

# Содержание

- Благодарность *xi*
- Предисловие, профессор Адмир Хадзич *xiii*
- Предисловие, профессор Нариндер Равал *xvii*
- Предисловие, взгляд хирурга, профессор Кристиан Фиалка *xxi*
- Соавторы *xxiii*
- Как пользоваться данной книгой *xxv*
- Список условных сокращений *xxvii*
- 1** Общие принципы ультразвунографии *1*
- 1.1 Природа звуковых волн *1*
  - 1.2 Пьезоэлектрический эффект *2*
  - 1.3 Эхоимпульсная аппаратура *3*
  - 1.4 Разрешение и электронная фокусировка *4*
  - 1.5 Компенсация регулировки усиления *8*
  - 1.6 Измерение скорости импульсным ультразвуком *9*
  - 1.7 Режимы получения ультразвукового изображения *10*
  - 1.8 Основные артефакты на изображении *15*
  - 1.9 Визуализация иглы *18*
  - 1.10 Оборудование для проведения ультразвукового исследования *20*
- 2** Научное обоснование использования ультразвука при регионарной анестезии *23*
- 3** Предпосылки и преимущества использования ультразвуковой навигации при регионарной анестезии *25*
- 3.1 История регионарной анестезии с ультразвуковой навигацией *25*
  - 3.2 Преимущества регионарной анестезии с ультразвуковой навигацией *27*
- 4** Технические ограничения и концепция обучения *35*
- 4.1 Технические ограничения *35*
  - 4.2 Прочие ограничения *35*
  - 4.3 Концепция обучения регионарной анестезии с использованием ультразвуковой навигации *37*

- 5 Достигли ли мы “золотого стандарта” в регионарной анестезии? 39
- 6 Технические и организационные предпосылки для невралных блокад с ультразвуковой навигацией 43
  - 6.1 Технические требования 43
  - 6.2 Организационные вопросы 55
  - 6.3 Послеоперационное наблюдение 56
  - 6.4 Прочие требования 57
- 7 Регионарная анестезия с ультразвуковой навигацией у детей 59
  - 7.1 Лечение травм у детей 60
- 8 Ультрасонографическое изображение некоторых анатомических структур 65
  - 8.1 Вид нервов при ультрасонографии 65
  - 8.2 Если нервы не визуализируются 69
  - 8.3 Вид нейрональных структур при ультрасонографии 69
  - 8.4 Ультрасонографическое изображение некоторых анатомических структур 73
  - 8.5 Артефакты при ультрасонографии 79
- 9 Методики проведения иглы 83
  - 9.1 Методика проведения иглы вне плоскости 84
  - 9.2 Методика проведения иглы в плоскости 85
  - 9.3 Как приблизится к нерву? 87
- 10 Мелочи и подводные камни 89
  - 10.1 Установка и ориентировка датчика 89
  - 10.2 Давление при инъекции 89
  - 10.3 Применение геля 90
- 11 Иннервация крупных суставов 91
  - 11.1 Плечевой сустав 91
  - 11.2 Локтевой сустав 91
  - 11.3 Лучезапястный сустав 92
  - 11.4 Тазобедренный сустав 92
  - 11.5 Коленный сустав 93
  - 11.6 Голеностопный сустав 93
- 12 Блокады нервов шеи 95
  - 12.1 Общие вопросы анатомии 95
  - 12.2 Блокада глубокого шейного сплетения 95
  - 12.3 Блокада поверхностного шейного сплетения 99
  - 12.4 Выполнение блокады нервов шеи у детей 102

- 13** Блокады нервов верхней конечности 103
  - 13.1 Общие вопросы анатомии 103
  - 13.2 Межлестничный доступ 104
  - 13.3 Надключичный доступ 110
  - 13.4 Подключичный доступ 114
  - 13.5 Подмышечный доступ 117
  - 13.6 Блокада надлопаточного нерва 123
  - 13.7 Блокада срединного нерва 124
  - 13.8 Блокада локтевого нерва 128
  - 13.9 Блокада лучевого нерва 131
  - 13.10 Выполнение блокад нервов верхней конечности у детей 133
- 14** Блокады нервов нижней конечности 135
  - 14.1 Общие вопросы анатомии 135
  - 14.2 Поясничная паравертебральная блокада 135
  - 14.3 Блокада бедренного нерва 140
  - 14.4 Блокада подкожного нерва 143
  - 14.5 Блокада латерального кожного нерва бедра 148
  - 14.6 Блокада запирающего нерва 151
  - 14.7 Блокады седалищного нерва 154
  - 14.8 Блокады нервов голени 167
  - 14.9 Выполнение блокад нервов нижней конечности у детей 174
- 15** Блокады нервов туловища 177
  - 15.1 Общие вопросы анатомии 177
  - 15.2 Межреберные блокады 177
  - 15.3 Блокада подвздошно-пахового и подвздошно-подчревного нервов 180
  - 15.4 Блокада влагалища прямой мышцы живота 183
  - 15.5 Блокада поперечного пространства живота 187
  - 15.6 Выполнение блокад нервов туловища у детей 188
- 16** Нейроаксиальные блокады с ультразвуковой навигацией 193
  - 16.1 Общие вопросы 193
  - 16.2 Эпидуральные блокады 193
  - 16.3 Паравертебральные блокады 198
  - 16.4 Выполнение нейроаксиальных блокад у детей 201
- 17** Техника катетеризации периферических нервов 209
- 18** Перспективы на будущее 211
  - 18.1 Регионарные блокады у отдельных категорий пациентов 211
  - 18.2 Обучение 211
  - 18.3 Технические разработки 212

- Приложение 1. Австрийская декларация экспертов по  
ультразвуку 215
- Приложение 2. Венская шкала 225
- Приложение 3. Рекомендации Ассоциации Анестезиологов  
Великобритании и Ирландии по лечению  
тяжелых токсических реакций местных  
анестетиков (2007) 227
- Приложение 4. Определение отдельных терминов 231
- Предметный указатель 233

# Регионарная анестезия с ультразвуковой навигацией у детей

Интерес к различным методикам регионарной анестезии в педиатрии повышается, так как ультразвук может способствовать повышению безопасности и эффективности педиатрической анестезии в повседневной клинической практике. Тем не менее, для внедрения ультразвука требуются значительные усилия, направленные на обучение, приобретение мануальных навыков и изменение процесса работы. Использование сложных методов регионарной анестезии и последующие изменения в тактике общей анестезии должно обсуждаться со специалистами в области детской анестезиологии.

Систематический обзор, посвященный эффективности и безопасности периферических и центральных блокад с использованием ультразвука у детей, приводит только три клинических исследования, достигших адекватного научного уровня (табл. 6), при этом было также выявлено шесть публикаций, достаточных для ответа на вопрос о преимуществах ультразвука при нейроаксиальных блокадах (табл. 7). Блокады подвздошно-пахового и подвздошно-подчревного нервов и эпидуральная катетеризация подробно описаны в литературе, в то время как точные описания блокад верхних и нижних конечностей, по-прежнему, отсутствуют.

В целом, блокады с использованием ультразвука у детей выполняются легче, чем у взрослых. Большинство анатомических структур расположено более поверхностно и легче визуализируется ультразвуком высокой частоты. Таким образом, высокочастотные линейные ультразвуковые датчики подходят для большинства блокад у детей. У детей младшего возраста целесообразно применять ультразвуковые датчики с меньшей поверхностью.

При блокадах периферических нервов большинство методик может выполняться с использованием игл Квинке 22G. У детей младше 3 лет

**Таблица 6** Рандомизированные контролируемые исследования блокад периферических нервов с использованием ультразвука у детей\*

Публикации	Методики	План исследования и значимый результат
Marhofer et al. ( <i>Anaesthesia</i> , 2004)	Подключичная блокада плечевого сплетения	Сравнение со стимуляцией нервов: более быстрое развитие сенсорной и моторной блокады, большая длительность блока, менее выраженная боль при выполнении блокады при использовании ультразвука.
Oberndorfer et al. ( <i>British Journal of Anaesthesia</i> , 2007)	Блокады седалищного и бедренного нервов	Сравнение со стимуляцией нервов: большая длительность сенсорной блокады и меньший объем местного анестетика при использовании ультразвука.
Willschke et al. ( <i>British Journal of Anaesthesia</i> , 2005)	Блокады подвздошно-пахового и подвздошно-подчревного нервов	Сравнение с методикой "фасциального щелчка": снижение потребности в дополнительной анальгезии интраоперационно и после операции, меньшие объемы местного анестетика при использовании ультразвука.

\* Rubin et al. (2009)

при поверхностных блокадах целесообразно использовать иглы Квинке 25G. Для эпидуральной блокады, следует использовать соответствующие иглы Туохи и (при необходимости) катетеры. Предложенные размеры игл описаны в главе 16, раздел 16.4.1.

У детей младшего возраста возможно применение более низких концентраций растворов местных анестетиков по причине неполной миелинизации периферических нервов. По возможности, следует избегать послеоперационной моторной блокады для повышения комфорта маленьких пациентов. Как и при всех методиках регионарных блокад с использованием ультразвука, объемы местных анестетиков могут быть снижены по сравнению с прочими методиками. Рекомендации по объемам местных анестетиков приводятся в следующих главах.

## 7.1 Лечение травм у детей

Большинство случаев травмы у детей представлены переломами конечностей. К сожалению, в мире по-прежнему распространена практика репозиции переломов конечностей без применения каких-либо анальгетиков или с введением местного анестетика в область перелома. При оказании помощи детям, у которых после травмы выполняется оперативное вмешательство на конечности, могут быть эффективны блокады плечевого или пояснично-крестцового сплетения с использованием ультразвука.



**Таблица 7** Рандомизированные контролируемые исследования методов нейроаксиальных блокад с ультразвуковой навигацией у детей\*

Публикация	Методика	План исследования и значимый результат
Chawathe et al. ( <i>Pediatric Anesthesia</i> , 2003)	Наблюдение эпидурального катетера	Серия случаев: визуализация эпидурального катетера была возможна у 9 из 12 детей, возраст детей до 6 мес.
Roberts et al. ( <i>Pediatric Anesthesia</i> , 2005)	Оценка положения каудального катетера	Серия случаев: визуализация кончика эпидурального катетера на уровне грудного отдела была возможна у 1 из 3 грудных детей.
Rapp et al. ( <i>Anesthesia &amp; Analgesia</i> , 2005)	Введение эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией	Серия случаев: определение нейроаксиальных структур с использованием ультразвуковой сонографии, определение эпидурального катетера в 11 из 23 случаев.
Willischke et al. ( <i>British Journal of Anaesthesia</i> , 2006)	Введение эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией	Рандомизированное контролируемое исследование: более быстрое введение эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией в сравнении со стандартной методикой утраты сопротивления, ультразвуковая визуализация распространения местного анестетика в эпидуральном пространстве.
Willschke et al. ( <i>Regional Anesthesia and Pain Medicine</i> , 2007)	Введение эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией	Ультразвуковая оценка анатомии нейроаксиальных структур у новорожденных. Корреляция глубины желтой связки, определенной ультразвуком, и глубины вкола иглы при методике утраты сопротивления; серия случаев установок эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией у новорожденных и грудных детей с массой тела до 4 кг; ультразвук позволяет получить значимую информацию при установке эпидуральных катетеров у новорожденных и грудных детей.
Kil et al. ( <i>Regional Anesthesia and Pain Medicine</i> , 2007)	Введение эпидурального катетера с ультразвуковой навигацией	Измерение глубины желтой связки до пункции: информация о глубине желтой связки повышает безопасность при установке эпидурального катетера.

\* Rubin et al. (2009)

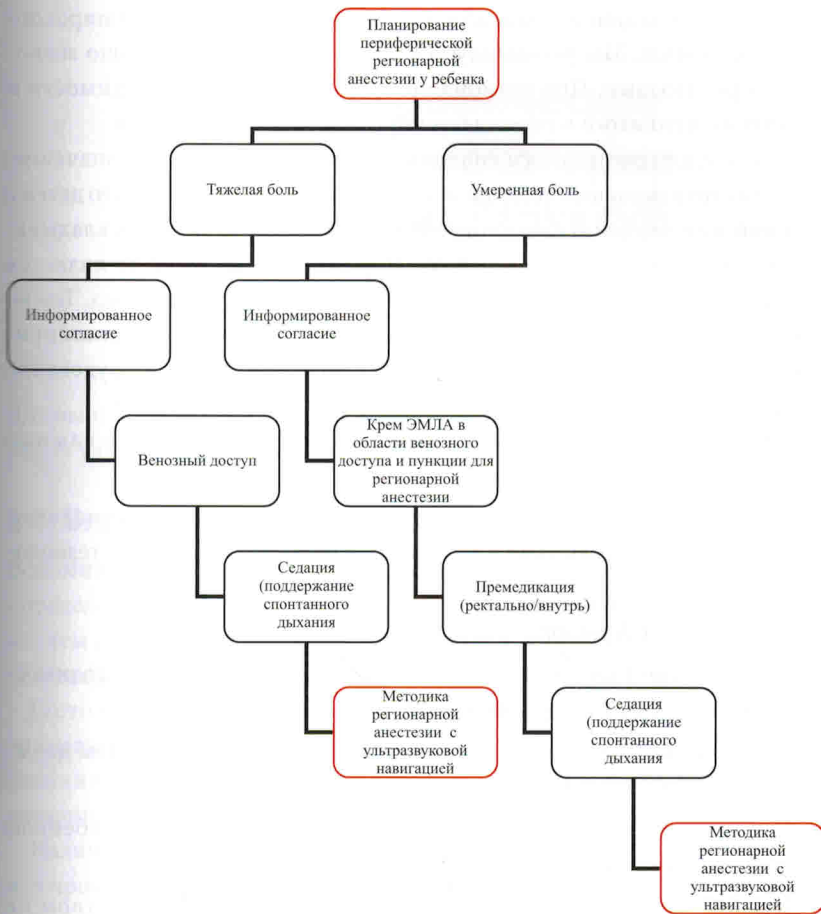
Большинство методик, используемых в клинической практике у взрослых, также может применяться и у детей. Технические характеристики блокад верхних и нижних конечностей описываются в главах 13 и 14. Основным различием между взрослыми и детьми является такие процедуры как получение информированного согласия, седация и т.п. В большинстве случаев, дети не проявляют понимания своего состояния, следовательно, требуется использование некоторых компонентов общей анестезии. В любом случае, желательны установление хорошего контакта и проявление внимания к ребенку. В зависимости от социальных и интеллектуальных возможностей, дети с возраста 4 лет в достаточной мере способны к общению. Другими словами, общение между врачом и ребенком является одним из наиболее важных условий для правильного лечения.

В данном контексте особую значимость имеют родители, которые должны всегда чувствовать, что они получают полную информацию и участвуют в лечении ребенка, следовательно, необходимо открытое общение для создания взаимных доверительных отношений. Обычно при госпитализации ребенка по поводу травмы родители ожидают какой-либо “общей анестезии”. После оказания помощи подобным детям в течение более десяти лет, я не могу припомнить ни одного случая отказа родителей от регионарной анестезии. Учитывая, что мы оказываем помощь пациентам многих национальностей, наш опыт показывает, что регионарная анестезия может быть использована независимо от расовой принадлежности и цвета кожи.

На рис. 7.1 представлен алгоритм седации у детей с переломом нижней конечности, который показывает, что при выраженном болевом синдроме лечение осуществляется быстрее, чем у детей с отсутствием или умеренной болью. Большая часть времени при лечении данной популяции пациентов экономится за счет отказа от использования крема ЭМЛА в области пункции вены и выполнения регионарной анестезии. При тяжелом болевом синдроме, вызванном травмой, любой метод премедикации представляется непрактичным и неприемлемым по причине траты времени. Другими словами, лечение травмы конечностей у детей зависит от интенсивности болевого синдрома:

- ◆ Выраженный болевой синдром: максимальное сокращение времени от момента поступления до выполнения блокады.
- ◆ Болевой синдром легкой или умеренной интенсивности: для обеспечения комфорта пациента возможно рассмотрение вопроса об использовании крема ЭМЛА в области пункции вены и возможного места





**Рис. 7.1** Алгоритм седации у детей при планируемой регионарной анестезии после травмы конечности.

пункции для регионарной блокады. Первичная оценка области пункции для выполнения регионарной анестезии помогает установить анатомические особенности и избежать необоснованного применения крема ЭМЛА.

Метод седации высоко индивидуален. В нашей текущей практике применяется комбинация внутривенного введения мидазолама (0,05–0,1 мг/кг), введения налбуфина (0,1 мг/кг) и введения пропофола (0,5–2,0 мг/кг). Важно учитывать, что эффекты препаратов (даже минимальные) при травме у детей высоко индивидуальны, поэтому указанные выше дозы являются ориентировочными. В зависимости от пациента и внутренних

# Блокады нервов нижней конечности

### 14.1 Общие вопросы анатомии

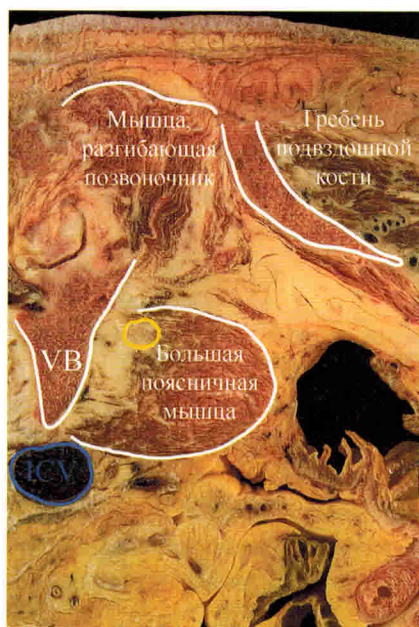
*Поясничное сплетение* образуется передними ветвями спинномозговых нервов L2–L3 и частями L4 (разветвленный нерв). Первая поясничная ветвь обычно получает иннервацию от T12. Поясничное сплетение образуется в задней части большой поясничной мышцы. Ветви поясничного сплетения включают подвздошно-подчревный, подвздошно-паховый, бедренно-половой, бедренный нервы, латеральный кожный нерв бедра и запирающий нерв.

*Крестцовое сплетение* образуется частями передних ветвей L4 и L5 (пояснично-крестцовый ствол) и передними ветвями крестцовых нервов S1–S3. Крестцовое сплетение расположено в области таза на передней поверхности грушевидной мышцы. Основные ветви, имеющие значение для регионарной анестезии, включают седалищный нерв и задний кожный нерв бедра. По причине расположения в области таза, крестцовое сплетение при современном опыте применения ультразвука недоступно.

### 14.2 Поясничная паравертебральная блокада

#### 14.2.1 Анатомия (рис. 14.1)

Термин “поясничная паравертебральная блокада” был предложен несколько десятилетий назад для описания предполагаемого пространства между большой поясничной мышцей и квадратной мышцей поясницы. Тем не менее, несколько анатомических исследований показали, что поясничное сплетение расположено в теле большой поясничной мышцы. Таким образом, термин “поясничное пространство” должен использоваться для описания слоя внутри мышцы, содержащей поясничное сплетение и его ветви. Подвздошно-подчревный и подвздошно-паховый нервы отходят от верхнего латерального края поясничной мышцы, в то время как бедренно-половой нерв покидает мышцу на передней поверхности. Бедренный нерв выходит из мышцы по задне-латеральной поверхности и



**Рис. 14.1** Изображение анатомического среза околопозвоночной поясничной области. Желтым кружком выделен нервный корешок L1 внутри большой поясничной мышцы. ICV: нижняя полая вена, VB: тело позвонка. Медиальная сторона слева.

располагается в углублении между большой поясничной и подвздошной мышцами. Латеральный кожный нерв бедра выходит на латеральном крае большой поясничной мышцы. Напротив, запирательный нерв спускается внутри мышцы и покидает ее у задне-медиального края. У подавляющего большинства пациентов основные нервы поясничного сплетения (бедренный, запирательный и латеральный кожный нерв бедра) расположены на уровне L4–L5 в задней части большой поясничной мышцы. Здесь они могут быть достигнуты при заднем доступе.

#### 14.2.2 Анатомические варианты

Поясничное плетение может также располагаться в высоком или низком положении. В высоком положении, сплетение получает ветвь от T12, в то время как в низком положении к сплетению отходит передняя ветвь от L5. В редких случаях сплетение полностью располагается позади большой поясничной мышцы и прилежит к поперечным отросткам поясничных позвонков. Данный вариант следует учитывать, если при нервной стимуляции не удастся установить положения нервного сплетения в поясничной мышце. Кроме этого, для бедренного нерва в некоторых

случаях характерна исключительная степень разветвления внутри поясничной мышцы. Это может объяснять частичный эффект блокады, так как соответствующие ветви в той или иной степени разделены мышечной тканью.

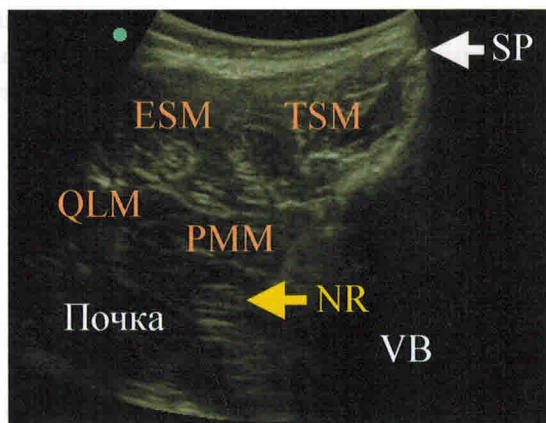
### 14.2.3 Методика ультразвукового исследования

Ультрасонография поясничной паравертебральной области дает достоверное и подробное изображение большой поясничной мышцы и прилежащих структур. Было установлено, что конвексные датчики, работающие в низких частотах, являются наилучшим выбором для данной цели. По причине глубокого расположения поясничного сплетения и типичной эхоструктуры поясничной мышцы, разграничение нервных структур у взрослых пациентов затруднено, так как расстояние между кожей и сплетением повышается в зависимости от массы тела. Таким образом, мы рекомендуем дополнительно применять стимуляцию нервов для более точной локализации поясничного сплетения.

Положение пациента аналогично таковому при классической методике: положение лежа на боку, противоположном стороне блокады, нижние конечности в тазобедренных и коленных суставах слегка согнуты. Определение уровней поясничных позвонков наилучшим образом достигается посредством продольного паравертебрального сканирования с визуализацией поперечных отростков поясничных позвонков. Их можно отсчитывать в краниальном направлении, начиная от задней поверхности крестца. Следует установить поперечные отростки L4/L5 и пространство между ними. После этого датчик поворачивают в поперечную плоскость для визуализации большой поясничной мышцы в пространстве между поперечными отростками. Наилучшее изображение всей паравертебральной области достигается при положении датчика на 5–6 см латеральнее остистых отростков. Здесь мышца имеет овальную форму с эхоструктурой, обычно состоящей из гиперэхогенных полос на гипоэхогенном фоне. Гиперэхогенные структуры соответствуют подобным сухожилиям пучкам фиброзной ткани внутри мышцы, которые можно принять за нервные структуры.

Прилежащие структуры включают расположенный латерально нижний полюс соответствующей почки (он может опускаться до уровня L4, особенно при глубоком вдохе), медиально—тело прилежащего позвонка, дорзально—распрямяющую мышцу спины и вентрально—ретроперитонеальное пространство. Квадратная мышца поясницы располагается в задне-латеральном направлении от большой поясничной мышцы (рис. 14.2).





**Рис. 14.2** Ультразвуковое изображение паравертебральной поясничной области на уровне L3/4. Положение нервного корешка оценивается между задней и средней третью в случаях, если прямая визуализация нервных структур невозможна. NR: корешок нерва; PMM: большая поясничная мышца; QLM: квадратная мышца поясницы; TSM: поперечно-остистая мышца; ESM: распрямляющая мышца спины; SP: остистый отросток; VB: тело позвонка. Латеральная сторона слева.

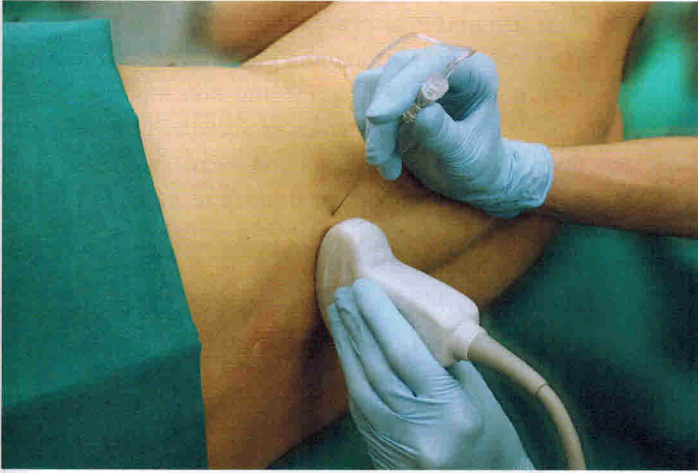
#### 14.2.4 Практическая методика блокады

После определения значимых структур на уровне L4–L5, следует выполнить инфильтрацию кожи и глубоких слоев подкожной клетчатки ближе к медиальной стороне датчика. Игла длиной 100–150 мм вводится с использованием методики проведения в плоскости (рис. 14.3). Игла осторожно продвигается через распрямляющую мышцу спины для доступа к задней части большой поясничной мышцы. Последние разработки в технологии игл могут способствовать облегчению визуализации ствола иглы при использовании данной методики. Прокалывание внутреннего слоя тораколумбальной фасции может ощущаться как характерный щелчок и иногда сопровождается болезненными ощущениями.

В большинстве случаев поясничное сплетение расположено в задней и средней трети большой поясничной мышцы. При использовании нейростимуляции, подергивания четырехглавой мышцы обычно наблюдаются на глубине 6–9 см, в зависимости от индекса массы тела. Порог стимуляции в 0,4–0,5 мА является достаточным. Подергивания отводящих мышц указывают на медиальное положение иглы, которое следует изменить, так как возможно распространение местного анестетика в эпидуральное пространство. Хотя правильное положение иглы должно быть подтверждено на ультразвуковом изображении, можно рекомендовать введение пробной дозы для исключения межоболочечного распространения раствора



анестетика. После аспирационной пробы местный анестетик вводится фракционно для выявления острой системной токсичности, так как возможны ложноотрицательные результаты аспирационной пробы. Инъекция раствора местного анестетика вызывает диффузное расширение большой поясничной мышцы, в отличие от поверхностной блокады, при которой проявляется явный объемный эффект. Общий объем местного анестетика 25 мл обычно позволяет добиться достаточной блокады основных ветвей поясничного сплетения.



**Рис. 14.3** Методика проведения иглы в плоскости при поясничной паравертебральной блокаде с латеральным положением иглы.

#### 14.2.5 Основные моменты

Характеристика блока	Современная методика
Положение пациента	Лежа на боку, противоположном стороне блокады, тазобедренные и коленные суставы слегка согнуты
Ультразвуковое оборудование	Конвексный датчик
Особые установки ультразвука	Низкая частота, выбор предварительной установки «брюшная полость»
Важные анатомические структуры	Большая поясничная мышца, квадратная мышца поясницы и распрямляющая мышца спины, тело позвонка, нижний полюс почки
Ультразвуковое изображение нервных структур	–
Ожидаемая оценка по Венской шкале	4