

СТАНДАРТЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

УДК 616-089-07

ОСНОВЫ АНАЛИЗА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. ЧАСТЬ 1

Я. П. Зорин, М. Г. Бойцова, Н. А. Карлова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
Научно-клинический и образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина»
Института высоких медицинских технологий, Санкт-Петербург, Россия

BASICS OF THE ULTRASOUND IMAGE ANALYSIS. PART 1

Ya. P. Zorin, M. G. Boytsova, N. A. Karlova

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
Научно-клинический и образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина»
Института высоких медицинских технологий, Санкт-Петербург, Россия

© Я. П. Зорин, М. Г. Бойцова, Н. А. Карлова, 2014 г.

В учебном пособии рассматриваются физические принципы формирования ультразвукового изображения и особенности интерпретации различных тканей. Материал предназначен в первую очередь врачам, начинающим изучение ультразвуковой диагностики, и помогает научиться правильно интерпретировать нормальную ультразвуковую картину различных органов и структур и уверенно ориентироваться при диагностике различных патологических изменений.

Ключевые слова: ультразвук, эхогенность, эхографическая картина, визуализация тканей.

The tutorial covers the physical principles of ultrasound imaging and aspects of various tissues interpretation. The material is primarily intended to doctors who start studying ultrasound diagnostics and helps to learn how to interpret a normal ultrasound picture of the various organs and structures, and confidently diagnose various pathological changes.

Key words: ultrasound, echogenicity, sonographic presentation, tissue visualisation.

Введение. Анализ изображений является основой постановки диагноза при всех лучевых исследованиях. Рентгенологический метод был первым, поставившим перед клиницистами задачу интерпретации теневой картины. Каждый из используемых в лучевой визуализации типов излучений имеет свои особенности взаимодействия с тканями организма человека, и, соответственно, свои принципы формирования изображения, подлежащего анализу.

Построение ультразвукового изображения коренным образом отличается от рентгеновского, ввиду того, что ультразвук, как механическая волна, гораздо более активно взаимодействует с тканями организма, подвергаясь значительным изменениям благодаря отражению, поглощению, рассеянию, дифракции и интерференции. Анализ ультразвукового изображения невозможен без знания основ взаимодействия ультразвука с биологическими тканями и понимания принципов формирования эхографической картины.

Предлагаемое учебное пособие имеет своей целью помочь врачам, начинающим изучать ультразвуковую диагностику, понять основные принципы по-

лучения изображения, научиться правильно интерпретировать нормальную ультразвуковую картину различных органов и структур, и уверенно ориентироваться при диагностике различных патологических изменений.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТКАНЕЙ

Эхогенность. Понятие эхогенности (от греческого ἠχώ — отражение звука от удаленных предметов, воспринимаемое ухом или прибором; γένεσις — происхождение, возникновение, (за)рождение) является ключевым в ультразвуковой диагностике. Формирующееся на экране изображение представляет собой визуальное отображение эхо — отраженных акустических сигналов. Следует учитывать, что понятие эхогенности применимо почти исключительно для анализа картины, получаемой при ультразвуковом исследовании в В-режиме, поскольку М-режим и тем более, доплеровские исследования, в первую очередь, нацелены на изучение движе-

ния различных структур и анализ гемодинамики, а не морфологического состояния органов и тканей.

Эхографическое изображение представляет собой черно-белую картину, образованную 256 оттенками серой шкалы. В ультразвуковой диагностике принято подразделять все структуры человеческого тела по яркости их эхографического изображения на четыре группы, которым присвоены соответствующие названия (рис. 1).

1. Гиперэхогенные структуры: в значительной мере отражающие ультразвуковой сигнал, в ряде случаев являющиеся полностью непрозрачными для прохождения ультразвука. Данные структуры создают интенсивное эхо и отображаются на экране яркими оттенками серой шкалы, близкими к белому цвету.

2. Эхогенные структуры или структуры средней эхогенности: представляют собой наиболее широко представленную категорию различных тканей, отображающихся на экране умеренными, «средними» оттенками серой шкалы. Проницаемость данных структур для ультразвука относительно высока, но в то же время они в достаточной мере отражают ультразвуковой сигнал.

3. Гипоэхогенные структуры: в большей мере пропускающие ультразвук, и создающие более слабый отраженный сигнал. Отображаются на экране темными оттенками серой шкалы.

4. Анехогенные структуры: почти не создающие отраженных эхосигналов, поскольку являются высокопроницаемыми для ультразвука. Отображаются на экране оттенками серой шкалы, близкими к черному.

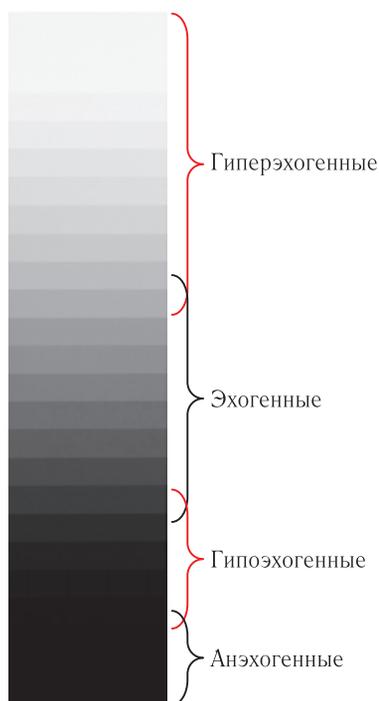


Рис. 1. Цвет изображения в зависимости от эхогенности.

Следует учитывать, что данное подразделение является в некоторой мере условным, поскольку отсутствуют точные критерии, позволяющие разгра-

ничить структуры по их эхогенности. В частности, один и тот же цвет изображения на экране, соответствующий «пограничной зоне» между двумя соседними типами эхогенности, может по-разному интерпретироваться различными специалистами. Кроме того, описание эхогенности той или иной структуры всегда зависит от эхогенности окружающих структур, являющихся «фоном» для изучаемого участка изображения. В результате один и тот же цвет изображения на экране может быть различно интерпретирован, в зависимости от эхогенности других элементов изображения (рис. 2).

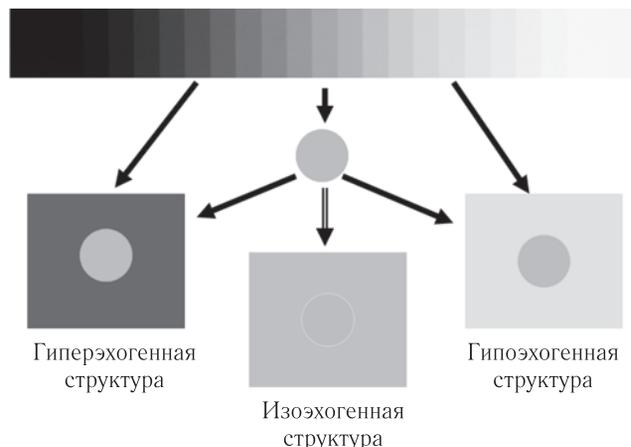


Рис. 2. Различная интерпретация эхогенности структур в зависимости от эхогенности окружающего «фона».

Так, например, структура средней эхогенности может быть описана как гипоэхогенная, если она наблюдается на более эхогенном, светлом фоне. Эта же структура на темном, гипоэхогенном фоне будет обозначена врачом как гиперэхогенная. В случае же близкой эхогенности изучаемой структуры и окружающих тканей, она описывается как изоэхогенная. Таким образом, одна и та же структура, в зависимости от эхогенности окружающих тканей, может быть различно интерпретирована врачом ультразвуковой диагностики.

Знание основ взаимодействия ультразвука с различными тканями и структурами позволяет сделать вывод об общих принципах формирования ультразвуковой картины, применимых к изучению любых органов человеческого тела (рис. 3).

Поскольку жидкости являются средой, обладающей высокой проницаемостью для прохождения ультразвуковых волн, повышенное количество воды всегда будет подразумевать снижение эхогенности изучаемых структур, вплоть до отсутствия отраженного сигнала у однородных жидкостей. Практически аналогичный принцип наблюдается и при изучении жировой ткани. В то же время наличие большого количества коллагеновых волокон всегда приводит к повышению эхогенности, поскольку коллаген малопрозрачен для ультразвука. Известно, что отражение ультразвука происходит от границ раздела сред, обладающих различной акустической плотностью,

следовательно, чем больше изучаемая ткань или среда содержит границ раздела сред, даже микроскопических, размер которых находится за пределами разрешающей способности аппарата, или включений, приводящих к появлению дополнительного отражения сигнала, тем выше будет эхогенность и тем более ярким будет изображение данной структуры на экране. Кроме того, некоторые структуры

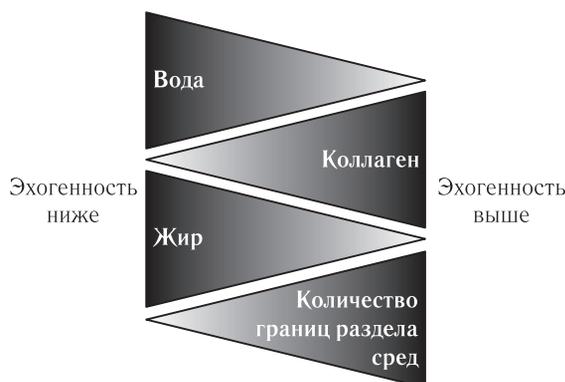


Рис. 3. Общие принципы формирования эхогенности.

всегда будут отображаться как гиперэхогенные, независимо от их размера, поскольку практически непрозрачны для ультразвука — кости, конкременты, петрификаты, скопления воздуха и плотные (чаще металлические) инородные предметы. Таким образом, знание о звукопроводимости различных структур и учет соотношения звукопроводимых и непрозрачных для ультразвука сред позволяет сделать общее распределение большинства изучаемых тканей и структур по их эхогенности (рис. 4).

Общие принципы ультразвуковой визуализации тканей. Формирование эхографической картины зависит от анатомического строения органов и гистологической структуры тканей.

В настоящее время имеется несколько подходов к классификации тканей. Общепринятой является морфофункциональная классификация (по А. А. Заварзину), в соответствии с которой выделяют четыре тканевые группы:

- 1) соединительные ткани;
- 2) эпителиальные ткани;
- 3) мышечные ткани;
- 4) нервная ткань.

Общие принципы ультразвуковой визуализации соединительной ткани. Соединительная ткань выполняет опорную, трофическую и защитную функции. Особенностью этой ткани является наличие хорошо развитых межклеточных структур, и в первую очередь, коллагеновых волокон. В зависимости от состава клеток, типа и свойств межклеточных структур выделяют собственно соединительную ткань, соединительную ткань опорного типа и соединительную ткань со специальными свойствами.

Основные виды соединительной ткани представлены на схеме (рис. 5).

Ультразвуковая картина соединительной ткани в значительной мере различается в зависимости от ее состава. Можно выделить следующие основные принципы формирования эхографического изображения соединительной ткани:

1) чем больше коллагеновых волокон — тем выше эхогенность ткани;

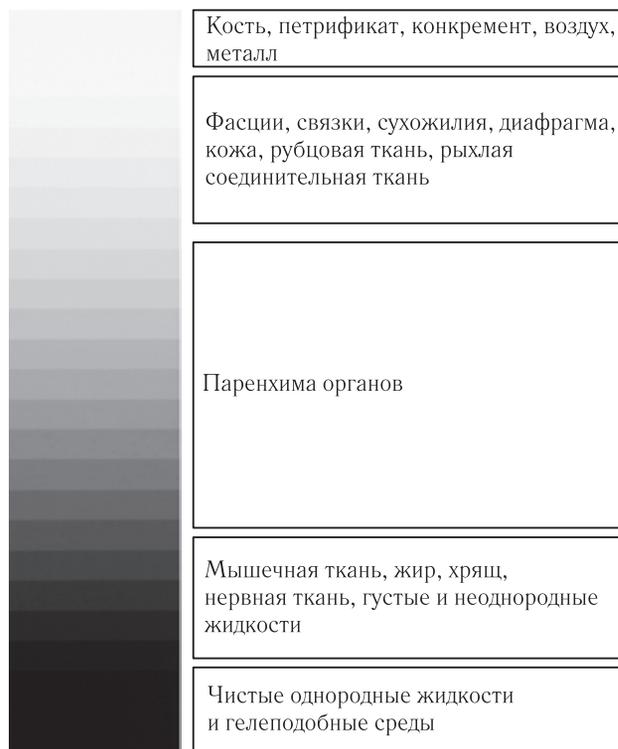


Рис. 4. Эхогенность различных структур и сред.

2) чем больше межклеточного вещества — тем ниже эхогенность ткани;

3) соединительная ткань со специальными свойствами, как правило, гипозоногенна.

Неоформленная рыхлая соединительная ткань наиболее широко представлена в организме человека. Она образует строуму органов, значительно представлена в составе подкожной клетчатки, сопровождает сосуды и нервы, заполняет пространства между органами, образует сосочковый слой кожи. Клеточный состав неоформленной рыхлой соединительной ткани представлен фибробластами, макрофагами, тучными клетками, адвентициальными, плазматическими клетками, перидитами, жировыми, пигментными клетками и лейкоцитами, находящимися в значительной мере окружающего их межклеточного вещества. Для формирования ультразвуковой картины наиболее важно наличие в рыхлой соединительной ткани большого количества хаотично расположенных коллагеновых и эластических волокон, благодаря которым значительно повышается акустическое сопротивление ткани (рис. 6, 7).

Таким образом, любые, даже небольшие по объему скопления рыхлой соединительной ткани будут определяться как гиперэхогенная структура; нали-



Рис. 5. Классификация соединительной ткани.

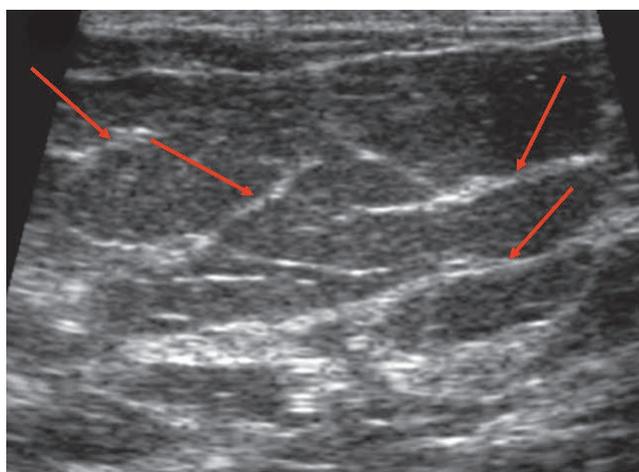


Рис. 6. Соединительнотканые прослойки в подкожной клетчатке.

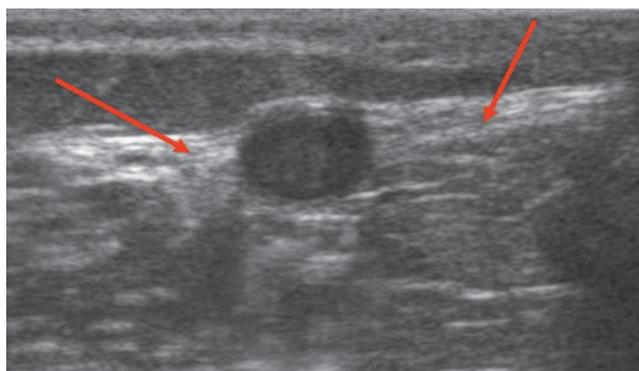


Рис. 7. Рыхлая соединительная ткань, сопровождающая крупный сосуд в подкожной клетчатке.

чие в структуре органа наряду со специфическими тканями рыхлой неоформленной соединительной ткани всегда будет приводить к повышению общей эхогенности.

Неоформленная плотная соединительная ткань образует сетчатый слой кожи, и потому редко является объектом для прицельной ультразвуковой визуализации. Однако наличие в ней большого количества

плотно расположенных волокон с неупорядоченным их расположением и незначительного количества клеточных элементов и межклеточного вещества приводит к тому, что в ультразвуковом изображении кожа всегда выглядит как плотный слой повышенной эхогенности. Неоформленная плотная соединительная ткань также присутствует, наряду с неоформленной рыхлой соединительной тканью, в составе рубцовых образований, благодаря чему рубец всегда определяется как участок повышенной эхогенности (рис. 8).

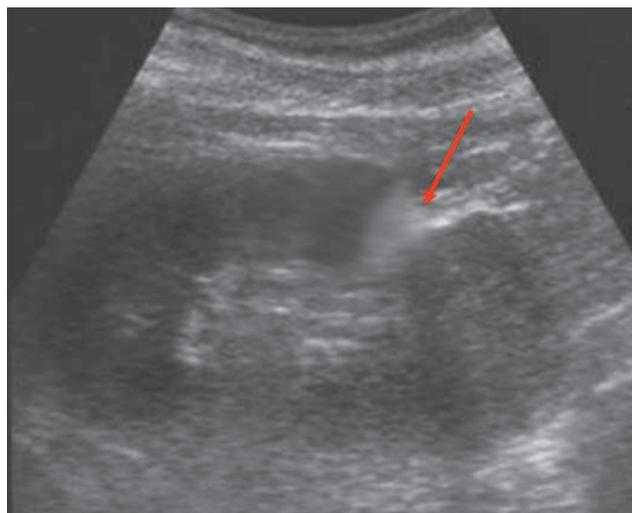


Рис. 8. Рубец в паренхиме почки.

Ультразвуковая визуализация оформленной соединительной ткани подчиняется несколько иным закономерностям. В сухожилиях, связках, фасции, диафрагме, склере глаза волокна коллагена располагаются упорядоченно, что в значительной мере влияет на звукопроводимость ткани, понижая акустическое сопротивление. В результате структуры, образованные оформленной соединительной тканью, как правило, гиперэхогенны, но имеют меньшую эхогенность по сравнению с неоформленной соединительной тканью.

Оформленная соединительная ткань обладает различной эхогенностью в зависимости от расположения волокон по отношению к ультразвуковому лучу. Это связано с эффектом анизотропии (рис. 9).

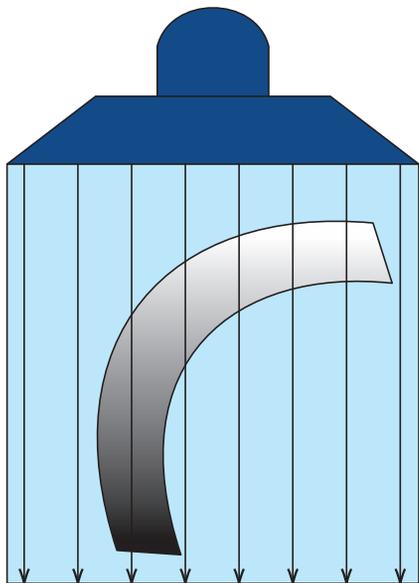


Рис. 9. Эффект анизотропии. Различие в эхогенности сухожилия в зависимости от направления волокон по отношению к направлению ультразвукового излучения.

При расположении волокон перпендикулярно направлению ультразвукового излучения (параллельно поверхности датчика) ультразвуковое сопротивление ткани значительно выше, чем при продольном расположении волокон. Соответственно, при поперечном расположении волокон эхогенность более высокая, при продольном — низкая.

Эффект анизотропии проявляется только при исследовании сухожилий и связок, в которых все волокна имеют одно направление. При исследовании фасций и диафрагмы эффект анизотропии не проявляется в связи с наличием в них отдельных слоев коллагеновых волокон, имеющих разное направление. Следует помнить, что эхогенность оформленной соединительной ткани почти всегда ниже, чем неоформленной.

Ультразвуковая визуализация сухожилий и связок. Сухожилие состоит из толстых, плотно лежащих параллельных пучков коллагеновых волокон. Между этими пучками располагается незначительное количество клеток и основного аморфного вещества. Каждый пучок, отделенный от соседнего слоем фиброцитов, называется пучком первого порядка. Несколько пучков первого порядка, окруженных тонкими прослойками рыхлой волокнистой соединительной ткани (РВСТ), составляют пучки второго порядка, и т. д. В РВСТ проходят кровеносные сосуды (рис. 10).

На фоне окружающих тканей сухожилие определяется как гиперэхогенная структура с характерным слоистым строением (рис. 11), с характерными участками понижения эхогенности в местах физиологических изгибов вследствие эффекта анизотропии (рис. 12).

Аналогичным правилам подчиняется формирование ультразвукового изображения связок (рис. 13).

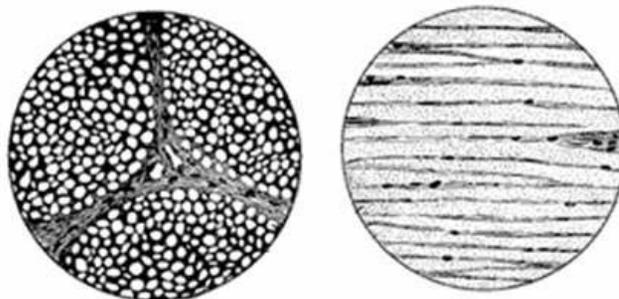


Рис. 10. Структура сухожилия в продольном и поперечном изображении.



Рис. 11. Изображение сухожилия длинного сгибателя большого пальца кисти (1) на фоне мышечной ткани (2) короткого сгибателя большого пальца.

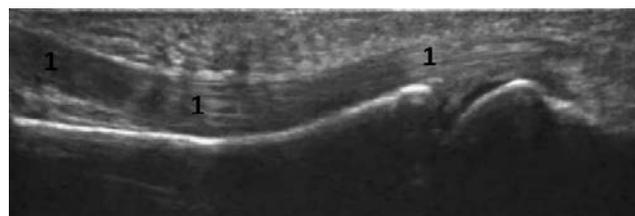


Рис. 12. Исследование мягких тканей пальца кисти. На фоне мелкоячеистой жировой клетчатки сухожилие (1) определяется как слабогиперэхогенная структура. В местах изгибов вследствие эффекта анизотропии сухожилие определяется как гипоэхогенная структура.

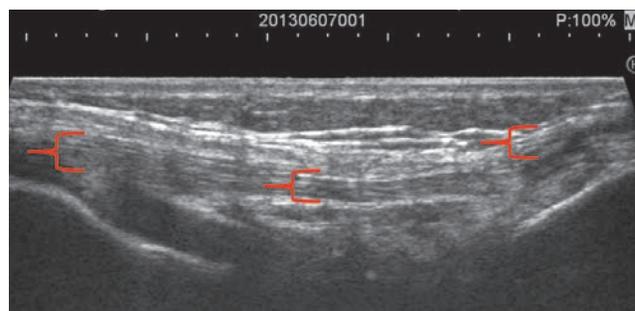


Рис. 13. Изображение боковой связки коленного сустава.

Следует учитывать, что интерпретация эхогенности сухожилий и связок в значительной мере зависит от окружающих структур. Нередко сухожилия и связки окружены рыхлой соединительной тканью, облада-

ющей более высокой эхогенностью, на фоне которой они выглядят как структуры умеренно пониженной эхогенности.

Ультразвуковая визуализация фасций, капсулы органов и диафрагмы. Различные фасции и сухожильная часть диафрагмы, капсулы органов, надхрящница представлены оформленной соединительной тканью, однако многослойное их строение с различным направлением волокон коллагена в различных слоях приводит к отсутствию влияния эффекта анизотропии. В связи с этим данные структуры всегда определяются как гиперэхогенные, независимо от их расположения и направления ультразвукового излучения (рис. 14, 15).

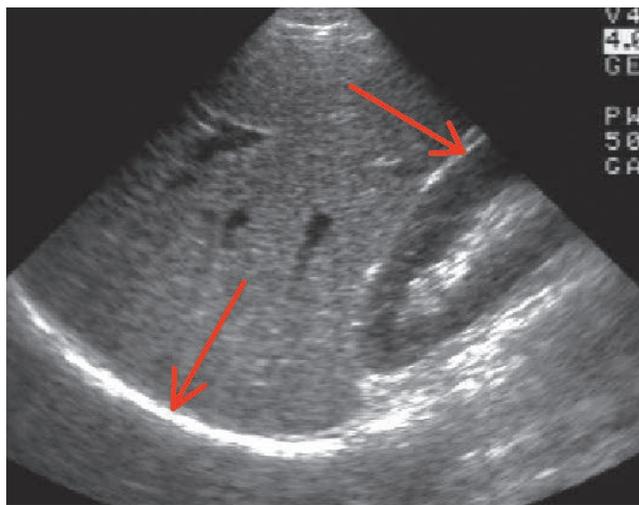


Рис. 14. Ультразвуковое изображение диафрагмы и капсулы почки.

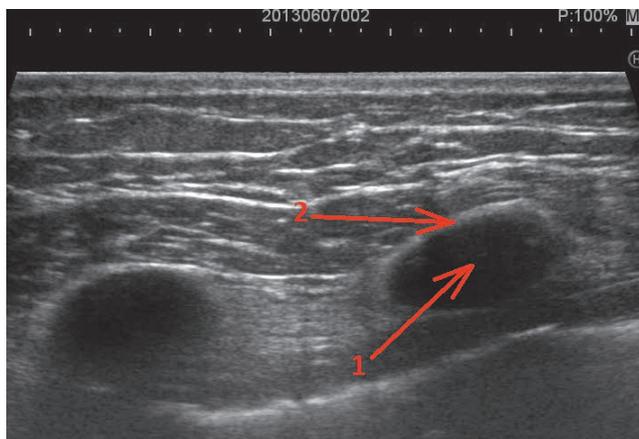


Рис. 15. Ультразвуковое изображение надхрящницы: 1 — поперечное изображение хрящевой части ребра; 2 — надхрящница.

Общие принципы ультразвуковой визуализации соединительной ткани со специальными свойствами

Ультразвуковая визуализация жировой ткани. Жировая ткань очень широко представлена в организме, преимущественно образуя скопления в подкожной клетчатке, большом сальнике, по ходу брыжейки кишечника, образует отложения вокруг

внутренних органов, в значительной мере участвует в формировании желтого костного мозга. Жир в «чистом виде» является акустически однородной средой, в связи с чем его эхогенность очень низка и приближается к эхогенности жидкостей. Однако наличие соединительнотканых прослоек между дольками жировой ткани, а также размер жировых долек в значительной мере повышают эхогенность жировых скоплений, в результате чего жировая ткань различной локализации может по-разному отображаться при ультразвуковом исследовании, в зависимости от ее анатомо-гистологической архитектоники. Возможно, на характер визуализации жировой ткани влияет и ее тип. У взрослого человека имеется значительное преобладание белой жировой ткани и лишь незначительное количество бурой жировой ткани, которая может определяться в почечном синусе и в области корней легких. Корни легких недоступны для ультразвукового исследования, в отличие от почек. Бурая жировая ткань имеет мелкодольчатое строение, что обуславливает большее количество соединительнотканых перегородок и, следовательно, более высокую эхогенность. Возможно, что в некоторой степени высокая эхогенность почечного синуса обусловлена наличием там бурого жира. Белая жировая ткань, как правило, гипозоногенна. Наиболее крупные жировые дольки наблюдаются в подкожной клетчатке брюшной стенки, грудной стенки и в структуре молочных желез при их инволютивной перестройке. Именно поэтому в данных областях жировая ткань имеет характерную ультразвуковую картину в виде крупноячеистой гипозоногенной структуры с более эхогенными тонкими прослойками между дольками, обусловленными наличием рыхлой неоформленной соединительной ткани (рис. 16).



Рис. 16. Жировая клетчатка молочных желез при инволютивных изменениях.

Подкожная жировая ткань конечностей имеет более мелкоячеистое строение, что приводит к повышению ее ультразвуковой плотности и умеренному преобладанию эхогенности жировой клетчатки над эхогенностью подлежащей мышечной ткани. Наи-

более высокая эхогенность подкожной жировой ткани наблюдается в дистальных отделах конечностей, где она характеризуется наименьшим размером долек (рис. 17).

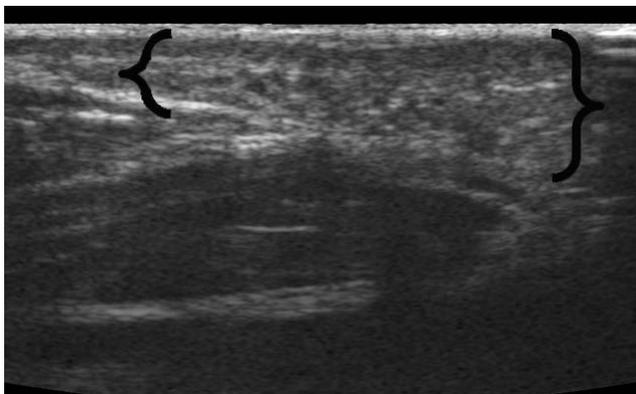


Рис. 17. Подкожная жировая клетчатка в нижней трети голени.

Ультразвуковая визуализация ретикулярной ткани. Ретикулярная ткань — разновидность соединительной ткани, имеет сетевидное строение, состоит из отростчатых ретикулярных клеток и тонких ретикулярных волокон. Участвует в образовании стромы кровеносных органов. Ретикулярная ткань не содержит коллагена и достаточно однородна по структуре, поэтому «в чистом виде» должна быть гипоэхогенной. Эхогенность ее повышается при одновременном наличии соединительнотканной стромы. В наибольшем количестве ретикулярная ткань содержится в селезенке и лимфатических узлах. Эхогенность ткани селезенки и паренхимы лимфатических узлов различна, так как различно количество соединительной ткани, принимающей участие в образовании стромы этих органов. Паренхима корти-

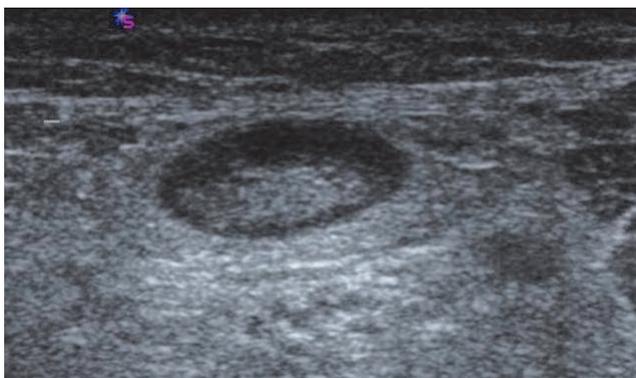


Рис. 18. Ультразвуковая визуализация лимфатического узла.

кального слоя лимфатического узла состоит из ретикулярной ткани и большого количества лимфоидных клеток, но при этом содержит незначительное количество соединительнотканых перегородок, которые почти не влияют на общую эхогенность ткани (рис. 18). Паренхима селезенки состоит из фолликулов, разделенных соединительноткаными перегородками, в связи с чем эхогенность ткани селезенки выше. Особенности формирования ультразвукового изоб-

ражения паренхиматозных органов рассмотрены в соответствующем разделе.

Общие принципы ультразвуковой визуализации соединительной ткани опорного типа

Ультразвуковая визуализация костной ткани.

Костная ткань — вид соединительной ткани опорного типа. Основу кости составляют коллагеновые волокна, окруженные кристаллами гидроксиапатита, которые образуют концентрические пластинки. Кость содержит от 5 до 15% воды. Клеточными элементами костной ткани являются остеобласты, остециты и остеокласты.

При ультразвуковом исследовании кость всегда гиперэхогенна и почти непрозрачна для ультразвука. В связи с крайне низкой звукопроводимостью костной ткани при исследовании любой кости визуализируется только ее передний контур — обращенный к датчику, в то время как остальные отделы кости полностью скрываются в массивной акустической тени. Любые ультразвуковые отражения, видимые «в глубине» позади обращенного к датчику контура кости (полосы, пятна и т. д.) не являются отображением внутрикостных структур, а возникают, как правило, вследствие различных ультразвуковых артефактов, например реверберации (рис. 19).

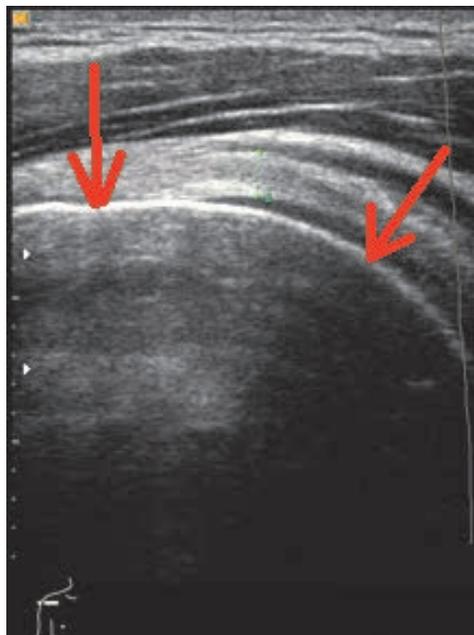


Рис. 19. Ультразвуковое изображение поверхности головки плечевой кости.

Позади костных структур обычно наблюдается специфический артефакт, характерный для образований, обладающих высокой акустической плотностью, — дистальная акустическая тень (рис. 20). Отчетливо визуализируется только та поверхность кости, которая обращена к поверхности датчика, а «дистальная» поверхность, так же как и внутрикостные структуры, не визуализируются и полностью скрываются в акустической тени.



Рис. 20. Ультразвуковое изображение ребра в поперечном сечении: 1 — ребро; 2 — дистальная акустическая тень.

Ультразвуковая визуализация хрящевой ткани.

Хрящевая ткань — разновидность соединительной ткани опорного типа, характеризующаяся наличием большого количества плотного аморфного межклеточного вещества (на 75% состоящего из воды), небольшого количества клеток (хондроцитов) и различного количества коллагена.

Выделяют три типа хрящей:

1) гиалиновый хрящ — покрывающий суставные поверхности всех костей, формирующий хрящевую часть ребер, кольца трахеи и бронхов;

2) эластический хрящ, участвующий в формировании ушной раковины и хрящей гортани;

3) волокнистый хрящ, образующий межпозвоночные диски, суставные мениски, симфиз.

Вследствие наличия большого количества аморфного вещества и относительно малого количества коллагена, хрящ при ультразвуковом исследовании определяется как гипоэхогенная структура. Наименьшей эхогенностью обладают гиалиновый и эластический хрящи, почти не содержащие коллагена. Волокнистый хрящ, содержащий значительное количество волокон, обладает несколько большей эхогенностью (рис. 21–24).

Следует учитывать, что в ряде случаев хрящевые образования могут иметь настолько низкую эхогенность, что могут симулировать анэхогенные жидкостные структуры.

Ультразвуковая визуализация эпителиальных тканей. Эпителиальная ткань очень широко представлена в организме. Морфологически она представляет собой слой клеток, выстилающий поверхность кожи (эпидермис) и полости тела, а также слизистые оболочки внутренних органов, пищеварительного тракта, дыхательной системы, мочеполовых путей. Кроме того, эпителиальная ткань образует большинство желез внешней и внутренней секреции.

Согласно существующей классификации, эпителий подразделяется на однослойный и многослойный (рис. 25).

Морфологически эпителиальная ткань достаточно однородна, не содержит коллагеновых волокон и потому должна быть гипоэхогенной. Но в «чис-

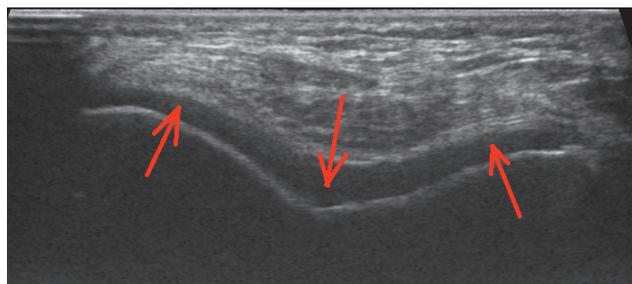


Рис. 21. Ультразвуковое изображение гиалинового хряща дистального эпифиза бедренной кости.

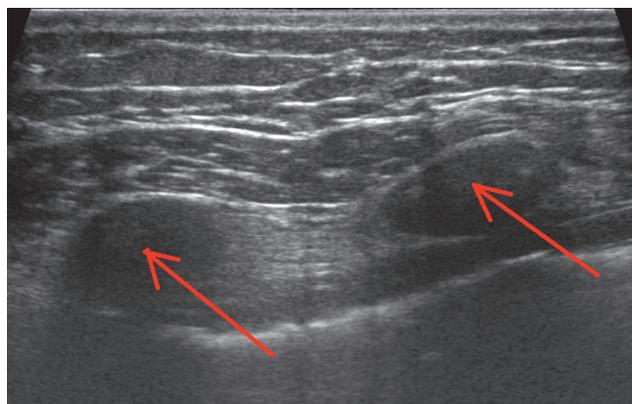


Рис. 22. Ультразвуковое изображение хрящевых отделов ребер.

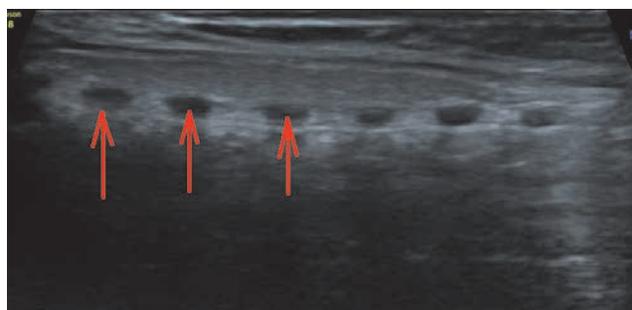


Рис. 23. Ультразвуковое изображение хрящевых колец трахеи (при продольном сканировании трахеи).

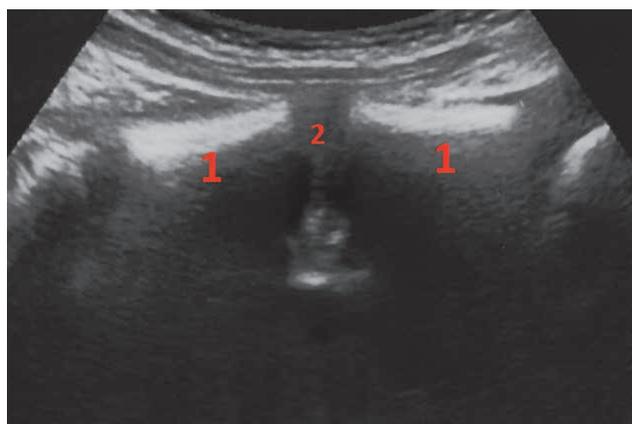


Рис. 24. Ультразвуковое изображение межпозвоночных дисков (при продольном сканировании поясничного отдела позвоночника через переднюю брюшную стенку): 1 — тела позвонков; 2 — межпозвоночный диск.

том» виде эпителиальные структуры не видны при ультразвуковом исследовании — однослойный эпителий по толщине находится за пределами разреша-

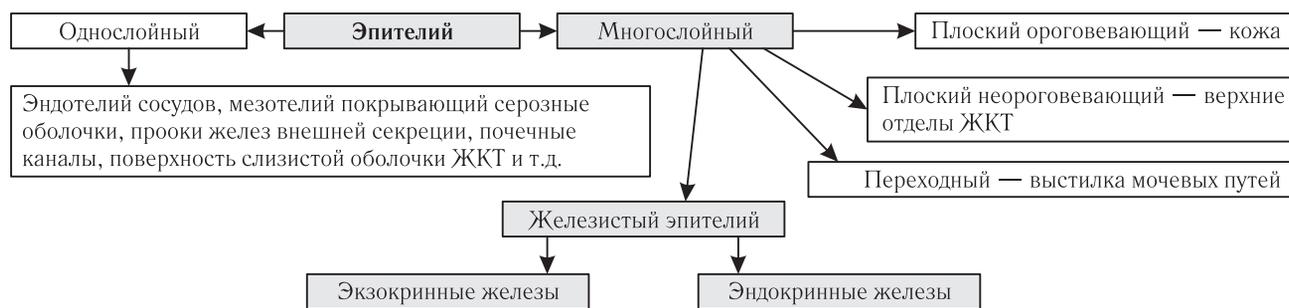


Рис. 25. Типы и распределение эпителиальных тканей в организме.

ющей способности аппаратов, сформированные из эпителиальных клеток фолликулы, тяжи (и образованные ими дольки), трубочки также не превышают размеров 1–1,5 мм и не видны раздельно. Поэтому ультразвуковая картина структур, содержащих эпителиальную ткань, в значительной мере зависит от архитектоники органа и наличия других тканей, влияющих на отражение ультразвука. Особенности ультразвуковой визуализации органов и структур, содержащих эпителиальную ткань, рассмотрены в последующих разделах.

Ультразвуковая визуализация мышечных тканей. Мышечные ткани — это ткани, различные по строению и происхождению, но сходные по способности к выраженным сокращениям. Они обеспечивают перемещение в пространстве всего организма в целом, движение отдельных его частей и движение органов внутри организма. Выделяют три типа мышечных тканей — поперечно-полосатые (скелетные) мышцы, сердечная мышца и гладкие мышцы. Мышечные ткани содержат до 70–75% воды и незначительное количество коллагена, который содержится в соединительной ткани и составляет не более 4% общей массы мышцы.

Мышечные волокна скелетных мышц окружены очень тонкими прослойками рыхлой соединительной ткани (эндомизий). Мышечные пучки окружены более толстыми прослойками рыхлой соединительной ткани (перимизий). Всю мышцу окружает эпимизий (рис. 26).

Основную массу мышцы составляют мышечные волокна, поэтому скелетные мышцы гипозоногенны. Располагающиеся вдоль волокон тонкие прослойки рыхлой соединительной ткани образуют тонкую гиперэхогенную исчерченность при продольном сканировании и гиперэхогенные точечные и короткие линейные включения на поперечных срезах мышцы (рис. 27, 28).

Нередко скелетные мышцы имеют косое направление волокон, что проявляется при ультразвуковом исследовании как характерная косая исчерченность относительно изображения фасций. Следует учитывать, что скелетные мышцы обладают выраженной способностью к сокращению, что может быть легко изучено при ультразвуковом исследовании, путем выполнения функциональных проб. Сокращающаяся мышца сохраняет свою эхогенность и структуру,

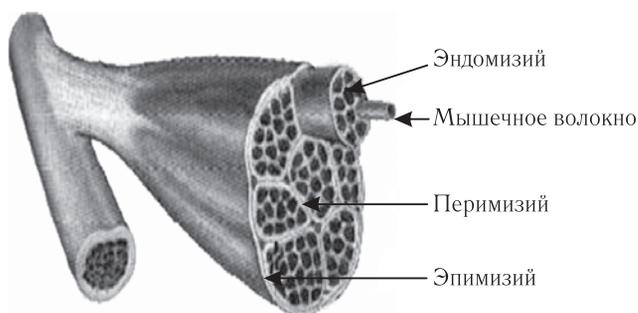


Рис. 26. Строение скелетной мышцы.

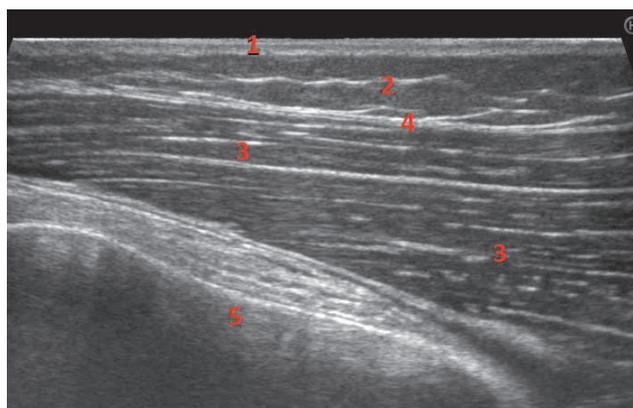


Рис. 27. Ультразвуковое продольное изображение скелетной мышцы: 1 — кожа; 2 — жировая клетчатка; 3 — мышца; 4 — фасция; 5 — кость.

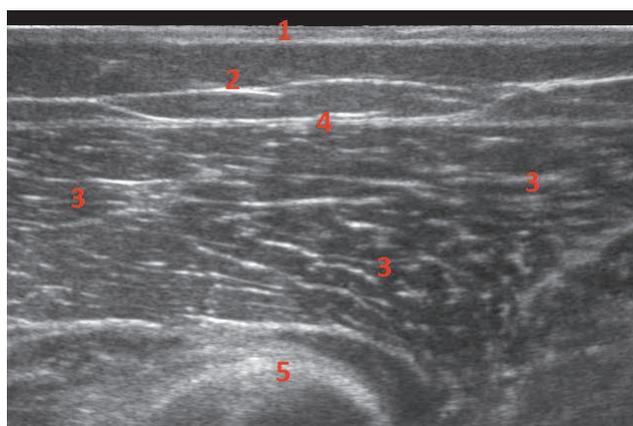


Рис. 28. Ультразвуковое поперечное изображение скелетной мышцы: 1 — кожа; 2 — жировая клетчатка; 3 — мышца; 4 — фасция; 5 — кость.

но значительно увеличивается в объеме, оттесняя окружающие ткани.

Сердечная мышца в ультразвуковом изображении по своей структуре практически не отличается

от скелетных мышц, но ее гиперэхогенная исчерченность несколько менее выражена, в связи с меньшим количеством соединительной ткани.

Гладкие мышцы образованы миоцитами и незначительным количеством рыхлой соединительной ткани, располагающейся между пучками миоцитов, в связи с чем продольная исчерченность, характерная для скелетных мышц, при исследовании гладкой мышечной ткани не наблюдается. Гладкомышечные структуры всегда определяются как гипоэхогенные и достаточно однородные. Наглядным примером является ультразвуковое изображение миометрии и мышечного слоя полых органов желудочно-кишечного тракта (рис. 29).

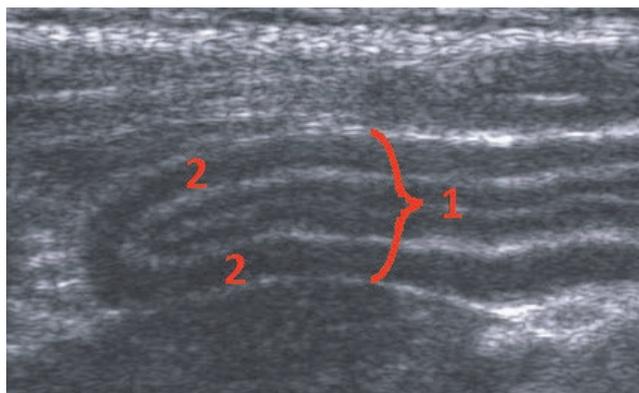


Рис. 29. Ультразвуковое изображение фрагмента тонкой кишки: 1 — дубликатура стенки кишки; 2 — гладкомышечный слой.

Ультразвуковая визуализация нервной ткани.

Нервная ткань — совокупность клеточных элементов, формирующих центральную и периферическую нервную систему, образована нейронами и глиальными клетками. Нервная ткань на 85–90% состоит из воды и почти не содержит коллагеновых волокон, поэтому всегда имеет пониженную эхогенность.

Детальное ультразвуковое изучение головного мозга возможно только у новорожденных и детей до года, поскольку в более позднем возрасте роднички, как правило, закрыты. Ткань головного мозга визуализируется как гипоэхогенная структура, с наличием гиперэхогенных прослоек, соответствующих бороздам мозга, в которых находятся оболочки мозга, содержащие соединительную ткань (рис. 30).

Определенные особенности характерны для ультразвукового изображения периферических нервов. Отдельные нервные волокна (аксоны) окружены шванновскими клетками и миелиновой оболочкой. Пучки нервных волокон и отдельные волокна разделены эндоневрием — соединительнотканью перегородками, в которых проходят кровеносные и лимфатические сосуды. Несколько рядом лежащих пучков окружены периневрием, имеющим ана-

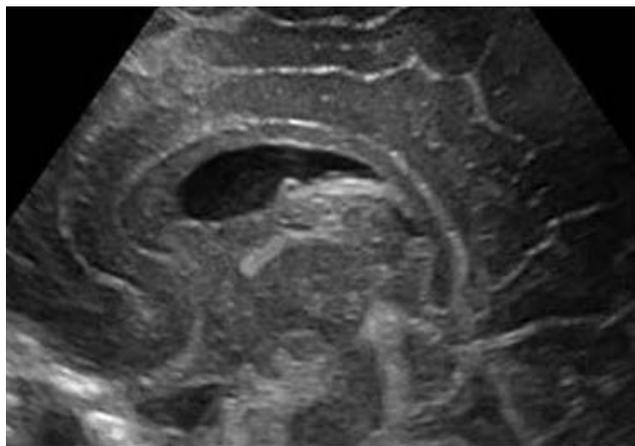


Рис. 30. Головной мозг ребенка. Ультразвуковое сканирование через родничок.

логичное строение, а весь нерв снаружи — соединительнотканью эпиневрием (рис. 31).

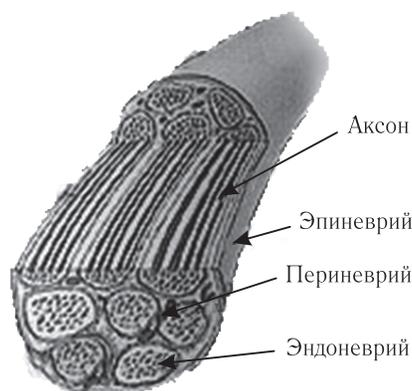


Рис. 31. Строение периферического нерва.

Таким образом, при ультразвуковом исследовании нерв представляет собой гипоэхогенную структуру с отчетливой продольной слоистостью, несколько напоминающую строение сухожилия (рис. 32).

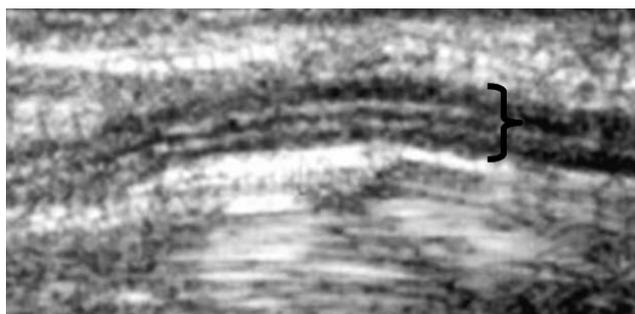


Рис. 32. Ультразвуковое продольное изображение срединного нерва.

В поперечном изображении нерв определяется как гипоэхогенное образование практически умеренно неоднородной структуры, с незначительными точечными и очень тонкими короткими линейными гиперэхогенными включениями.