

Оглавление

Предисловие к изданию на русском языке	7
Предисловие к изданию на английском языке.....	8
Посвящения	10
Благодарности.....	11
Участники издания	12
Глоссарий	13
Список сокращений и условных обозначений.....	39

Глава 1. Введение 40

Основы ультразвуковой диагностики.....	41
Различные датчики для разных областей применения	41
Использование ультразвуковых датчиков	43
Внешний вид тканей на ультразвуковых изображениях	45
Основы работы с аппаратом ультразвукового исследования и оптимизации изображения	47

Глава 2. Основы физики ультразвука 50

Звуковые волны.....	51
Затухание	52
Ультразвуковые датчики	54
Получение изображения	57
Зеркальное и диффузное отражение	59
Биоэффекты ультразвуковой энергии.....	60

Глава 3. Позвоночник 62

Поясничный отдел позвоночника	63
Обзор анатомии	63
Методика	64

Глава 4. Верхняя конечность 70

Плечевое сплетение.....	71
Обзор анатомии	71
Методика	71
Плечевой сустав	75
Обзор анатомии	75
Методика	76
Плечо	83
Обзор анатомии	83
Методика	84
Локтевой сустав	87
Обзор анатомии	87
Методика	88
Поверхностный и глубокий лучевые нервы	90
Дистальная часть предплечья, лучезапястный сустав и кисть	96
Обзор анатомии	96
Методика	98

Глава 5. Нижняя конечность 108

Проксимальная часть бедра и паховая область	109
Обзор анатомии	109
Методика	112
Ягодичная область.....	118
Обзор анатомии	118
Методика	120
Бедро	124
Обзор анатомии	124
Методика	127
Подвздошно-большеберцовый тракт	129
Задний отдел: задние мышцы бедра и седалищный нерв	131

Коленный сустав	136
Обзор анатомии	136
Методика	139
Голень	148
Обзор анатомии	148
Методика	152
Задний отдел	156
Голеностопный сустав и стопа	159
Обзор анатомии	159
Методика	164

Глава 6. Грудь: грудная стенка и плевра **176**

Обзор анатомии	177
Методика	179

Глава 7. Сердце **182**

Обзор анатомии	183
Методика	187

Глава 8. Живот **192**

Брюшная стенка	193
Обзор анатомии	193
Методика	195
Брюшина, желудочно-кишечный тракт и печень	197
Обзор анатомии	197
Методика	201
Желчный пузырь	208
Обзор анатомии	208
Методика	208
Селезенка и почки	210
Обзор анатомии	210
Методика	211
Поджелудочная железа	214
Обзор анатомии	214
Методика	214
Брюшные сосуды	216
Обзор анатомии	216
Методика	219

Глава 9. Шея, лицо, глаз **224**

Шея	225
Обзор анатомии	225
Методика	231
Органы шеи	237
Обзор анатомии	237
Методика	238
Лицо	242
Обзор анатомии	242
Методика	247
Глаз и глазница	248
Обзор анатомии	248
Методика	249

Глава 10. Женский таз **252**

Обзор анатомии	253
Методика	255

Глава 11. Мужской таз **258**

Обзор анатомии	259
Методика	262

Глава 12. Неотложное ультразвуковое исследование при травме **264**

Обзор проведения неотложного ультразвукового исследования при травме	265
Обзор анатомии	265
Правый верхний квадрант	266
Методика	266
Левый верхний квадрант	268
Методика	268
Надлобковая область	269
Методика	269
Сердце и полость перикарда	272
Тестовые вопросы	275
Ответы	285

Основы ультразвуковой диагностики

Ультразвуковое исследование (УЗИ) — это технология диагностической визуализации, широко применяемая во многих медицинских специальностях. Аппараты УЗИ портативны и не являются источником ионизирующего излучения, обладают низким риском причинения вреда даже в самых уязвимых популяциях пациентов. Малые габариты, безопасность и относительно низкая стоимость сделала УЗИ широко доступным для использования непосредственно на месте оказания медицинской помощи в качестве дополнения к физикальному осмотру (например, исследование брюшной полости на наличие свободной жидкости при подозрении на внутрибрюшное кровотечение) или для контроля инвазивных процедур, например для установки центрального катетера, блокады нерва, инъекции в полость сустава или биопсии.

Типичные ультразвуковые (УЗ) изображения демонстрируют двухмерные срезы внутренних структур. В зависимости от положения и ориентации датчика на поверхности тела изображение может быть поперечным, сагиттальным/парасагиттальным, фронтальным или косым. Изображения генерируются в реальном времени так, что дыхательные движения, сокращения желудочков сердца, пульсация артерий, фазовые изменения венозного кровотока или эффекты провокационных раздражений, оказываемых на связки и сухожилия, видны врачу.

От преобразователя, заключенного в УЗ-датчике, короткие звуковые импульсы очень высокой частоты распространяются с поверхности вглубь тела пациента. Когда УЗ-импульсы проходят через тело и сталкиваются с тканями с различными акустическими свойствами,

часть звуковой энергии отражается обратно к преобразователю (эхо), а часть продолжает проникать в более глубокие ткани. Отраженные сигналы, которые возвращаются к датчику, обрабатываются и объединяются с получением изображения сканированного среза.

Различные датчики для разных областей применения

Существует три основных типа обычно используемых поверхностных датчиков для большинства областей применения УЗИ общего назначения: **абдоминальные; кардиологические** и **высокочастотные линейные датчики** (рис. 1.1).

Абдоминальные (конвексные) датчики

Это низко- и среднечастотные (2–5 МГц) датчики с изогнутой сканирующей поверхностью длиной 4–6 см. Как следует из названия, такие датчики обычно используются для общего исследования брюшной полости, а также в некоторых других случаях, таких как трансабдоминальное исследование органов малого таза, акушерское исследование и некоторые типы скелетно-мышечного исследования, например, позвоночника и тазобедренного сустава. Относительно низкие частоты, доступные для этих датчиков, позволяют получать изображения на глубине до 20 см, и получаемый сектор изображения, соответствующий по размеру ширине сканирующей поверхности датчика на поверхности кожи, прогрессивно расширяется с увеличением глубины. Это обеспечивает широкий угол при визуализации крупных глубокорасположенных структур (например, почек) и ориентиров, но благодаря ширине сканирующей поверхности датчика можно

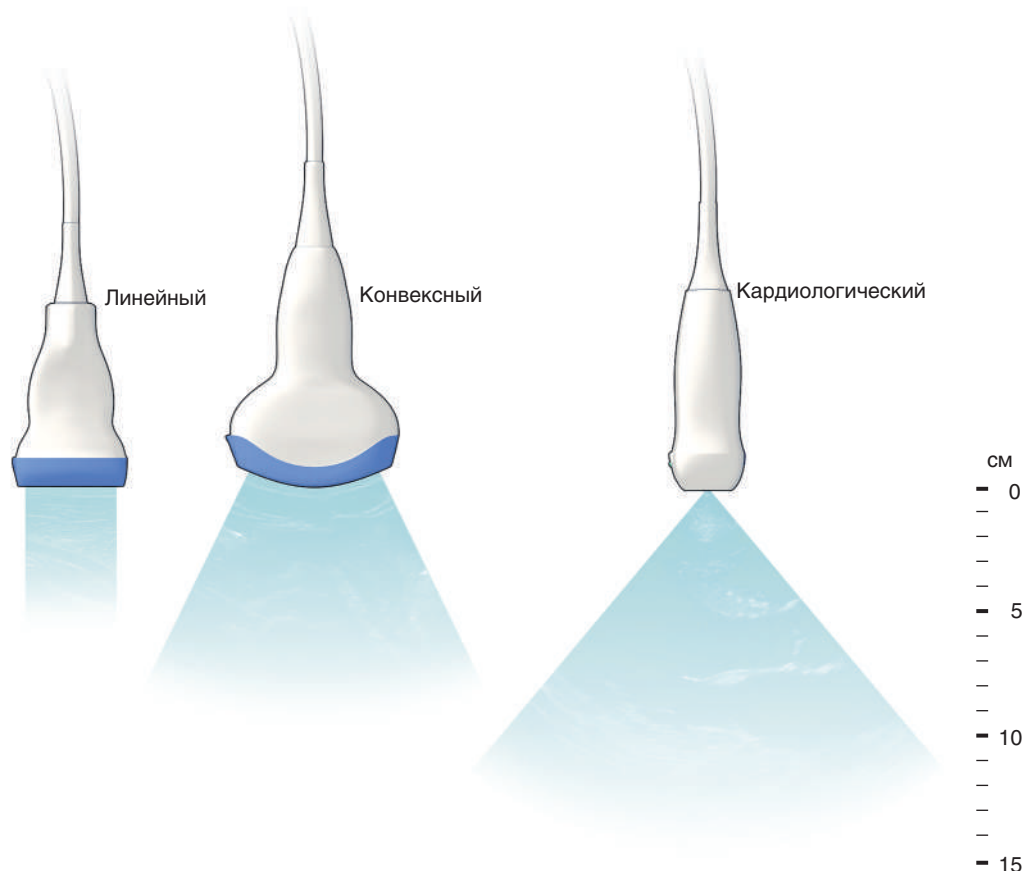


Рис. 1.1. Линейный, абдоминальный и кардиологический датчики. Форма изображения, получаемого с помощью каждого типа датчика, показана голубым

визуализировать более поверхностно расположенные структуры в достаточно широком поле зрения.

но при необходимости могут быть адаптированы для большинства изображений при УЗИ брюшной полости.

Кардиологические (секторные) датчики

Эти датчики широко применяется для УЗИ сердца (эхокардиографии), но также хорошо подходят для исследования относительно крупных неспецифических структур через узкие акустические окна (такие как межреберные промежутки). С их помощью получают секторные изображения треугольной формы, с очень малой (практически точечной) площадью на поверхности, которая прогрессивно расширяется с увеличением глубины. У них низкая резонансная частота (1,5–4,5 МГц), что обеспечивает достаточно глубокое проникновение (подобно абдоминальным датчикам). Так как изображение очень узкое у поверхности, эти датчики неприменимы для визуализации поверхностных структур,

Линейные датчики

Благодаря своим высоким резонансным частотам (8–15 МГц), эти датчики обеспечивают наиболее детальное изображение, но обладают малой глубиной проникновения. Поэтому они используются для исследования скелетно-мышечных структур, периферических нервов, щитовидной железы, молочных желез, поверхностных сосудов и других структур, для которых требуется высокое разрешение при относительно небольшой глубине залегания тканей (максимум 5–6 см от поверхности кожи). Эти датчики генерируют изображения прямоугольной формы. Ширина изображения остается постоянной от поверхности датчика до самой глубокой части изображения (и равна длине датчика, обычно 4–5 см).

Использование ультразвуковых датчиков

Гель для ультразвуковых исследований

Поверхность датчика должна контактировать с поверхностью кожи, и для этого используется гель на водной основе, который обладает звукопроводящими свойствами, сходными с таковыми кожи. Гель также исключает образование пузырьков воздуха между поверхностью датчика и кожей (или кожных складок и неровностей), которые нарушают передачу УЗ-импульсов через кожу в глубокорасположенные ткани (рис. 1.2).

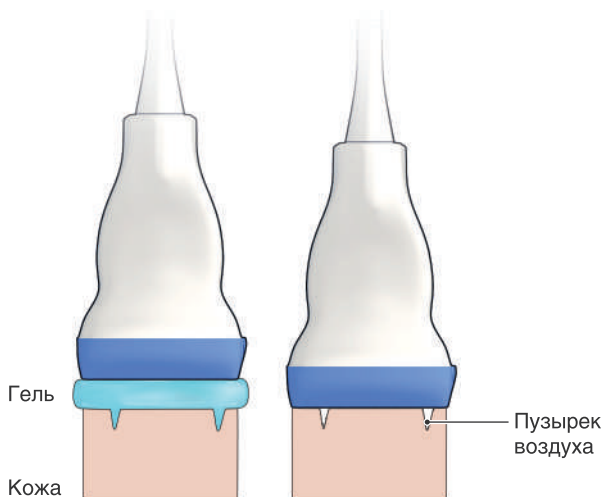


Рис. 1.2. Гель для ультразвукового исследования акустически связывает наружную поверхность датчика с кожей

Контроль и манипуляции с датчиком

Для получения качественных изображений пользователи УЗ-оборудования должны научиться контролировать и управлять датчиком, а именно прилагать соответствующее давление, стабилизировать поверхность датчика на неровных или скользких поверхностях и производить точные поправки угла, поворота и наклона поверхности датчика относительно сканируемых структур.

Чаще всего необходимо умеренное равномерное давление на датчик. Изображение от участков поверхности датчика, недостаточно хорошо контактирующих с поверхностью кожи, выпадает. Некоторые задачи УЗИ требуют приложения большего давления, тогда как для других требуется минимальное давление.

Поворот и наклон (движение, напоминающее «переключение тумблера») поверхности УЗ-датчика критически важны для визуализации структур по их продольной или поперечной оси, для изменения визуализации с продольной на поперечную ось и наоборот, а также для получения точных изображений структур, которые расположены не параллельно поверхности кожи.

Некоторые структуры, включая сухожилия и нервы, выглядят намного ярче, когда УЗ-пучок направлен перпендикулярно их ходу.

Вследствие давления датчика, движений его по болезненным участкам и/или определенного положения тела пациента УЗИ может иногда быть некомфортным для пациента, но оно никогда не должно вызывать неоправданный дискомфорт или боль.

Общение с пациентом и особое внимание к его комфорту и безопасности чрезвычайно важны во время проведения УЗИ.

Маркеры датчика и ориентации изображения

Для понимания положения и отношения между структурами на УЗ-изображении нужно уметь ориентировать изображение с точки зрения поверхностный-глубокий и верхний-нижний или слева-направо (латерально- медиально).

Все УЗ-датчики имеют маркер ориентации на одной стороне рядом со сканирующей поверхностью, обычно в виде рельефной точки или черточки вдоль поверхности датчика, а иногда в виде небольшого светодиодного индикатора. Маркер ориентации датчика соответствует маркеру ориентации на изображении в виде окрашенной точки или логотипа производителя. Традиционно для большинства УЗИ маркер ориентации изображения помещается в верхнем левом углу изображения. По историческим причинам (а не для того, чтобы запутать студентов) маркер ориентации обычно помещается с правой стороны изображения в кардиологических УЗИ. Также традиционно маркер ориентации на датчике должен быть направлен вверх (краниально) при выполнении сканирования по длинной оси тела и к правой стороне тела пациента при выполнении сканирования перпендикулярно длинной оси тела.

При соблюдении этих традиционных правил структуры ближе к левой стороне (стороне маркера) изображения расположены выше, а структуры ближе к правой стороне (стороне без маркера) изображения расположены ниже на продольных изображениях. Изображение, представленное на рис. 1.3, было получено по продольной оси датчика, установленного на локтевую ямку и маркером ориентации датчика, направленным вверх. Зная это, мы можем понять ориентацию изображения и начать идентифицировать структуры и ориентиры.

Сходным образом, следуя традиционным правилам, описанным ранее для поперечных изображений, структуры на стороне маркера изображения расположены справа на теле пациента, а структуры на стороне без маркера изображения расположены слева (рис. 1.4). Изображение было

получено перпендикулярно продольной оси тела с датчика, установленного на локтевую ямку правой руки пациента, и маркером ориентации датчика, направленным направо.

На всех изображениях структуры, расположенные ближе к верхней части изображения, находятся более поверхностно, а структуры, расположенные ближе к нижней части изображения, лежат более глубоко. Цифры и метки вдоль стороны изображения показывают глубину в сантиметрах.

СОВЕТ: Самый быстрый и простой способ определить ориентацию датчика относительно изображения — прикоснуться или слегка постучать пальцем по одному краю поверхности датчика и посмотреть на экран, где будет отображаться соответствующее мерцание.

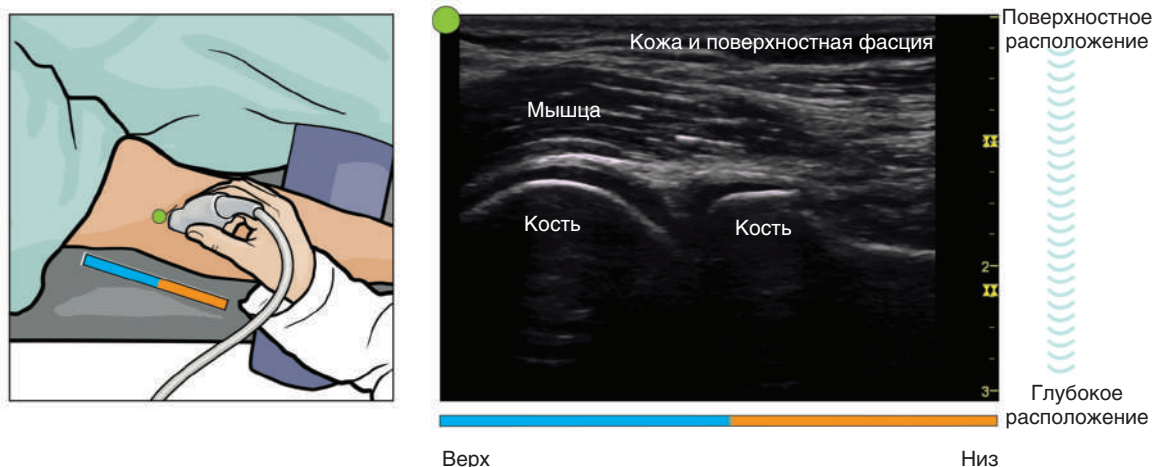


Рис. 1.3. Использование маркера датчика и маркера изображения для ориентации полученного изображения по продольной оси

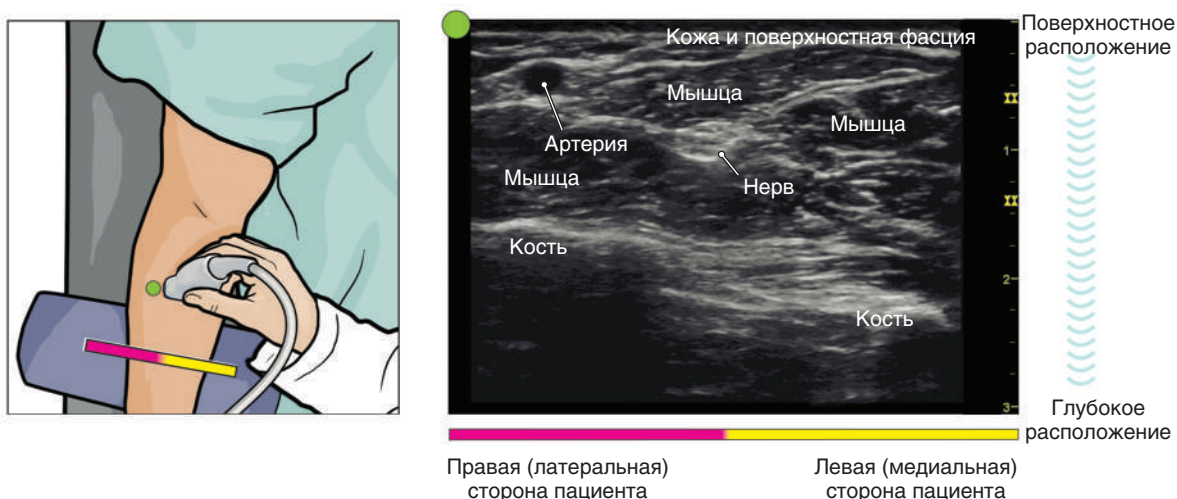


Рис. 1.4. Использование маркера датчика и маркера изображения для ориентации полученного изображения по поперечной оси

Внешний вид тканей на ультразвуковых изображениях

Под эхогенностью понимают количество ультразвука, отражаемого тканью относительно окружающих тканей (рис. 1.5).

Видимое различие в яркости изображения на УЗИ будет видно всегда, когда есть граница между тканями с различной эхогенностью. На основании степени эхогенности ткани и структуры описываются как гиперэхогенные (белого цвета на изображении), гипоехогенные (темно-серого цвета на изображении) или анэхогенные (черного цвета на изображении) (рис. 1.6).

Кожа

Кожа выглядит тонкой и яркой **гиперэхогенной линией**. Эпидермис и дерму можно различить только при УЗИ с высоким разрешением. Поверхность кожи выглядит гиперэхогенной тонкой полосой, в которой различимы гиперэхогенный эпидермис и дерма умеренно повышенной эхогенности. Глубже дермы расположена подкожно-жировая клетчатка в виде гипоехогенного слоя, состоящего из двух компонентов: **анэхогенной/гипоехогенной** жировой ткани, разделенной тонкими гиперэхогенными линиями — соединительно-тканными перегородками.

Скелетные мышцы

Скелетная мышца имеет четкий внешний вид, который различается в поперечных (по-

перек продольной оси мышцы) и продольных проекциях (параллельно продольной оси мышцы). В поперечной проекции мышечная ткань в основном анэхогенная/гипоехогенная и перемежается с многочисленными короткими тонкими гиперэхогенными линиями, представляющими собой отражения от соединительной ткани перимизия. Такая картина часто называется «звездное небо».

В продольной проекции большая часть мышечной ткани остается анэхогенной/гипоехогенной, а гиперэхогенные линии перимизия удлиненные, демонстрируют пучкообразную структуру мышцы. Большинство поверхностей/границ мышц хорошо визуализируются благодаря гиперэхогенным линиям, соответствующим эпимизию и соединительной ткани глубокой фасции.

Сухожилия

Сухожилия имеют четкий внешний вид благодаря высокоупорядоченным параллельным пучкам коллагеновых волокон, которые составляют большую часть внутренней структуры сухожилия. В результате многочисленные тонкие гиперэхогенные линии заполняют внутреннее пространство сухожилия при визуализации по продольной оси сухожилия (обычно такой вид называют *фибрилярным*); кроме того, на поверхности сухожилия есть гиперэхогенная граница (эпитединий, заключающий в себе сухожилие).



Рис. 1.5. Эхогенность и серошкальные изображения. Оттенки серой шкалы

В поперечной проекции внутреннее пространство сухожилия заполнено многочисленными кластерами мелких гиперэхогенных

точек (обычно такой паттерн называют «*щетиная щетка*»), также с четкой гиперэхогенной поверхностью (рис. 1.6).

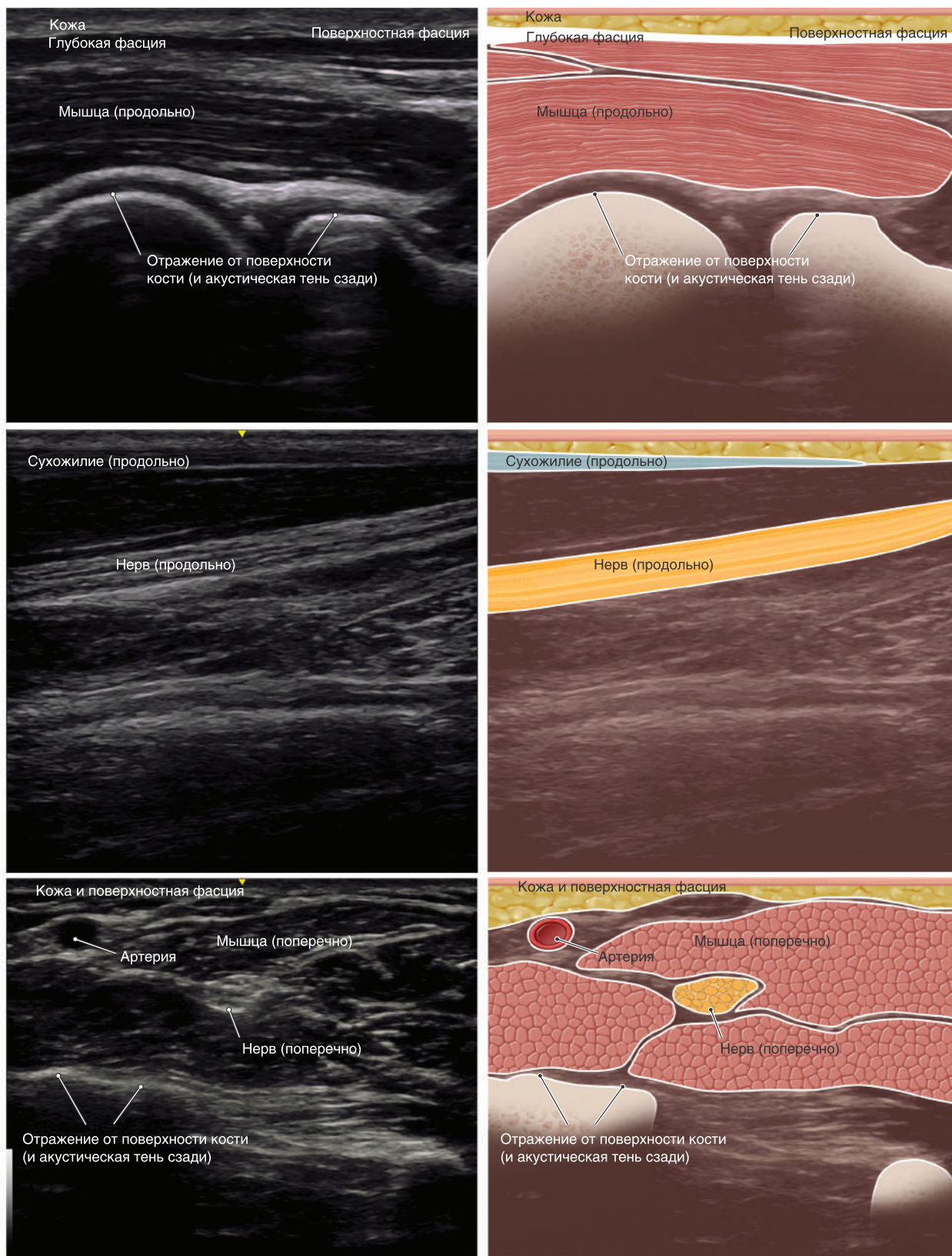


Рис. 1.6. Внешний вид часто наблюдаемых тканей на ультразвуковых изображениях

Нервы

Нервы на поперечном изображении выглядят как чередование множественных гипоэхогенных фасцикул («медовые соты») с гиперэхогенной оболочкой (благодаря отражающим свойствам соединительной ткани эпиневрия и периневрия).

При визуализации продольно нервные пучки выглядят как множественные тонкие гипоэхогенные полосы, параллельные продольной оси нерва на гиперэхогенном фоне периневрия и окружающего эпиневрия («пучок соломки») (см. рис. 1.6).

Кость

Поверхности костей выглядят как гиперэхогенные линии с четкими акустическими тенями. Для небольших костных структур часто акустические тени являются очевидным визуальным проявлением их наличия. Так как поверхность кости является сильно отражающей, в акустической тени могут появляться артефакты (реверберации и *зеркальные изображения*) (см. рис. 1.6).

Жидкости

Жидкости, такие как кровь, желчь и моча, являются анэхогенными. Кроме того, звуковая энергия распространяется через жидкости с минимальными потерями по сравнению с мягкими тканями. Это существенно повышает эхогенность в тканях, расположенных глубже скопления жидкости, так как больше звуковой энергии достигает эти ткани в сравнении с прилежащими нежидкость-содержащими участками.

Кровеносные сосуды

Кровь (жидкость), протекающая через просветы артерий и вен, является анэхогенной (при отсутствии сгустков), тогда как соединительная ткань стенок сосудов является гиперэхогенной. При УЗ-исследовании в поперечном сечении артерии по сравнению с венами обычно округлой формы (вены — чаще овальной формы), стенки артерий толще стенок вен похожего диаметра (см. рис. 1.6). Пульсация артерий и вен может легко наблюдаться

на изображениях в реальном времени (что иногда может вводить в заблуждение). Однако в норме вены легко сдавливаются при минимальном давлении датчика, тогда как артерии сдавливаются только при значительном давлении.

Основы работы с аппаратом ультразвукового исследования и оптимизации изображения

В ходе каждой процедуры УЗИ настройки УЗ-аппарата должны меняться *по мере необходимости* для оптимизации качества изображения. Для оптимизации большинства рутинных исследований достаточно знания функций кнопок аппарата УЗИ.

Глубина

Глубина сканирования отображается в сантиметрах на правой стороне изображения (рис. 1.7). В целом хорошо начинать исследование с большей глубины, чтобы визуализировать больше структур и ориентиров в поле зрения дополнительно к зоне/области интереса. После того как вы сориентировались в структурах на изображении и идентифицировали интересующую область, можно изменить глубину сканирования так, чтобы зона интереса располагалась в центре экрана.

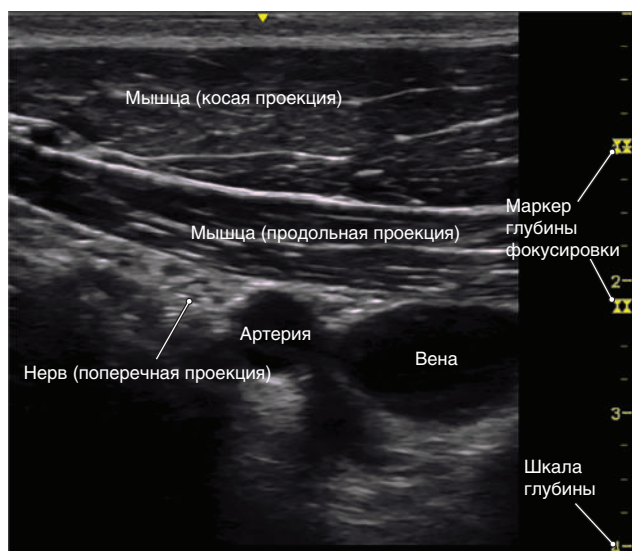


Рис. 1.7. Маркеры глубины сканирования и глубины фокусировки

Зоны фокуса (Focal points)

Большинство современных аппаратов УЗИ позволяют пользователю устанавливать одну или несколько фокусных зон. Фокусные зоны указываются рядом с маркерами глубины. Например, на рис. 1.7 показано изображение с глубиной сканирования 4 см, имеется 2 выбранные зоны фокуса (желтые значки *песочные часы*), установленные на глубине 1,0 и 2,25 см.

В основном следует выбирать 2 или 3 фокусные зоны, расположенные около зоны интереса. Это обеспечит наилучшую детализацию изображения структур, расположенных рядом с зоной фокуса.

Усиление (Gain)

Поворачивая ручку усиления, можно увеличивать или уменьшать усиление сигнала изображения, увеличивая либо уменьшая общую яркость изображения. Изображения, которые не слишком яркие и не слишком темные, лучше всего подходят для визуализации

структур (неопытные исследователи обычно выбирают чрезмерное усиление).

Тканевая гармоника (Tissue Harmonic Imaging)

УЗ-импульсы производятся преобразователем датчика на некоторой основной частоте (например, 12 МГц для типичного высокочастотного линейного датчика). Когда импульс движется через ткани, сами ткани вибрируют на частотах, кратных основной частоте (2X — первая гармоника, 4X — вторая гармоника и т.д.). Кнопка тканевой гармоники на аппарате УЗИ переключается между прослушиванием эхо на основной частоте и прослушиванием эхо только на частотах гармоник. Использование тканевой гармоники часто улучшает качество изображения, а именно уменьшает некоторые артефакты (реверберации), снижает шум изображения, уменьшает отражение эхосигнала в заполненных жидкостями полостях (в кистах) и увеличивает детализацию изображения (пространственное разрешение).