другие больше (кости). На границе раздела двух сред с различными акустическими сопротивлениями образуется отраженная волна. Произведение плотности на скорость называют акустическим импедансом. Коэффициент отражения $R = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$, где Z_1 и Z_2 – акустические импедансы двух сред. Если $Z_1 = Z_2$, отражения волны не происходит. В первых моделях ультразвуковых аппаратов применялся А-режим (от англ. amplitude – амплитуда), который реализовывался с помощью осциллографа. В настоящее время большинство изображений получают в В-режиме (от англ. brightness – яркость). В этом режиме с помощью таблиц постобработки амплитуду полученных эхосигналов преобразуют в пиксели с различными оттенками серого цвета. Частота кадров для двумерных (2D) изображений составляет примерно 30 с⁻¹. На возможность визуально различать анатомические детали значительно влияет окружающее освещение, поэтому при работе с изображениями малоконтрастных объектов, таких как нервы, помогает тусклое освещение без бликов. Другой полезный метод визуализации – это режим М (от англ. motion – движение). Частоты дискретизации для М-режима очень высокие (около 1800 с⁻¹, с высоким разрешением во времени, но возможностью получить только одно пространственное измерение). Сегодня нет доказательств негативного биологического влияния диагностического ультразвукового излучения. Эффект поглощения ультразвуковых волн может приводить к нагреванию тканей, но он незначителен в сравнении с ежедневными колебаниями температуры тела в повседневной жизни (например при физических нагрузках, инсоляции, лихорадке). Костная ткань обладает самым высоким коэффициентом поглощения, поэтому наиболее выраженные тепловые эффекты возникают на границе кость мягкая ткань. Скопление растворенных газов с образованием микропузырьков называют кавитацией. В легких оно может способствовать экстравазации клеток крови. Лучшим показателем для обозначения вероятности развития такого эффекта служит механический индекс. В импульсном режиме ультразвук не вызывает кавитации, так как импульсы при этом очень короткие (кавитация будет происходить только при воздействии достаточно интенсивного непрерывного ультразвукового излучения).

Иглы для проведения периферических блокад под ультразвуком

Металлические иглы гиперэхогенны и могут вызывать эффект реверберации. Кончик иглы визуализируется лучшим образом, когда ее длинная ось находится в плоскости ультразвукового луча. Увеличение угла вкола ведет к уменьшению контрастности иглы. В исследованиях S. Bondestam угол наклона изменяли от 10 до 70°, при этом сигнал с кончика иглы исчезал. Лучшая визуализация кончика иглы отмечалась при минимальном угле введения. Диаметр иглы – меньше толщины плоскости сканирования, поэтому иглы большего диаметра более эхогенны. Визуализация иглы в тканях затруднена, особенно в жировой ткани, поэтому существуют различные способы, повышающие видимость кончика иглы. Сканеры с низким коэффициентом усиления (с меньшим зерном) могут улучшить визуализацию кончика иглы в том случае, когда игла находится под углом к датчику. Наложение нескольких плоскостей изображения может помочь в идентификации кончика иглы. Сегодня широкое распространение получили иглы с эхогенной модификацией. Среди игл, разработанных для использования в регионарной анестезии, игла Hustead имеет специальный скос, который более заметен по сравнению с иглами без скоса.

Блокада плечевого сплетения надключичным и межлестничным доступами

Впервые использование ультразвуковой навигации описано при выполнении блокады плечевого сплетения надключичным доступом. Преимущества такого подхода заключаются в компактном расположении плечевого сплетения в данной области, возможности четкой визуализации нервов за счет их поверхностного расположения (глубина залегания 20-30 мм). В надключичной области ультразвуковая навигация может показать деление плечевого сплетения. Таким образом, надключичная блокада под контролем ультразвука обладает рядом преимуществ. Возможные осложнения включают пункцию сосудов, которые в данной области плохо поддаются компрессии, и риск развития пневмоторакса. При использовании продольной техники сканирования иглу продвигают к плечевому сплетению от центра в латеральном направлении над подключичной артерией. Положение пациента при выполнении блокады – полусидя, при этом голова повернута в противоположную сторону, а руки расположены вдоль тела. Оператор встает у изголовья пациента или сбоку в зависимости от стороны блокады и рабочей руки оператора. Межлестничная блокада выполняется аналогично, ультразвуковой датчик смещается в краниальном направлении. В межлестничной области плечевое сплетение расположено между передней и средней лестничными мышцами. При продвижении ультразвукового датчика в краниальном направлении можно идентифицировать диафрагмальный нерв. Для выполнения блокады лучше использовать компактный линейный датчик (длиной 20-30 мм). Для надключичной блокады некоторые авторы рекомендуют «клюшкovidный» датчик.

Блокада плечевого сплетения подключичным доступом

Преимущества подключичного доступа заключаются в том, что он обеспечивает полную анестезию плечевого сплетения и является предпочтительным для установки катетера с целью проведения продленной анестезии без дополнительных манипуляций на

верхней конечности. Недостаток подключичной блокады состоит в неудовлетворительной визуализации кончика иглы при продольной технике сканирования в связи с глубоким залеганием сплетения и, соответственно, большим углом наклона иглы. При выполнении блокады руку пациента можно расположить вдоль тела, однако при ее отведении сосудисто-нервный пучок распрямляется, что облегчает к нему подход. Три нервных ствола носят названия, соответствующие их расположению относительно данного отдела подмышечной артерии, – медиальный, латеральный, задний. Подмышечная артерия визуализируется в поперечной плоскости под большой грудной и малой грудной мышцами. Многие операторы используют продольное сканирование иглы, стоя у изголовья пациента и сдвинув ультразвуковой датчик максимально латерально. Идеальное место для инъекции местного анестетика с одного вкола и установки продленного периферического катетера – позади от подмышечной артерии. Достаточное количество наблюдений подтверждает, что распространение местного анестетика из области с задней стороны подмышечной артерии обеспечивает полную блокаду плечевого сплетения в нижнеключичной части. Для качественного выполнения блокады нет необходимости в четкой визуализации нервных стволов данной области сплетения. Большое ретроспективное клиническое исследование показало высокую эффективность и безопасность подключичной блокады под контролем ультразвука.

Аксиллярная блокада

Аксиллярная (подмышечная) блокада – это универсальная блокада для анестезии верхней конечности. Классический доступ считается относительно безопасным и широко используется в клинической практике, но не всегда позволяет блокировать мышечно-кожный нерв (n. musculocutaneus). В настоящее время с помощью ультразвука эта проблема разрешилась посредством прямой визуализации мышечно-кожного нерва. Подмышечная блокада обеспечивает анестезию верхней конечности при хирургических вмешательствах на локтевом суставе и более дистальных отделах с эффективной профилактикой туникетной боли. Глубина залегания сосудисто-нервного пучка (обычно 20 мм) и большая площадь для расположения ультразвукового датчика делает данную блокаду легко выполнимой под контролем ультразвуковой навигации. Как правило, три нерва (срединный, локтевой и лучевой) сопровождают артерию, а один нерв (мышечно-кожный) направляется из центра подмышечной впадины наружу. Для мышечно-кожного нерва характерно изменение формы по мере удаления от подмышечной артерии (округлая форма) к клювовидно-плечевой мышце (плоская форма) и на выходе из нее (треугольная форма). При выполнении аксиллярной блокады возможно использование двух способов позиционирования иглы относительно ультразвукового датчика – перпендикулярное (иглу направляют от дистальных отделов верхней конечности к проксимальным) и продольное (введение иглы выполняют с латеральной стороны руки). Сосудисто-нервный пучок визуализируют в перпендикулярной плоскости с давлением датчика, достаточным для сдавления подмышечных вен. Локализацию нервов можно описать с помощью системы часов по отношению к подмышечной артерии от поверхности кожи (на 3 часа – медиальная сторона). Типичное расположение нервов выглядит следующим образом: срединный нерв (на 11 часов), локтевой нерв (на 3 часа между артерией и веной),

лучевой нерв (на 6 часов) и мышечно-кожный нерв (на 9 часов, несколько латеральнее). Блокаду выполняют в проксимальных отделах подмышечной впадины при легком надавливании ультразвуковым датчиком в направлении к грудной клетке. Для выполнения аксиллярной блокады используют высокочастотные линейные датчики с короткой рабочей поверхностью (25-30 мм) и стерильные чехлы. Идеальное место для введения местного анестетика расположено между нервами и артерией, при этом разделение этих двух структур указывает на распространение анестетика в пределах сосудисто-нервного пучка. Данная техника обеспечивает превосходную блокаду. Мышечно-кожный нерв обычно блокируют в клювовидно-плечевой мышце, где он имеет плоскую форму и большую площадь поверхности, что способствует быстрому развитию блока как чувствительных, так и двигательных волокон. Исследования функциональной анатомии плечевого сплетения в подмышечной области показали, что для развития адекватной анестезии необходимы множественные инъекции. Доступ, описанный здесь, является ультразвуковой модификацией мультиинъекционной техники для аксиллярной блокады. Ультразвуковое сканирование позволяет увеличить частоту успешно выполненных блокад в сравнении с альтернативными методами. Низкая частота адекватных аксиллярных блокад отражает жесткие клинические условия, поставленные в приведенных исследованиях. Недостатки аксиллярной блокады состоят в необходимости отведения руки, возможности неполной блокады и миграции катетера при катетеризации с целью продленной анестезии. Лучевой нерв отходит от сосудисто-нервного пучка между медиальной и латеральной головками трицепса. В некоторых случаях в проксимальных отделах лучевой нерв лежит в стороне от подмышечной артерии. В большинстве случаев нерв проходит с глубокой артерией плеча (глубокая ветвь плечевой артерии) в борозде лучевого нерва, проходящей спирально по длине кости. Визуализировать лучевой нерв достаточно сложно, так как на него накладывается акустическая тень от плечевой артерии. В случаях, когда лучевой нерв не удастся четко визуализировать, для обеспечения качественной анестезии оператор должен быть уверен, что местный анестетик распространяется за плечевую артерию к месту отхождения глубокой артерии плеча. На этапе обучения технике выполнения блокады под контролем ультразвука для адекватной анестезии следует использовать 40 мл местного анестетика. С приобретением опыта объем препарата можно сократить до 15-20 мл. Если при подмышечной блокаде выполняется целенаправленная анестезия четырех вышеперечисленных нервов, может потребоваться блокада более мелких нервов (например, медиальный кожный нерв плеча, медиальный кожный нерв предплечья и межреберно-плечевой нерв). Анатомические особенности структур подмышечной области встречаются довольно часто.

Подвздошно-паховая блокада

В иннервации нижних отделов передней брюшной стенки принимают участие четыре периферических нерва – подреберный, подвздошно-паховый, подвздошно-подчревный и бедренно-половой. Первые три нерва разветвляются к поперечной, внутренней косой и наружной косой мышцам живота. Основные стволы этих нервов проходят между поперечной мышцей живота и внутренней косой мышцей, что делает

данную анатомическую область предметом интереса в регионарном обезболивании. Наиболее распространенным показанием к выполнению подвздошно-паховой блокады считается хирургическое вмешательство по поводу односторонней паховой грыжи. При подвздошно-паховой блокаде с ультразвуковым сопровождением пациента укладывают на бок. Ультразвуковой датчик устанавливают между гребнем подвздошной кости и реберной дугой (датчик смещают более краниально, чем при типичном выполнении подвздошно-паховой блокады). При такой позиции мышечные слои передней брюшной стенки хорошо различимы. Из трех мышечных слоев (наружная косая, внутренняя косая и поперечная мышцы) внутренняя косая мышца, как правило, самая толстая⁵⁶. В традиционном месте для подвздошно-паховой блокады мышцы часто переходят в апоневроз и трудно различимы при помощи ультразвука. Инъекцию анестетика необходимо выполнять в межфасциальное пространство таким образом, чтобы внутренняя косая и поперечная мышцы разделились. Прямая визуализация и непосредственная близость к нервам позволяет использовать не более 20 мл местного анестетика при условии правильного введения между слоями мышц. Иглу вводят с медиальной стороны датчика в продольной плоскости ультразвукового луча, подобно технике выполнения блокады поперечного пространства живота.^{58,59} Нет необходимости в точной установке угла наклона иглы, так как скольжение датчиком позволяет определить кончик иглы в тканях. Нужно визуализировать кончик иглы в наружной косой или внутренней косой мышцах до ее дальнейшего продвижения глубже. Общая анестезия позволяет управлять дыхательными движениями брюшной стенки, что делает ее привлекательной при проведении блокады. Поперечная мышца тонкая, поэтому безопасная граница до брюшной полости относительно незначительна. Для достижения более полной анестезии местный анестетик нужно вводить между другими слоями (между наружной косой и внутренней косой мышцами с подкожной инфильтрацией между наружной косой мышцей и кожей) по мере извлечения иглы. Подвздошно-подчревный нерв проходит выше и медиальнее подвздошно-пахового нерва. Для проведения блокады незначительным объемом местного анестетика кончик иглы устанавливают между подвздошно-паховым и подвздошно-подчревным нервами в фасциальном пространстве, разделяющем внутреннюю косую и поперечную мышцы. Глубокая (срединная) ветвь наружной подвздошной артерии (глубокая артерия, огибающая подвздошную ость) проходит через поперечную мышцу и идет вверх по брюшной стенке. Глубокие артерии, огибающие подвздошную ость, часто сопровождают подвздошно-паховые нервы. Клиническую оценку блокады выполнить сложно за счет возможных вариантов кожной иннервации подвздошно-паховым и подвздошно-подчревным нервами. Моторная иннервация внутренней косой и поперечной мышцами живота слабая. Между поперечной мышцей живота и поперечной фасцией существует тканевое пространство, которое связано с бедренным нервом, поэтому глубокая инфильтрация большим объемом местного анестетика может приводить к непреднамеренной его блокаде.

Блокада бедренного нерва

Преимущества блокады бедренного нерва под контролем ультразвука состоят в достижении более полноценной анестезии, сокращении объема местного анестетика

и снижении частоты пункции сосудов. Для успешной блокады необходимы полные знания сонографической анатомии бедренного нерва в паховой области. Обычно нерв расположен латеральнее бедренной артерии, в борозде, образованной подвздошной и поясничной мышцами. В поперечном сечении бедренный нерв может иметь овальную или треугольную форму и достигать размеров до 3 мм в высоту и 10 мм в ширину.⁶³ Лучшее изображение нервного ствола возможно при сканировании на протяжении 10 см выше паховой связки и 5 см под ней. Для получения оптимального изображения нерва в поперечном сечении необходимо придать ультразвуковому датчику незначительный наклон, соответственно изгибу таза. Кроме того, бедренный нерв незначительно отклоняется кнаружи, поэтому для более четкой визуализации необходимо совершить некоторое вращение датчика. За счет того, что бедренный нерв покрыт гиперэхогенной жировой тканью и фасцией, определить его эхогенный периневрий бывает сложно. У части пациентов сухожилие поясничной мышцы может выглядеть аналогично бедренному нерву. Однако оно лежит глубже, среди мышц. Если визуализируется глубокая артерия бедра (глубокая ветвь бедренной артерии), то датчик установлен слишком дистально для полной блокады. Бедренный нерв часто идентифицируют как углубление между подвздошной и поясничными мышцами. Для блокады бедренного нерва используют линейный ультразвуковой датчик с широкой рабочей поверхностью длиной 35-50 мм. При поперечном сканировании бедренные сосуды и нервы определяют, как описывалось ранее. Используют оба метода сканирования – поперечный (от дистальных отделов к проксимальным) и продольный (от медиального края к латеральному). Техника поперечного сканирования часто используется для установки катетера с целью продленной периферической блокады. Преимущество продольного сканирования состоит в возможности наблюдать за продвижением иглы. Недостатки продольной техники включают «длинный ход» иглы и вероятность ее скольжения вдоль подвздошной фасции, когда возникает деформация фасции без прокалывания. При любом доступе кончик иглы позиционируют между подвздошной фасцией и пояснично-подвздошной мышцей, рядом с наружным углом бедренного нерва, что позволяет избежать пункции бедренных сосудов, аналогично технике подвздошно-фасциального блока. Подвздошная фасция имеет характерный наклон в средненаружном направлении, и доступ с наружной стороны предпочтительней, так как он более поверхностный и неглубокий, в сравнении со срединным. Желаемое распространение местного анестетика – под бедренным нервом или вокруг него. Если местный анестетик распространяется над нервом, но не произошло прокола подвздошной фасции, блокада будет неудовлетворительной. У тучных пациентов ультразвуковая картина бедренного нерва нечетливая. В этих случаях для проведения качественной анестезии ультразвуковое сканирование комбинируют с нейростимуляцией. После удачной инъекции местного анестетика можно определить ветви бедренного нерва при скольжении датчиком вдоль хода нервного ствола.

Блокада седалищного нерва

Блокаду седалищного нерва можно выполнить на всем его протяжении от ягодичной области до подколенной ямки. В этом разделе описаны наиболее распространенные подходы к седалищному блоку под ультразвуковым контролем. Одним

из первых был описан доступ к седалищному нерву в области подколенной ямки с использованием поперечной техники ультразвукового сканирования в положении пациента лежа на животе. Преимуществом подколенного доступа считается устойчивая ультразвуковая картина, кроме того, нервы могут быть заблокированы близко от кожной поверхности. Деление седалищного нерва приводит к увеличению поверхности нервной ткани, которую необходимо анестезировать. Описанный ниже доступ позволяет использовать анатомические ориентиры. Для выполнения блокады кончик иглы направляют между ветвями седалищного нерва (большеберцовой и малоберцовой общей) рядом с местом его деления, таким образом, чтобы при однократной инъекции анестетик распространялся на обе ветви. Место деления седалищного нерва в подколенной ямке идентифицируют, перемещая ультразвуковой датчик по его ходу. Также метод скольжения ультразвукового датчика позволяет определить распространение местного анестетика после инъекции. В сравнении с общим малоберцовым нервом большеберцовый нерв в поперечном сечении в два раза толще и имеет более прямолинейный ход. При возникновении сложностей с визуализацией дистальных отделов большеберцового нерва можно проследить его ход из подколенной ямки, где нерв лежит позади артерии и вены. Нервы подколенной ямки двигательные, при этом их раздражение приводит к движению стопы, что помогает в идентификации. Основным недостатком данного метода является то, что положение на животе для некоторых пациентов может быть затруднено. При перпендикулярном доступе возможны непреднамеренное возникновение парестезий и произвольные движения пациента. Аналогичный доступ при блокаде в подколенной области выполняют в положении пациента лежа на спине. Сканирование нервов выполняют в перпендикулярной плоскости, а иглу направляют в плоскости ультразвукового луча (продольное сканирование) с латеральной стороны бедра. Для установки ультразвукового датчика нога должна быть приподнята и зафиксирована. Преимущества доступа – удобное положение конечности и удаленность датчика от места пункции, при этом продольное сканирование иглы позволяет контролировать ее продвижение, оптимально визуализируя кончик иглы. Подобный доступ к седалищному нерву может быть получен и в более проксимальных отделах. У некоторых пациентов проксимальное сухожилие двуглавой мышцы или сухожилие перепончатой мышцы могут выглядеть как подъягодичная часть седалищного нерва. Некоторые авторы предпочитают блокировать седалищный нерв глубоко в толще ягодичных мышц, так как прилегающие мягкие ткани способствуют оптимальному распространению анестетика.