

СТАНДАРТЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

УДК 616-089-07

ОСНОВЫ АНАЛИЗА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. ЧАСТЬ 2

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

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

BASICS OF THE ULTRASOUND IMAGE ANALYSIS. PART 2

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

St. Petersburg State University, scientific and clinical educational centre «Medicine» Institute of the High Medical Technologies, St. Petersburg, Russia

© 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.

Ультразвуковая визуализация паренхимы.

Общим для всех паренхиматозных органов является наличие соединительнотканной стромы и специализированных (чаще — эпителиальных) клеток, составляющих основную массу органа. В каждом органе паренхима формирует специализированные архитектурные (пространственные) конструкции: в печени — дольки, в почке — нефроны, в селезенке и щитовидной железе — фолликулы.

Размер указанных архитектурных конструкций находится на пределе разрешающей способности ультразвуковых сканеров, поэтому отдельные дольки и фолликулы визуализировать невозможно. Но в то же время подобное строение паренхиматозных органов обуславливает их характерную «зернистую» структуру.

В зависимости от размеров структурных единиц органа (долек, фолликулов и т. д.) эхографически структура может быть крупнозернистой, мелкозернистой или практически однородной. Структура считается мелкозернистой при размере «зерен» не более 1 мм.

Паренхиматозные органы: печень, селезенка, поджелудочная железа, надпочечники, щитовидная железа, слюнные железы — в основной своей массе

состоят из железистой ткани, т. е. из эпителия, для которого характерна низкая эхогенность. Но их дольковое или фолликулярное строение с наличием стромы из рыхлой неоформленной соединительной ткани приводит к повышению общей эхогенности.

Если бы структурные единицы паренхимы были бы достаточно крупными и могли бы быть видимы отдельно при ультразвуковом исследовании, то каждая долька или фолликул визуализировалась бы как отдельное гипозоногенное образование с гиперэхогенной оболочкой. Но при уменьшении размеров долек будет нарастать количество как соединительнотканых прослоек, так и границ раздела сред, обладающих различной эхогенностью, что приведет к повышению эхогенности и к выравниванию общей эхогенности паренхимы вследствие суммации эхогенности эпителиальной и соединительной ткани (рис. 1).

Таким образом, эхогенность паренхимы всегда будет выше, чем эхогенность самой эпителиальной ткани, но заметно ниже эхогенности рыхлой соединительной ткани, с характерной мелкозернистой структурой (рис. 2).

Ультразвуковая визуализация полостных структур. Морфологически полостные структуры представляют собой полое пространство различной

формы, заполненное жидкостью и часто имеющее оболочку. Если полостная структура не является патологической (киста, абсцесс, осумкованная жид-

Для полостных структур также весьма характерно наличие специфического артефакта — дистального псевдоусиления сигнала, «подсвечивающего» стру-

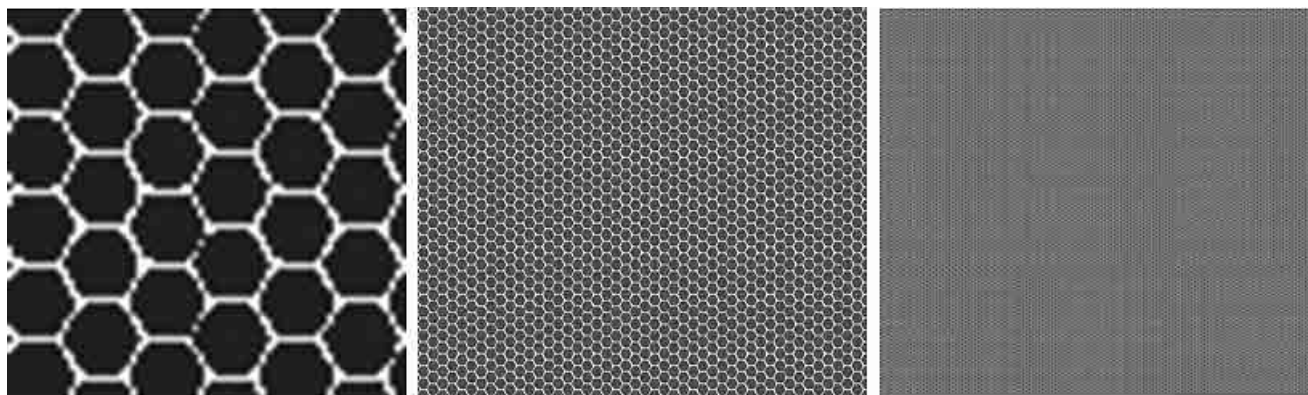


Рис. 1. Схематическое изображение формирования ультразвукового изображения parenchyma — суммиции эхогенности эпителиальных структур и соединительнотканых перегородок при уменьшении размеров долек.



Рис. 2. Ультразвуковое изображение parenchyma печени: 1 — печень; 2 — диафрагма; 3 — правая почка.

кость), то ее стенка очень часто состоит из определенного количества слоев. Внутренний слой — эпителиальный (эпителий, слизистая оболочка), средний слой — рыхлая соединительная ткань и гладкомышечные элементы, наружный слой — адвентициальная и, в ряде случаев, серозная оболочка. При небольшой общей толщине стенки полости отдельные ее слои не дифференцируются и стенка выглядит эхографически однородной. При значительной толщине возможна раздельная визуализация отдельных слоев. В то же время очень тонкая стенка при ультразвуковом исследовании совсем не видна и эхографически полость ограничена окружающими тканями.

Общими ультразвуковыми признаками полостных структур являются следующие (рис. 3):

1) низкая эхогенность содержимого. Структура однородная (при наличии однородной жидкости) или неоднородная (при наличии взвеси);

2) стенка значительно более эхогенна в сравнении с содержимым;

3) замкнутый контур в любой плоскости сканирования.

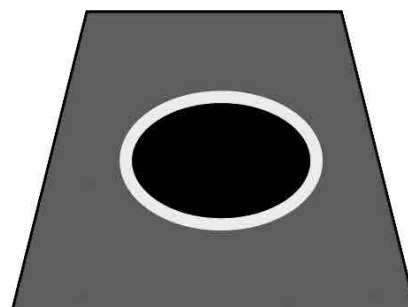


Рис. 3. Схематическое изображение ультразвуковой картины полостного образования на фоне parenchyma.

туры, лежащие дистальнее изучаемого полостного образования (рис. 4, 5).

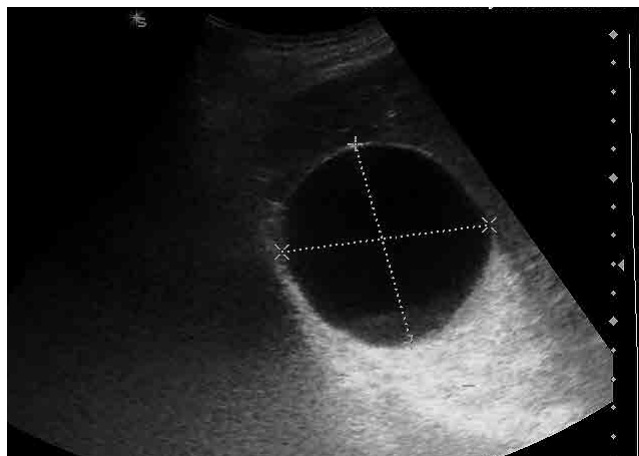


Рис. 4. Ультразвуковое изображение крупной эхинококковой кисты печени.

Ультразвуковая визуализация трубчатых структур. Наиболее характерные трубчатые структуры в организме человека — кровеносные сосуды и выводные протоки различных желез. Принципы ультразвуковой визуализации трубчатых структур сходны с визуализацией полостных структур — они имеют анэхогенную полость и более эхогенные стенки. Но в то же время есть и принципиальные различия (рис. 6):

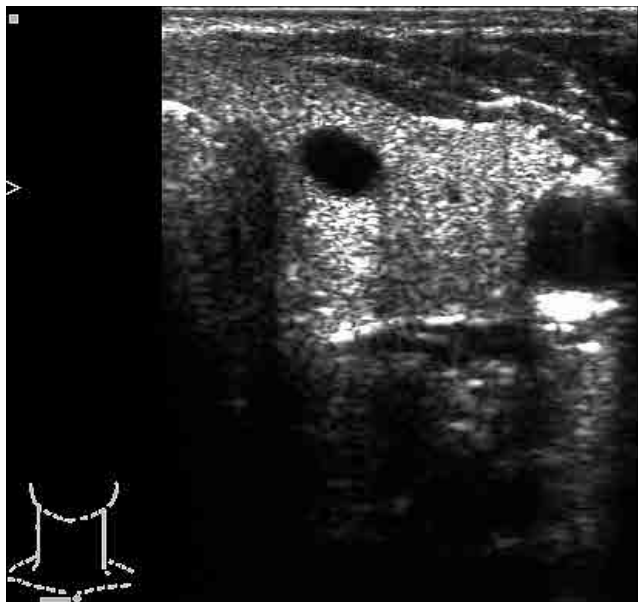
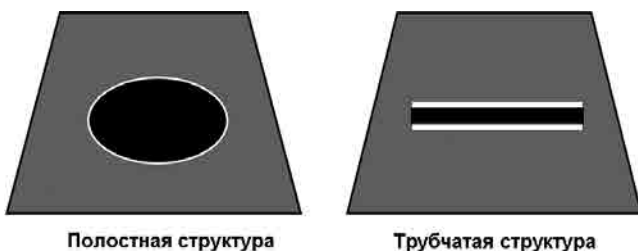


Рис. 5. Ультразвуковое изображение мелкой фолликулярной кисты щитовидной железы.



Полостная структура

Трубчатая структура

Рис. 6. Схема отличия полостной и трубчатой структуры в ультразвуковом изображении.

1) у трубчатых структур длина значительно превышает ширину и толщину;

2) трубчатые структуры при продольном сканировании не имеют полностью замкнутого контура, так как сообщаются с другими полыми структурами.

Следует учитывать, что трубчатая структура может иметь замкнутый контур, если плоскость ультразвукового излучения проходит через нее поперек или наискосок (рис. 7, 8). В этом случае ультразвуковое изображение трубчатой структуры

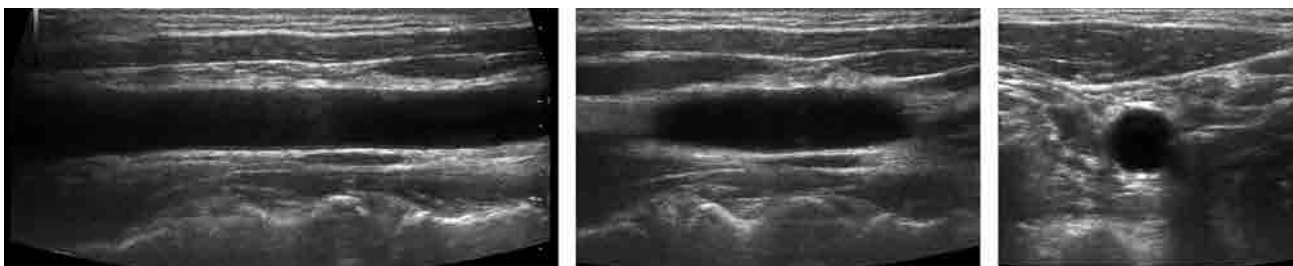
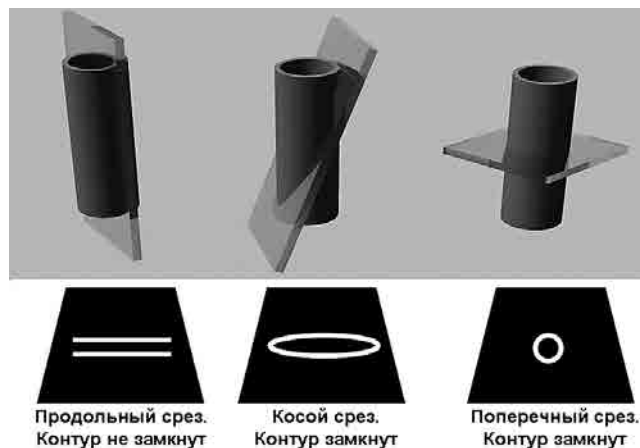


Рис. 8. Ультразвуковое изображение сонной артерии при продольном, косом и поперечном сканировании.

неотлично от изображения полостного образования, но данная проблема легко разрешается при многоплоскостном исследовании.

В зависимости от толщины трубчатой структуры и толщины стенок ультразвуковая картина будет различной (рис. 9).

Трубчатые структуры значительного диаметра при ультразвуковом исследовании имеют отчетливый анэхогенный просвет. Стенки таких трубчатых структур визуализируются различно, в зависимости от их толщины — при наличии плотных толстых стенок они определяются как гиперэхогенные линейные структуры, тонкие стенки могут не визуализироваться на ультразвуковом изображении, создавая видимость



Продольный срез.
Контур не замкнут

Косой срез.
Контур замкнут

Поперечный срез.
Контур замкнут

Рис. 7. Схема формирования ультразвуковой картины трубчатой структуры при различном расположении плоскости ультразвукового излучения и длинной оси трубчатой структуры.

того, что «стенками» являются окружающие ткани. Ярким примером может быть визуализация венозной системы печени: при сходной ширине просвета сосудов воротная вена и ее разветвления имеют отчетливые гиперэхогенные стенки, в то время как собственные вены печени имеют настолько тонкие стенки, что они не визуализируются при ультразвуковом исследовании (рис. 10). Изображение трубчатых структур меньшего диаметра отличается тем, что просвет таких сосудов и протоков не выглядит анэхогенным, даже если в просвете находится абсолютно однородная жидкостная среда. Просвет может быть либо гипоэхогенным, либо даже изоэхогенным по отношению к окружающим тканям (рис. 11).

Трубчатые образования очень малого диаметра — на пределе латеральной и осевой разрешающей способности аппарата, визуализируются как единая тонкая линейная гиперэхогенная структура без видимого просвета, поскольку изображения стенок трубки сливаются.



Рис. 9. Схематическое изображение трубочатых структур различной толщины.

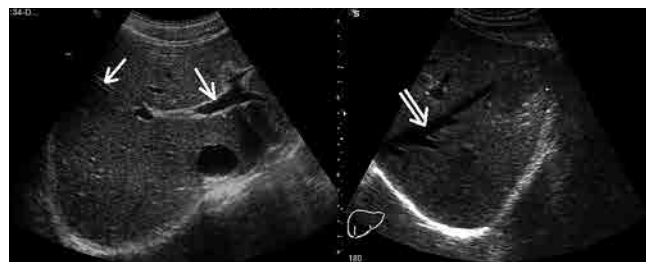


Рис. 10. Ультразвуковое изображение внутривенных разветвлений воротной вены (одиночные стрелки) и собственных вен печени (двойная стрелка).



Рис. 11. Ультразвуковое изображение поджелудочной железы. Стрелкой обозначено изображение панкреатического протока.

Ультразвуковая визуализация стенок полых органов. Полые органы брюшной полости редко являются объектом изучения при традиционном ультразвуковом исследовании. Однако врач, проводящий исследование, должен уметь дифференцировать желудок, петли тонкой и толстой кишки и видимые участки пищевода. Для этих органов характерно наличие достаточно толстой стенки, имеющей типичное слоистое строение, обусловленное наличием гипэхогенных тканей (слизистая оболочка, гладкомышечные слои) и тканей с большей эхогенностью, содержащих соединительную ткань (рис. 12–14).

Кроме того, желудку и тонкой кишке свойственна активная перистальтика, которая без труда может быть зафиксирована при проведении ультразвукового исследования.

Ультразвуковая визуализация свободной жидкости. Свободная жидкость, благодаря ее очень низкой эхогенности, как правило, хорошо визуализируется при ультразвуковом исследовании даже при неболь-



Рис. 12. Ультразвуковое изображение шейного отдела пищевода при поперечном сканировании щитовидной железы: 1 — шейный отдел пищевода; 2 — трахея; 3 — щитовидная железа.

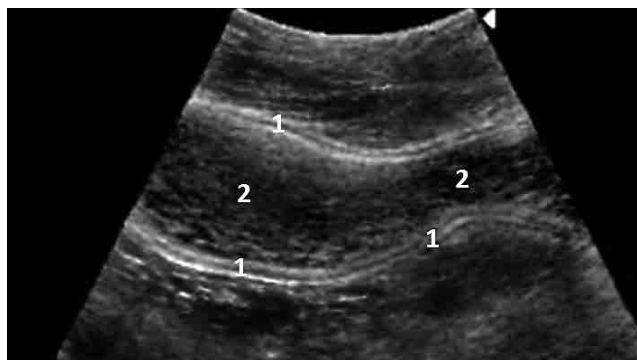


Рис. 13. Ультразвуковое изображение антрального отдела желудка: 1 — стенка желудка; 2 — полость желудка с содержимым.

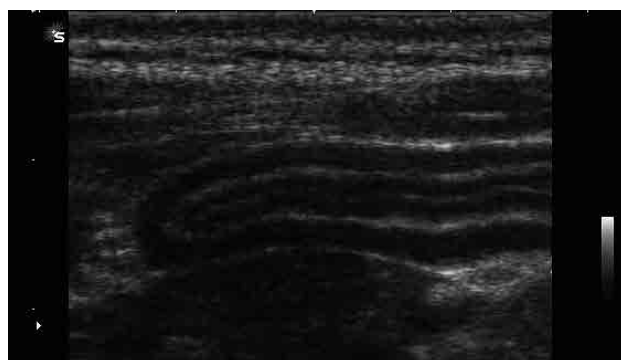


Рис. 14. Ультразвуковое изображение фрагмента тонкой кишки.

шом ее количестве. Общие особенности ультразвуковой картины свободной жидкости следующие:

- 1) анэхогенная среда (в случае отсутствия включений);
- 2) отсутствие собственных стенок полости — структурами, отграничивающими жидкость, являются внутренние органы;
- 3) легкая смещаемость при перемене положения тела и надавливании датчиком;
- 4) возможное наличие легко перемещающейся экзогенной взвеси.

Наиболее наглядны скопления свободной жидкости в брюшной и плевральной полостях (рис. 15, 16).

Ультразвуковая визуализация скоплений газа. Высокочастотный ультразвук, применяемый с диагностической целью, практически не распространяется в воздухе, поэтому скопления газа для ульт-

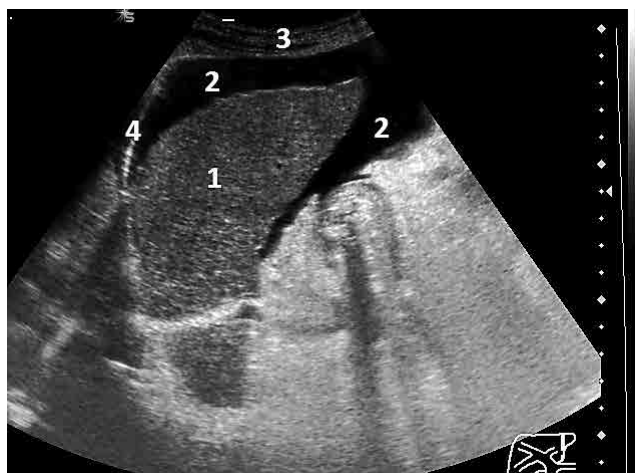


Рис. 15. Асцит: 1 — печень, 2 — свободная жидкость, 3 — передняя брюшная стенка, 4 — диафрагма.

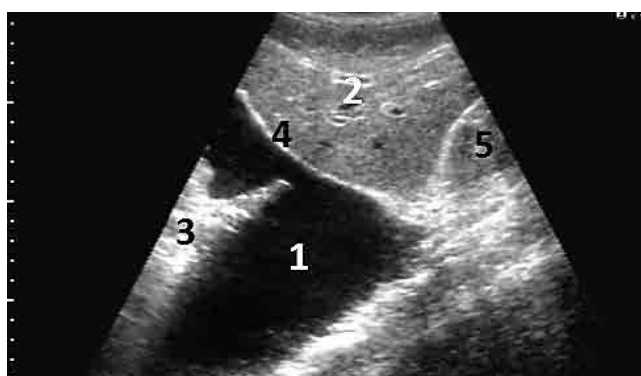


Рис. 16. Правосторонний гидроторакс: 1 — свободная жидкость; 2 — печень; 3 — легкое; 4 — диафрагма; 5 — верхний полюс правой почки.

развука являются абсолютной преградой. Общие правила ультразвуковой картины скоплений газа следующие:

1) газ всегда определяется как гиперэхогенная структура;

2) в зависимости от размеров скопления газа, возможны различные дистальные артефакты:

а) позади мелких пузырьков газа — «хвост кометы» (рис. 17);

б) позади крупных пузырей газа — акустическая тень (рис. 18);

в) для газа характерна очень легкая смещаемость при изменении положения тела и при надавливании датчиком.

Особенности анализа ультразвукового изображения при проведении исследования в реальном масштабе времени. Анализ ультразвукового изображения — это, в первую очередь, изучение «живого» изображения на мониторе ультразвукового аппарата, и в значительно меньшей мере статичного изображения как на мониторе, так и на фотоотпечатках. Тем не менее, есть некоторые особенности анализа изображения, которые важно учитывать при проведении ультразвукового исследования в реальном масштабе времени. В первую очередь, это касается эхогенности различных структур, видимых на мониторе, с учетом настроек ультразвукового сканера.

Наиболее часто искажение эхогенности различных структур наблюдается в результате наложения на изображения органов и тканей различных артефактов — акустических теней и зон псевдоусиления сигнала, которые, в сочетании с имеющимся изображением анатомических структур, могут создавать иллюзию диффузных или очаговых поражений. Анализ «живого» изображения в большинстве случаев позволяет дифференцировать подобные артефакты и избежать диагностических ошибок. Однако трудности в анализе эхогенности могут быть связаны не только с наличием специфических ультразвуковых артефактов. Нередки случаи, когда при проведении УЗИ изоэхогенные, слабогипоэхогенные или слабогиперэхогенные образования достаточно

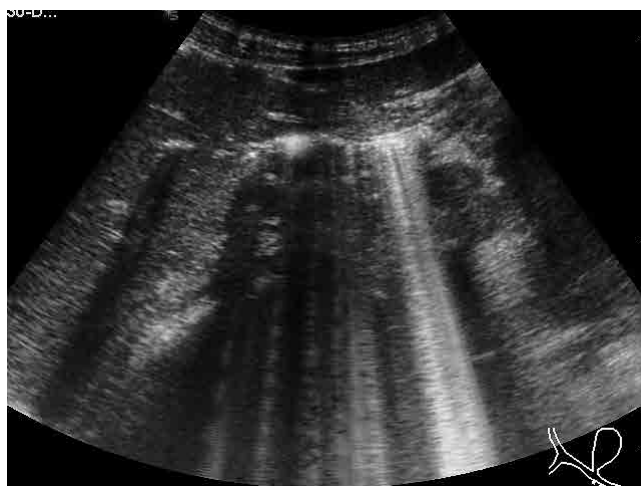


Рис. 17. Скопления газа в расширенных внутрипеченочных желчных протоках с характерным артефактом «хвост кометы».



Рис. 18. Крупный пузырь газа в двенадцатиперстной кишке с дистальной акустической тенью.

отчетливо визуализируются на мониторе ультразвукового аппарата при исследовании в реальном масштабе времени, но их контуры становятся крайне неотчетливыми на «остановленном» («замороженном») изображении, и тем более, на фотоотпечатке.

Искажение эхогенности изображения может в немалой мере зависеть от настроек ультразвукового сканера. При чрезмерной установке мощности ультразвукового излучения видимая на мониторе эхоген-

ность структур значительно повышается, что может привести к ошибочной интерпретации. Так же и в случаях недостаточной установки мощности ультразвука, когда видимые структуры значительно «затемняются», вплоть до ошибочного восприятия врачом различных гипоехогенных структур как анэхогенных.

Значительным достоинством ультразвукового исследования в реальном масштабе времени является его многоплоскостной характер, что в подавляющем большинстве позволяет дифференцировать, к примеру, полостные структуры от трубчатых, неравномерное диффузное поражение от очаговых образований.

Заключение. Применение ультразвукового исследования в диагностике различных заболеваний не нуждается в рекомендациях. Современные методики ультразвуковой визуализации прочно вошли в клиническую практику как методы скрининга, дифференциальной диагностики и динамического наблюдения. Неуклонно возрастающий интерес клиницистов к ультразвуковой диагностике, постоянное совершенствование диагностической техники

для ультразвуковых исследований требуют от специалистов фундаментальных знаний по вопросам формирования ультразвукового изображения.

Предлагаемые вниманию читателя — практического врача ультразвуковой диагностики методические материалы призваны систематизировать знания по вопросам современного состояния ультразвуковой диагностики. Опыт клинической работы и преподавания ультразвуковой диагностики показывает, какое большое значение для современной диагностики (а следовательно, для своевременного и успешного лечения) имеет знание особенностей формирования ультразвукового изображения отдельных тканей и анатомических структур организма.

Трудности и ошибки в работе врача ультразвуковой диагностики зачастую возникают именно по причине недостаточного знакомства с морфологическими основами формируемого изображения. Целенаправленное изучение этой проблемы позволило обобщить имеющиеся разрозненные материалы отечественных и зарубежных авторов, а также результаты собственных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вольф К.-Ю.* Лучевая диагностика. Артерии и вены / К.-Ю. Вольф; пер. с англ.; под общ. ред. Т. В. Алекперовой. — М.: Медпресс-информ, 2011. — 320 с.: ил.
2. *Гажонова В. Е.* Ультразвуковая диагностика в гинекологии / В. Е. Гажонова. — М.: Медпресс-информ, 2005. — 264 с.
3. *Зубарев А. В.* Ультразвуковая диагностика в травматологии / А. В. Зубарев, В. Е. Гажонова, И. В. Долгова. — М.: Фирма СТРОМ, 2003. — 176 с.
4. *Ищенко Б. И.* Ультразвуковое обследование урологических больных: Методика и нормальная эхоанатомия: пособие для врачей / Б. И. Ищенко, Е. Л. Перегудова, О. Т. Мостовая и др. — СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2005. — 82 с.
5. Лучевая анатомия молочных желез и органов малого таза женщины / под ред. Т. Н. Трофимовой. — СПб.: СПбМАПО, 2009. — 144 с.
6. Лучевая анатомия молочных желез и органов малого таза женщины / под ред. Т. Н. Трофимовой. — СПб.: СПбМАПО, 2009.
7. *Трофимова Т. Н.* Лучевая анатомия человека / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005. — 494 с.
8. *Трофимова Т. Н.* Лучевая диагностика заболеваний молочных желез / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: СПбМАПО, 2004.
9. *Трофимова Т. Н.* Лучевая диагностика опухолей яичка / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: СПбМАПО, 2003.
10. *Трофимова Т. Н.* Лучевые исследования головного мозга плода и новорожденного / Т. Н. Трофимова, А. Д. Халиков, Д. В. Воронин, А. С. Иова. — СПб.: Балтийский медицинский образовательный центр, 2011. — 200 с.
11. *Трофимова Т. Н.* Нормальная лучевая анатомия головного мозга (КТ, МРТ, УЗИ) / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: Изд. дом СПбМАПО, 2004. — 51 с.
12. *Озерская И. А.* Эхография в гинекологии / И. А. Озерская. — М.: Медика, 2005. — 285 с.
13. *Трофимова Т. Н.* Основные эхографические симптомы заболеваний предстательной железы / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: СПбМАПО, 2003.
14. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. — 2-е изд. / Под ред. В. В. Митькова. — М.: Видар-М, 2008. — 698 с.
15. *Стрижаков А. Н.* Трансвагинальная эхография» 2D- и 3D-методы / А. Н. Стрижаков, А. И. Давыдов. — М.: ОСЛН, 2006. — 160 с.
16. *Трофимова Т. Н.* Ультразвуковая диагностика заболеваний надпочечников и их пункционная биопсия под контролем ультразвука / Т. Н. Трофимова и др. — СПб.: СПбМАПО, 2002.
17. *Харченко В. П.* Ультразвуковая диагностика заболеваний щитовидной железы / В. П. Харченко, П. М. Котляров, М. С. Могутов и др. — М.: Видар-М, 2007. — 232 с.
18. *Хофер М.* Ультразвуковая диагностика: Базовый курс / М. Хофер. — М.: Мед. Лит., 2006. — 104 с.
19. *Чиссов В. И.* Ультразвуковое исследование лимфатических узлов в онкологии / В. И. Чиссов, Е. Ю. Трофимова. — М.: СТРОМ, 2003. — 112 с.

Поступила в редакцию: 20.06.2014 г.
Контакт: Зорин Я. П., yzorin@mail.ru