

## ULTRASOUND OF THE PLEURAE AND LUNGS

CHRISTOPH F. DIETRICH, GEBHARD MATHIS, XIN-WU CUI, ANDRE IGNEE,  
MICHAEL HOCKE and TIM O. HIRCHE.

Журнал. Ультразвук в медицине и биологии том 41, номер 2, 2015

### **Ультразвуковая диагностика легких и плевры**

Кристоф Ф. Дитрих, Андре Игне, Синь-У-Цуй: кафедра внутренних болезней, больница Каритас, Мергентхайм, Германия; Гебхард Матис, Михаэль Хокк: кафедра внутренних болезней, больница Майненген, Германия; Тим О. Хирш: Легочное отделение, немецкая диагностическая клиника, Висбаден, Германия.

(Принята 12 февраля 2014 года, пересмотрена 24 сентября 2014 года; в окончательной форме 1 октября 2014 года)

Краткий обзор.

Важность ультразвукового исследования плевры и легких недооценивается. Одним из объяснений этому является костный скелет грудной клетки и воздух в легких, которые препятствуют ультразвуковой визуализации. Однако, различные патологии грудной клетки, плевры и легких могут привести к изменению структуры тканей, что существенно увеличивает доступ и видимость для ультразвукового исследования. Большое преимущество заключается в том, что плевра и легкие могут быть многократно визуализированы без дискомфорта и радиационного излучения для пациента. Таким образом, ультразвуковое исследование является особенно ценным в наблюдении за заболеванием, дифференциальной диагностике и в выявлении осложнений. Диагностические и терапевтические вмешательства у пациентов с патологией плевры и легких могут выполняться под контролем ультразвукового исследования в реальном времени. В данной статье приводится обновленный обзор, в котором представлены не только преимущества, но и ограничения ультразвукового исследования плевры и легких.

2015 год. Всемирная федерация ультразвука в медицине и биологии.

Ключевые слова: Ультразвуковое исследование, плевральный выпот, уплотнение легочной ткани, пневмония, ателектаз, злокачественные новообразования, легочная патология, тромбоэмболия, интерстициальный синдром.

### **Введение**

Ультразвуковое исследование легких и плевры недооценивается уже много лет. На это повлияло распространенное мнение среди врачей-клиницистов о недоступности легких для ультразвуковой визуализации, в связи с отражением ультразвуковых волн от ребер, грудины и воздуха в легких. По законам физики, ультразвуковая оценка грудной стенки ограничена значительными изменениями импеданса, а доступ к более глубоким структурам ограничен артефактами, например, поглощением, отражением и акустическим затемнением. Однако, многие патологические процессы грудной клетки, плевры и легких приводят к глубоким изменениям в структуре тканей. И воспалительный, травматический или опухолевый процессы значительно улучшают акустическое окно для их адекватной ультразвуковой оценки. Учитывая данные факты ультразвуковое исследование в режиме реального времени служит мощным дополнительным диагностическим инструментом с возможностью экономии времени и средств, а также отсутствию осложнений, побочных эффектов и радиационного воздействия.

Через десять лет после первоначального рассмотрения данного вопроса, мы стремимся предоставить обновленную информацию, охватывающую не только показания

и потенциальные преимущества, но и ограничения ультразвукового исследования легких и плевры.

Другие области ультразвукового исследования (УЗИ) грудной клетки, такие как трансторакальное УЗИ, эндоскопическое УЗИ средостения и (эндо)бронхиальной системы, контрастно-усиленное ультразвуковое исследование при деформации миокарда, также повысили свою значимость и используются повсюду.

### **Методы обследования**

Оценка состояния легких, плевры и сопутствующей патологии, с помощью ультразвукового метода исследования, требует детального знания анатомии и патологии органов грудной клетки. Кроме того, необходима высокая компетентность в интерпретации результатов, полученных с помощью дополнительных методов визуализации, в частности рентгенографии грудной клетки и компьютерной томографии.

### **Оборудование и технические требования**

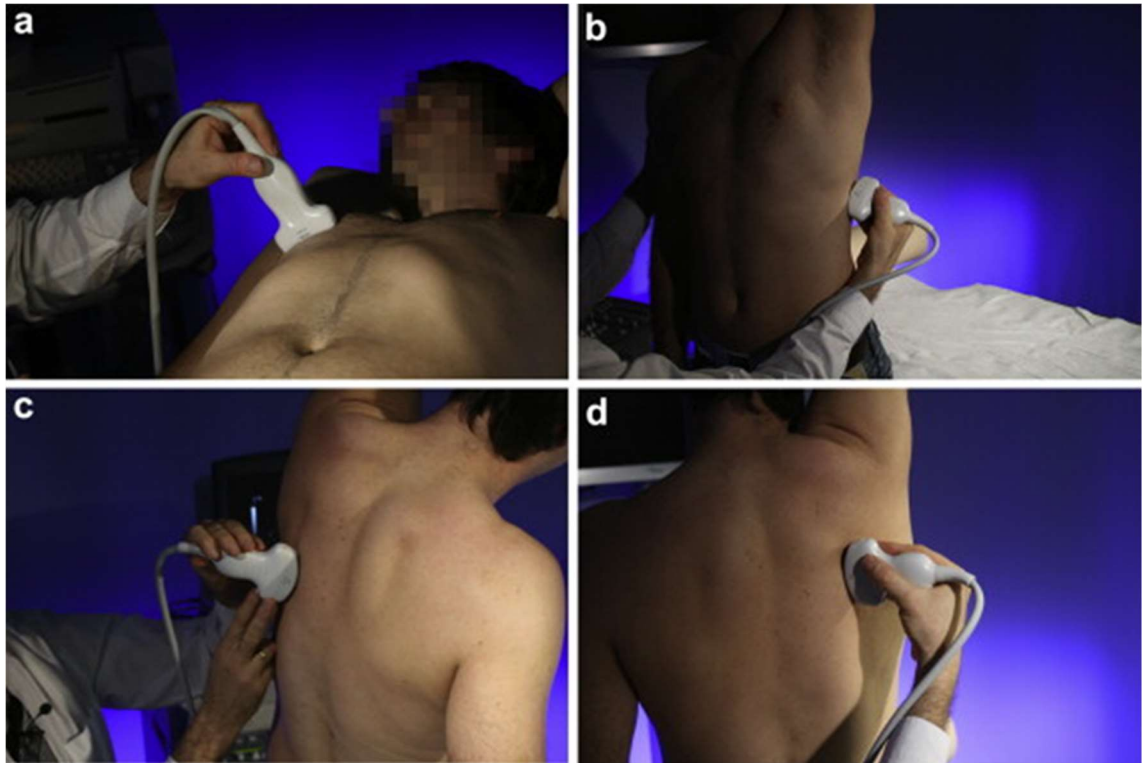
Грудная стенка и легкие по периферии исследуются высокочастотными линейными датчиками (5-17 МГц). Для оценки состояния легких через межреберный, субкостальный или парастернальный доступы следует использовать конвексный или секторный датчики с частотой 3,5 - 5 МГц для оптимальной глубины проникновения. В случае узких межреберных промежутков секторные датчики могут быть более подходящими для оценки плевральной и периферической легочной патологии.

### **Легкие, плевра и диафрагма.**

В целом, исследование не требует какой-либо конкретной подготовки со стороны врача или пациента. Пациент занимает горизонтальное положение лежа на спине (для исследования вентральной части грудной клетки), либо его просят сесть или встать (для оценки латеральной и задней части грудной клетки), в зависимости от показаний. Лежачие больные, получающие интенсивную терапию могут быть обследованы в наклонном положении. Для доступа к подлопаточной области, пациента просят поднять руку над головой, что помогает значительно расширить межреберные промежутки.

Легкие и плевра лучше всего оцениваются при изменении положения датчика в продольном, поперечном и косом направлении, при интер- и субкостальном доступе (рис. 1). Вершину легкого дополнительно исследуют с помощью надгрудинного и надключичного доступа. Плечевое сплетение и подключичные сосуды можно исследовать через подмышечный доступ. Легкое определяется дыхательными движениями висцеральной плевры, так называемым феноменом скольжения легких. Диафрагма выглядит как гипоэхогенная (мышечная) структура толщиной 1-2 мм с более яркой центральной эхо-линией, которая сокращается при вдохе. Вопреки распространенному мнению, яркая эхо-линия не является диафрагмой, а просто указывает на отражение (акустический импеданс) между заполненным воздухом легким и соседними тканями.

При ультразвуковом исследовании обычно используются чреспеченочные и чресселезеночные окна. Признак занавеса может быть выявлен под реберно-диафрагмальный углом, когда при наполнении воздухом легкое закрывает ультразвуковое окно и нижележащие ткани во время глубокого вдоха.



**Рисунок 1. Методы обследования.** Положение лежа используется для исследования грудной стенки (а). Положение сидя или стоя целесообразно для оценки боковой и задней стенки (b, c). При поднятой над головой руке, узкие межреберные промежутки расширяются, и таким образом осуществляется доступ к подлопаточной области (b, c). Легкие и плевра лучше всего оцениваются при продольном (с), поперечном (а) и косом межреберном (d) и субкостальном (b) сканировании.

Хороший обзор грудной клетки, плевры, диафрагмы и многочисленной легочной патологии требует тщательного наблюдения за дыхательными движениями, правильным углом наклона ультразвукового датчика и постоянным взаимодействием с пациентом.

Ультразвуковое исследование легких-это сложный процесс, в котором каждая область визуализируется в режиме реального времени, с помощью нескольких изображений поперечного и продольного сканирования в различных плоскостях. В полном объеме эти изображения выглядят как кусочки мозаики, которые должны быть собраны в сложную трехмерную картину. Процесс оптимальной ультразвуковой визуализации данных во многом зависит от силы воображения исследующего врача-оператора. Сторонний наблюдатель, который не принимает непосредственного участия при проведении исследования, столкнется с трудностями при интерпретации ультразвукового заключения из-за разногласия между наблюдателями.

### **УЗИ грудной стенки**

Ультразвуковая оценка пораженных мягких тканей или костей является важным показанием для ультразвукового исследования грудной стенки. Дифференциальная диагностика включает увеличенные лимфатические узлы, липомы, абсцессы, гематомы и множество других поражений. Мягкие ткани обычно имеют различную эхогенность и ультразвуковые данные слишком неспецифичны. Реактивные и воспалительные лимфатические узлы являются очень распространенной находкой. Ультразвуковое исследование может позволить дифференцировать реактивные лимфатические узлы от злокачественных. Типичная эхогенная картина лимфатического узла- овальная форма, однако могут встречаться вытянутые и тонкие. Эхогенный центр (сердцевина) становится более широкой в процессе выздоровления. Злокачественная инфильтрация обычно

проявляется потерей жировой оболочки, что приводит к снижению его эхогенности. Злокачественные узлы визуализируются в виде округлых неоднородных структур с неровным контуром и васкуляризацией. Они обычно проявляют экстракапсулярный рост и инфильтрацию в сосуды и окружающие ткани.

Не смотря на эти ультразвуковые критерии, степень злокачественности лимфатического узла определить невозможно. Чтобы назначить правильное и адекватное лечение необходима тонкоигольная аспирационная биопсия, которая подтвердит диагноз.

Ультразвуковое исследование также применяется при переломе ребер. Типичные ультразвуковые результаты включают трещины и гематомы. Несмещенный перелом также может быть выявлен с помощью эффекта реверберации, ещё называемый феноменом дымохода. Косвенными признаками являются плевральный выпот и эмфизема. В населении, с подозрением на переломы ребер ультразвуковое исследование выявило в два раза больше переломов, чем при рентгенографии грудной клетки, включая направленный рентгеновский снимок.

Плевральный выпот, пневмоторакс и контузия легкого (18%) встречаются в более тяжелых случаях. Часто распознается очаговый интерстициальный синдром. Выявить липомы при ультразвуковом исследовании сравнительно трудно, особенно когда они небольшие. Как правило липомы гипоэхогенные.



**Рисунок 2.**

Перелом ребер. Прерывание указано стрелкой .

Ультразвуковое исследование является мощным инструментом в оценке костных метастазов и периферического рака легкого, инфильтрирующего грудную стенку. Выявляется опухоль, как гипоэхогенное образование овальной или округлой формы, с поражением кортикального слоя.

Цветовое доплеровское картирование выявляет васкуляризацию различного характера в зависимости от стадии заболевания. Например, множественная миелома обычно сопровождается неоваскуляризацией. В таблице 1 обобщены типичные ультразвуковые критерии при патологии грудной стенки.

## Таблица 1.

Ультразвуковые данные патологии грудной стенки

Воспалительные реакции, например, отек мягких тканей, лимфаденопатия
Инфекции мягких тканей, например, абсцессы, рожа
Гематома
Переломы рёбер
Доброкачественные опухоли, например, липомы
Злокачественные образования, например, меланома
Метастазы, неопластическая лимфаденопатия
Остеолитическое и остеобластическое разрушение костей

## Ультразвуковое исследование плевры

### *Нормальная плевра*

Ультразвуковое исследование плевры является высокочувствительным и специфическим диагностическим инструментом, который легко доступен для диагностики у постели больного. Ультразвуковой метод не имеет себе равных в способности разграничивать париентальную и висцеральную плевру, даже у здоровых лиц. Нормальная плевра характеризуется гладкой гиперэхогенной поверхностью и гипоэхогенной субплевральной линией. Нормальная плевра имеет толщину 0,2 мм. И при сканировании с высоким разрешением висцеральная и париентальная плевры могут отображаться в виде двух отчетливых гиперэхогенных линий. Визуализация в реальном времени позволяет визуализировать так называемое скольжение легких, которое представляет собой изображение регулярного ритмичного движения, синхронизированного с дыханием. Это происходит между париетальной и висцеральной плеврой, которые находятся в непосредственной аппозиции, либо разделены тонким слоем внутриплевральной жидкости.

### *Париетальная плевра*

Париетальная плевра визуализируется лучше, чем висцеральная и выглядит как тонкая гиперэхогенная линия. Ультразвуковой метод может выявить даже двойную линию, которая соответствует анатомическому сочетанию париетальной плевры и эндоторакальной фасции. Гипоэхогенный слой за париетальной плеврой соответствует экстраплевральному слою жировой ткани.

### *Висцеральная плевра*

Висцеральную плевру здоровых легких визуализировать сложнее. Её описывают как тонкую гиперэхогенную линию, с полным отражением ультразвуковой волны над заполненным воздухом легким. Однако, в случае уплотнения легочной ткани и деаэрации, висцеральная плевра может визуализироваться с той же эхогенностью, что и париетальная плевра. Артефакты отражения и реверберации являются преобладающими особенностями при визуализации висцеральной плевры и окружающих ее структур.

### *Плевральный выпот*

#### Количественная оценка плеврального выпота.

При дифференциальной диагностике плевральных выпотов чувствительность рентгенографии грудной клетки ограничена. Даже при благоприятных условиях (при глубоком вдохе) объем видимой жидкости составляет более 150 мл. Данные значительно

хуже в положении лежа на спине или при наличии патологии легких (инфильтраты, ателектазы), объем видимой жидкости составляет более 500 мл. В отличие от контрастной рентгенографии грудной клетки, ультразвуковое исследование гораздо чувствительнее и позволяет обнаружить даже минимальные плевральные выпоты (менее 5 мл). Когда пациент сидит или стоит, плевральные выпоты накапливаются в боковых костодиафрагматических углах и при ультразвуковом исследовании в реальном времени они могут восприниматься как сдвиг, связанный с дыханием. Ультразвуковой метод особенно полезен при выявлении перидиафрагматических и субпульмональных скоплений жидкости, которые можно легко упустить из виду на рентгенографии или компьютерной томографии. Однако плевральные выпоты, заключенные в межлобарных пространствах, также могут быть скрыты от ультразвука.

Точная ультразвуковая оценка количества объема выпота затруднена, в связи с различной геометрической конфигурацией и изменениями, связанными с дыханием. Для определения объема плевральных выпотов предложено множество методик, но все они являются только оценочными. Легко реализуемым методом оценки объема для пациента в положении сидя является измерение высоты вертикального выпота в дорсальном положении с латеральной стороны. Умножение высоты выпота в сантиметрах на эмпирический коэффициент 90 дает количество выпота в миллиметрах. Коэффициент корреляции со значением 0,74 является лишь умеренно благоприятным. У лежачих больных, например, в отделениях интенсивной терапии объем плевральной жидкости можно оценить по упрощенной формуле  $V \text{ (мл)} = 20 \times \text{Sep} \text{ (мм)}$ , где Sep-максимальное расстояние между париетальной плеврой и висцеральной плеврой.

В большинстве клинических случаев, приблизительная оценка и дифференциация объема выпота (незначительный, средний, большой) путем измерения продольного и поперечного диаметра будут достаточными и воспроизводиться независимо от оператора. И это различие должно всегда учитывать симптомы пациента (например, одышка) и наличие вторичной патологии (такой как компрессионный ателектаз).

#### Этиология плеврального выпота.

С точки зрения обширного спектра дифференциальных диагнозов, ультразвукового метода недостаточно, чтобы определить этиологию или состав выпота. Тем не менее можно выделить некоторые ультразвуковые особенности плеврального выпота, которые могут варьировать в зависимости от его природы, причины и хронического характера: транссудация, часто связанная с сердечной недостаточностью, обычно анэхогенная, однородной структуры, поскольку жидкость ничего не содержит. Плевра плавно отграничена. Компрессионный ателектаз, часто ассоциируется со степенью объема выпота. Экссудативные плевральные выпоты с экзогенной взвесью указывают на инфекционный процесс. Однако, около 2/3 экссудатов и клеточных выпотов также являются анэхогенными. Поэтому окончательная дифференциация на основе этого критерия невозможна. Легочный пульс или цветовой признак является наиболее чувствительным и специфическим ультразвуковым признаком, отличающим выпот от плеврального утолщения и может быть выявлен с помощью цветового Допплера. Это относится к движению эхо-сигналов синхронно с дыхательными или сердечными циклами, в то время как артефакты и статические эхосигналы зависимы только от движения датчика. Метод цветового Допплера имеет чувствительность 89% и специфичность 100% для обнаружения минимальных скоплений жидкости.

Ультразвуковое исследование является наиболее чувствительным методом верификации. Диффузное вовлечение плевры указывает на продолжающееся воспаление. Эмпиема характеризуется нерегулярными эхо-сигналами в различных положениях. Хилозный выпот, часто связанный со злокачественными новообразованиями

грудной клетки, является гиперэхогенным, вследствие отражений, возникающих в липидных частицах.

Септические плевральные выпоты обусловлены бактериальной инфекцией, например, в случае сложных парапневмонических выпотов, а также образование эмпиемы или субплеврального абсцесса. Ультразвуковые исследования являются зависимыми от стадии процесса (экссудативная, фибринопузырная, организованная) (табл.2). Необходимо уточнить медицинский анамнез, в том числе об инфекциях (пневмония), травмах, вмешательствах (торакоцентез, хирургия) и других факторах.

Таблица 2

**Ультразвуковые признаки плевральной жидкости**

Анэхогенная зона, разделяющая париетальную и висцеральную плевру с изменением формы в зависимости от дыхания
Подвижные эхо-частицы и перегородки в плевральном пространстве
Подвижная, частично ателектазированная легочная ткань внутри жидкости
Признак "жидкий цвет" (пульс легких) при исследовании цветовым Допплером (вследствие сердечных сокращений)

Злокачественные выпоты чаще бывают гиперэхогенными и как правило сопровождаются плевральным или диафрагмальным утолщением. Плевральная / диафрагмальная узловатость является наиболее важной особенностью злокачественной плевры.

Окончательный диагноз ставится с помощью торакоцентеза. Даже незначительные выпоты могут эффективно подвергаться тонкоигольной аспирационной биопсии. Конкретный диагноз плеврального выпота требует немедленного обследования жидкости на наличие химического состава крови и для бактериологического и цитологического анализа.

*Гемоторакс*

Скопление крови в плевральной полости (гемоторакс), встречается как при тупой, так и при проникающей травме, но также может быть связано с воспалением (например, туберкулез) или злокачественными новообразованиями. Гемоторакс или скопление крови в плевральной полости с пневмотораксом или без него, могут быть достоверно идентифицированы при ультразвуковом исследовании. Для свежего гемоторакса характерна однородная структура, в то время как свернувшаяся кровь становится более гипоэхогенной и может содержать в своей структуре сгустки крови, нити или взвесь. Для оценки травмы, ультразвуковое исследование необходимо провести в течение первой минуты, чтобы решить вопрос о необходимости срочного размещения дренажной трубки. В настоящее время это является важным шагом в целенаправленной оценке гемоторакса, используя алгоритм Ультразвук при травме. Чувствительность ультразвука в обнаружении

гемоторакса после травмы оказалась эквивалентной чувствительности рентгенографии грудной клетки, но ультразвуковой метод оказался гораздо более быстрой процедурой, занимающей около одной минуты против 15 мин для рентгенографии грудной клетки. Напротив, ультразвуковой доступ к более глубоким грудным структурам может быть затруднен при наличии кожной эмфиземы.

### *Заболевания плевры*

Ткани плевры вовлечены во множество доброкачественных и злокачественных процессов. Некоторые признаки позволяют различать основные патологии при ультразвуковом исследовании.

### Воспаление плевры

При остром и при хроническом воспалении ультразвуковой метод может визуализировать неровности плевральных краев. Также можно выделить небольшие полосы субплевральных уплотнений. Другие ультразвуковые признаки включают гипозоногенное "грубое" утолщение плевры (более 10 мм). Эти изменения свидетельствуют об инфекционных заболеваниях (например, туберкулезный плеврит), аутоиммунный полисерозит (например, системная красная волчанка) и интерстициальные заболевания легких.

Фиброз плевры отличается от плевральных выпотов своей смешанной эхогенностью или гипозоногенностью (на более ранних стадиях) и не изменяется ни по форме, ни по расположению. Поствоспалительная плевральная корочка часто васкуляризирована и таким образом хорошо определяется. Соединительнотканые компоненты присутствуют с эхогенными или кальцифицированными участками время от времени. Для исключения ошибок в дифференциальной диагностике, необходима направленная биопсия.

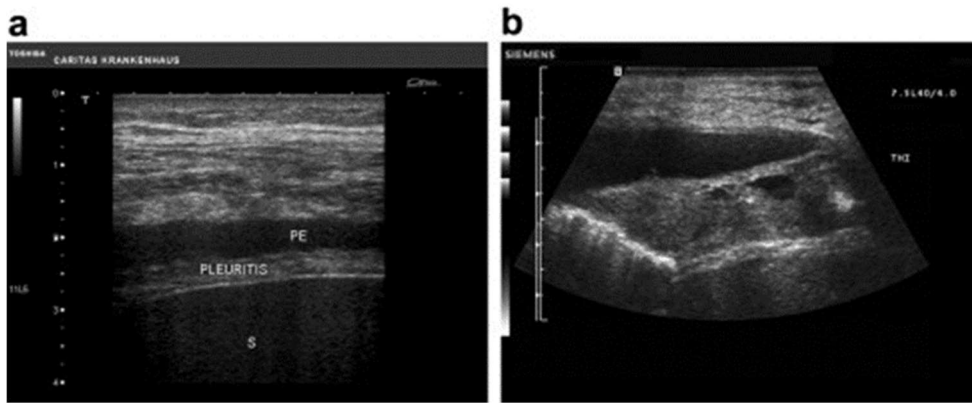
### Диффузное утолщение плевры

Диффузное утолщение плевры часто ассоциируется с остаточным экссудативным плевральным выпотом, гемотораксом или эмпиемой. Другие причины (например, связанные с лекарственными средствами, со злокачественной инфильтрацией) тоже должны быть приняты во внимание. Вовлечение висцеральной плевры может означать ограниченную вентиляцию легких. Ультразвуковая картина фиброза на ранних стадиях, как правило гипозоногенная, сопровождаемая смешанной эхогенностью, с кальцификатами или без них.

### Ограниченное (очаговое) утолщение плевры

Ограниченное утолщение плевры указывает на воспаление (плеврит) и злокачественную инфильтрацию. Следует также учитывать образование плевральных бляшек (фиброз). Последние часто присутствуют в виде гипозоногенных эллипсоидных, гладких плевральных утолщений. Очаги предрасположенности к асбестозу включают в себя заднебоковые отделы париентальной плевры. Примерно в 10% случаев присутствуют кальцификации.





**Рисунок 3.**

Плеврит у больного с вирусной инфекцией с незначительным утолщением плевры (плеврит) и небольшим количеством плеврального выпота (а). Плеврит с асимметричным утолщением у пациента с системной красной волчанкой (в).

S = селезенка.

#### *Плевральная неоплазия*

Доброкачественные опухоли плевры (незлокачественная мезотелиома, липома, фиброма, хондрома, невринома и смешанные формы) встречаются относительно редко и составляют лишь 5% от всех неопластических поражений. При ультразвуковом исследовании доброкачественные поражения часто бывают округлой или овальной формы, инкапсулированными и гипэхогенными.

Гораздо чаще встречаются злокачественные опухоли плевры, такие как злокачественная мезотелиома, метастазы и трансплевральный рост опухолей легких. Неоднородное прерывистое утолщение плевры, с неровными краями, сопутствующее плевральные выпоты и инфильтрация соседних структур являются признаками злокачественности.

Мезотелиома плевры-это особенно агрессивная плевральная опухоль, которая инфильтрирует грудную стенку и диафрагму (полосатые гипэхогенные разветвления) и обычно связана с историей профессионального воздействия асбеста. Метастазы в плевру чаще встречаются при раке молочной железы и легких.

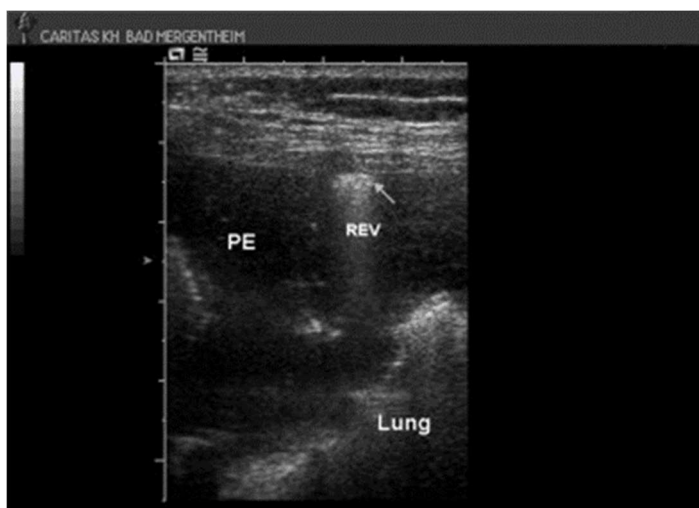
#### *Биопсия*

Дифференциальная диагностика между доброкачественными опухолями и злокачественными новообразованиями является главной диагностической задачей при неопластических заболеваниях плевры. Тонкоигольная аспирационная биопсия, под контролем УЗИ помогает избежать более инвазивных процедур, таких как торакотомия. Однако ультразвуковая биопсия может быть довольно сложной задачей, так как повреждения тканей часто эластичны и имеют тенденцию смещаться под давлением иглы. Поэтому эти мероприятия должны проводиться специально подготовленным специалистом.

#### *Пневмоторакс*

Рентгенография грудной клетки на выдохе- до сих пор остается золотым методом для диагностики пневмоторакса у госпитализированных пациентов. Использование ультразвукового метода при оценке пневмоторакса является относительно новым понятием

и требует большего опыта, чем обнаружение плевральной жидкости. Для оценки состояния передней грудной стенки ультразвуковое исследование лучше всего проводить с пациентом в положении лежа на спине, но возможны и другие положения. При интерпретации полученных результатов особенно важно сопоставить ультразвуковые данные с данными для контралатеральной стороны. Для повышения чувствительности ультразвуковой диагностики следует применять сочетание отрицательных и положительных признаков пневмоторакса: ультразвуковые признаки пневмоторакса включают отсутствие скольжения легких, отсутствие пульса легких, отсутствие В-линий и наличие легочной точки. Скольжение легких, характеризующееся дыхательными движениями плевральной линии, является сильным негативным предиктором пневмоторакса. Наличие пульса легких говорит о других причинных факторах (например, плевральный выпот). В-линии, ранее описанные как хвосты комет, определяются как вертикальные гиперэхогенные артефакты реверберации, которые возникают из плевральной линии. Они простираются до нижней части экрана без замирания и двигаются синхронно с легким скольжением. Поскольку В-линии исходят из висцеральной плевры, их присутствие доказывает, что висцеральная плевра противостоит париетальной плевре, тем самым практически исключая наличие пневмоторакса. При отсутствии легочного скольжения и В-линий ультразвуковой датчик следует перемещать в латерокраниальном направлении до тех пор, пока не появятся легочное скольжение и В-линии, что подтвердит диагноз пневмоторакса. Повторное появление этих двух признаков было описано как точка легкого. Однако, в случаях полной ретракции легких, точка легкого не может быть визуализирована. Простейшим признаком пневмоторакса является выделение воздуха в пределах плеврального выпота (гидропневмоторакс).



**Рисунок 4.** Признаком пневмоторакса является выделение воздуха (*стрелка*) в пределах плеврального выпота. Показываются артефакты реверберации. Пневмония была причиной пневмоторакса.

С помощью приведенных выше методов было установлено, что ультразвуковое исследование у постели больного является более чувствительным, чем рентгенография грудной клетки в выявлении пневмоторакса. Таким образом, ультразвуковое исследование может быть использовано для надежного исключения пневмоторакса после медицинских вмешательств (например, трансбронхиальная биопсия, чувствительность = 100%, специфичность = 83%).

УЗИ грудной клетки особенно полезно в отделении интенсивной терапии и доклинических условиях, где рентгенографическое оборудование не всегда доступно. Это может иметь первостепенное значение в ситуациях, когда отсутствие пневмоторакса может привести к значительному ухудшению состояния, например, у пациентов, требующих вентиляции под положительным давлением или экстренного (воздушного) транспорта. В последние годы ультразвуковое исследование стало неотъемлемой частью алгоритма оказания экстренной помощи.

Чувствительность УЗИ легких в диагностике пневмоторакса ограничена в определенных условиях, включая ожирение, диафрагмальный паралич, плевральные спайки и эмфизему.

### **УЗИ легких**

#### Легочные уплотнения

В отличие от плевральных и субплевральных тканей, здоровые и вентилируемые легкие не могут быть оценены с помощью ультразвукового исследования, даже если под рукой имеется оборудование высокой четкости. В отличие от этого, многочисленные патологии легких могут быть эффективно исследованы с помощью ультразвукового метода, при условии, что они приводят к снижению вентиляции дыхательных путей, расположены на периферии легких и находятся в физическом контакте с плеврой (табл.4).

### **Таблица 3**

Ультразвуковые данные для легких

Пневмония (периферическое расположение)
Опухоли (карцинома, метастазы)
Ателектаз
Тромбоэмболия легочной артерии, инфаркт миокарда

Консолидация легких в настоящее время принята в качестве неспецифического термина, относящегося к субплевральной области или области с тканеподобной эхотекстурой, в зависимости от степени потери воздуха и преобладания жидкости. Ультразвуковое исследование позволяет достоверно отличить консолидацию от плеврального выпота, особенно у тяжелобольных пациентов. Дополнительные признаки (например, наличие В-линий, сосудистый рисунок в пределах консолидаций, воздушные или жидкие бронхограммы) может помочь в дифференциации различных причин, в том числе пневмонии; тромбоэмболии легких; рака легких и метастазов; компрессии и обструктивного ателектаза;

## Пневмония

Легочный инфильтрат часто сопровождается плевральным выпотом, что значительно увеличивает ультразвуковое окно. Воздух в бронхах (воздушная бронхограмма) наблюдается до 90% больных пневмонией. Легочные инфильтраты характеризуются неровными, зубчатыми и несколько размытыми краями. (рис.5). При пневмонии воздушная бронхограмма динамична в зависимости от дыхательных движений, что отличает её от обтурационного ателектаза. На жидкостной бронхограмме отмечаются анэхогенные или гипоэхогенные разветвленные трубчатые структуры по отношению к бронхиальному дереву. Бронхиальная обструкция (вызванная слизистыми бляшками, новообразованиями) должна учитываться при наличии стойкой жидкостной бронхограммы и должна быть подтверждена соответствующим вмешательством (например, бронхоскопия).



**Рисунок 5.**

Пневмония. На рисунке типичная пневмо-альвеолограмма и пневмобронхограмма (стрелка).

**Таблица 4**

Ультразвуковые данные при пневмонии

“Гепатизация ” (на ранних стадиях легочные ткани напоминают печеночную паренхиму)
Абсцедирование
Воздушная бронхограмма
Жидкостная бронхограмма (постстенотическая)

Размытые и зазубренные края инфильтрированных легочных тканей

Реверберации на полях

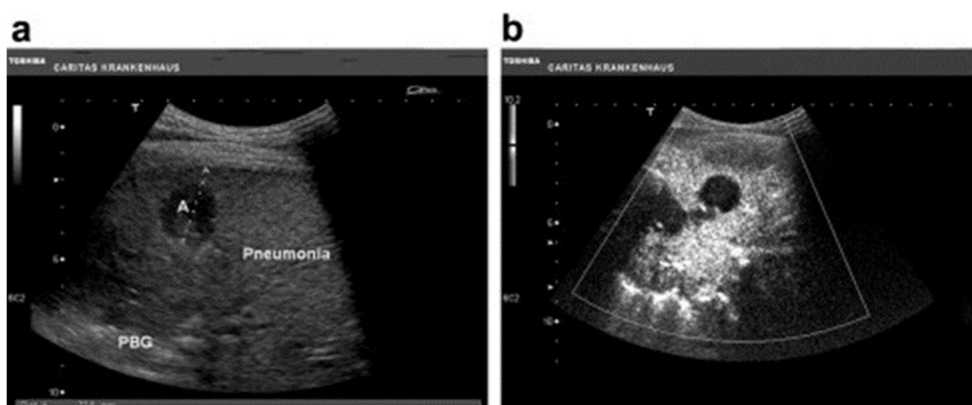
Было установлено, что ультразвуковое исследование легких является высокоэффективным инструментом в диагностике и последующем наблюдении за пневмонией как у взрослых, так и у детей. УЗИ легких выявляет больше (12% -25%) пневмоний, чем рентгенографическое исследование, подтвержденное КТ органов грудной клетки.

Ультразвуковое исследование легких-это неинвазивный, доступный у постели больного инструмент, используемый для высокоточной (чувствительность = 93,4%, специфичность = 97,7%) диагностики внебольничной пневмонии. Это особенно важно, если рентгенография отсутствует.

#### *Легочные абсцессы*

В рамках легочных инфекций ультразвуковое исследование может иметь особое значение для раннего выявления таких осложнений, как образование абсцессов. Абсцессы >20 мм довольно часто встречаются у больных пневмонией, особенно после перенесенной стафилококковой инфекции. Ультразвуковая картина абсцессов характеризуется неравномерно очерченными и гипозоногенными очаговыми поражениями. По ходу заболевания эти участки постепенно исчезают, а окружающая легочная ткань характеризуется более выраженной эхогенной границей (анакоретический эффект) (Рис.6).

При адекватном дыхательном смещении висцеральных и париетальных плевр, абсцесс весьма маловероятен.



**Рисунок 6.**

Эхограмма В-режим (а) и контрастно-усиленное УЗИ (б) изображения пневмонии с абсцессом. Образование абсцесса (б). Показана пневмобронхограмма.

#### *Туберкулез легких*

Туберкулез легких характеризуется различными средостенными, плевральными и легочными признаками, включая плевральный выпот и нарушение висцеральной плевры с субплевральными консолидациями и полостями или образованием абсцессов. Очаги туберкулеза часто бывают неравномерно очерчены с однородной гипозоногенной

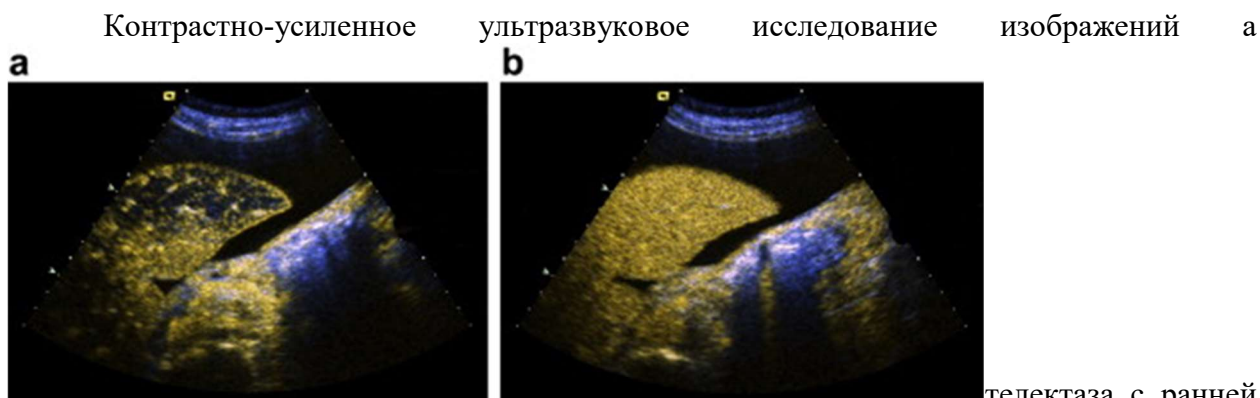
структурой. Милиарный туберкулез эхографически характеризуется множественными гипозоногенными мелкими субплевральными узелками.

### *Ателектаз*

Компрессионные ателектазы при объемных выпотах характеризуются уплотнением легочной ткани и (частичным или полным) отсутствием вентиляции легких. При ультразвуковом исследовании они представлены в виде остроугольных, плавно отграниченных, часто двояковогнутых структур из-за уменьшения объема в легких.

Картина обычно напоминает паренхиму печени с азробилией. Во время вдоха ателектазная доля легкого может спадать и вновь расширяться, в результате чего ателектаз временно исчезает. Вторичная пневмоническая инфильтрация может существенно изменить внешний вид ателектаза: по мере увеличения объема границы становятся выпуклыми, а связанные с дыханием вариации формы сменяются более жесткими проявлениями со слабой эхогенностью (Рис.7).

### **Рисунок 7.**



телектаза с ранней легочной инфильтрацией. Гомогенное контрастное усиление исключает образование абсцессов. Показаны закономерности усиления в ранней (А) и поздней (б) артериальной фазах.

Обструктивный ателектаз часто возникает дистальнее стеноза дыхательных путей (например, бронхиальные карциномы, слизистые бляшки). В отличие от компрессионного ателектаза, плевральный выпот обычно отсутствует и в меньшей степени зависит от дыхания в отношении формы и размера.

### *Опухоль легких*

Легочные карциномы и метастазы представлены в виде округлых, овальных или полициклических образований с гипозоногенной неоднородной структурой и зубчатыми краями. Инфильтраты соседних тканей с выраженной воспалительной реакцией часто выявляются при ультразвуковом исследовании. Центральные некротические или геморрагические очаги присутствуют как анэхогенные участки и указывают на злокачественность.

В исследовании, включавшем 120 пациентов с раком легкого, УЗИ удалось идентифицировать всех 19 пациентов со злокачественной инфильтрацией грудной стенки (чувствительность = 100%, специфичность = 98%, точность = 98%), в то время как компьютерная томография пропустила. Поскольку КТ-оценка инфильтрации средостения и грудной стенки может быть недостаточной, рекомендуются дополнительные методы, такие

как УЗИ грудной клетки и магнитно-резонансная томография диагноз в 6 случаях (чувствительность = 68%, специфичность = 66%, точность = 98%).

УЗИ надключичных и шейных лимфатических узлов играет особую роль в диагностике бронхиальной карциномы, поскольку метастазы в лимфатические узлы выявляются у 16% -26% всех больных. Лимфатические узлы, расположенные дальше в краниальном направлении, определяются как отдаленные метастазы. Ультразвуковой метод превосходит как пальпацию, так и КТ в визуализации увеличенных надключичных лимфатических узлов.

**Таблица 5 показания и диагностические значения ультразвуковых процедур в отношении поражений с вовлечением грудной стенки, плевры и легких**

	Диагностическая ценность
Грудная стенка	
Определена боль в грудной клетке	0
Перкуссия (разница в сторону)	+
Ослабленный звук	+
Дифференцировка пальпируемых опухолей мягких тканей ( <i>например</i> , лимфатических узлов)	+
Остеолитическая и остеопластическая деструкция костей	+
Травмы с переломами и их осложнениями	+
Плевры (включая последующее обследование)	
Плевральный выпот	+++

	Диагностическая ценность
Количественное определение объема выпота	+
Эхогенность жидкости	+
Определены твердые образования, опухоли	+
Подозрение на пневмоторакс	+
Легкие, висцеральная плевра	
Оценка помутнений легких на рентгеновских снимках	+
Дифференциальный диагноз " белый гемиторакс "(выпот, абсцесс, гематома, пневмония, ателектаз, опухоль)	+
Пневмония, выявление осложнений: образование абсцесса, последующее наблюдение	+
Оценка опухоли, стадирование, наблюдение во время терапии	0
Подозрение на тромбоэмболию легочной артерии, инфаркт легочной артерии, особенно при отсутствии компьютерной томографии	+
Биопсия под ультразвуковым контролем	

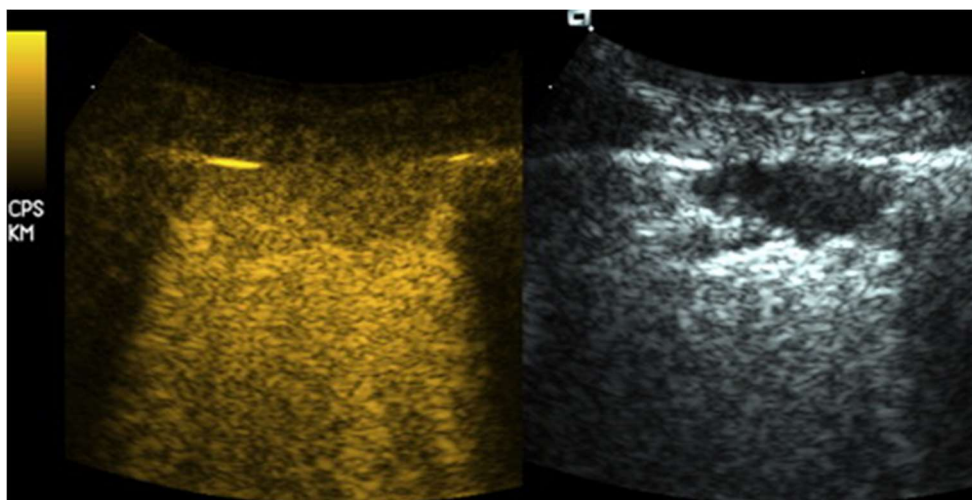


	Диагностическая ценность
Биопсия внутри грудной стенки, плевры и легких	+
Биопсия и дренирование скопления жидкости (экссудация, трансудационный гематоторакс, эмпиема, хилозный выпот, образование абсцессов)	+++
Биопсия перикарда и дренирование при тампонаде перикарда	+

#### *Тромбоэмболия легочной артерии*

Субплевральные уплотнения легких, возникающие в результате тромбоэмболии легочной артерии, при ультразвуковом исследовании визуализируются, как мелкие (0,5–3 см), преимущественно треугольные, резко очерченные и не васкуляризирующиеся в центре образования (Рис.8). Эти поражения часто наблюдаются в нескольких областях обоих легких, в основном в дорсальной области.

Ультразвуковые критерии периферической легочной эмболии приведены в таблице 6.



**Рисунок 8.**

Тромбоэмболия легочной артерии. На эхограмме в В-режиме визуализируется гипозоногенное образование, гетерогенной структуры (справа). Точность визуализации может быть улучшена с помощью контрастного усиленного ультразвука (слева).

До сегодняшнего дня большой процент легочных эмболий остаются либо незамеченными, либо обнаруживаются несвоевременно. Международные рекомендации по оценке легочной эмболии рекомендуют использовать компьютерную томографию высокой четкости для диагностики первой линии, но его использование ограничено наличием аппаратов и радиационным воздействием, особенно у молодых пациентов. Однако, смертность за последние десятилетия значительно снизилась, вероятно, из-за его использования. С другой стороны, было также установлено, что использование мультиспиральной КТ не может существенно снизить смертность от легочной эмболии, так как чрезмерное лечение, сопровождается нежелательными побочными эффектами.

При подозрении на легочную эмболию рекомендуется компрессионное ультразвуковое исследование вен голени. Она может быть выполнена в течение двух минут, но в среднем дает положительный результат только в половине случаев.

#### *Интерстициальный синдром*

Вовлечение интерстициальных тканей в легочный фиброз, интерстициальные инфекции легких, в сердечную недостаточность и острый респираторный дистресс-синдром имеют сходную ультразвуковую картину, описанную как интерстициальный синдром.

Интерстициальный синдром - это состояние, при котором нарушается альвеолярный поток из-за увеличения количества жидкости в интерстиции. Ультразвуковой метод основан на визуализации некоторых вертикальных артефактов реверберации, В-линий, которые предотвращают зеркальный эффект. При оценке состояния пациентов с острой дыхательной недостаточностью ультразвуковая картина позволяет дифференцировать кардиогенные расстройства от респираторных.

При отеке сердца интерстициальный синдром, как правило, двусторонний и симметричный, имеет лишь несколько плевральных аномалий, тогда как острый респираторный дистресс-синдром характеризуется субплевральными консолидациями, или щадящими участками нормальной паренхимы.

#### **Меры воздействия**

Некоторые патологии легких и грудной клетки сегодня могут быть взяты на ультразвуковую биопсию. Существуют очевидные преимущества по сравнению с КТ-направленными или хирургическими процедурами: доступность и портативность ультразвуковых аппаратов (даже в догоспитальных условиях), высокая четкость визуализации небольших структур, приемлемое в реальном времени и выполнение процедуры в различных положениях тела (например, вертикальное положение у пациентов с респираторным дистрессом), низкие затраты и отсутствие воздействия радиации. Недостатками являются отсутствие видимости аэрированных тканей и невозможность достижения более центрально расположенных очагов поражения в пределах грудной клетки.

Ультразвуковой метод по сравнению с диагностическим и лечебным торакоцентезом, включая плевральную склеротерапию (т. е., инстиляция доксициклина, тетрациклина и стерильного талька) является существенно более эффективным и более терпимым по сравнению с физически направленными методами. Размещение иглы и катетера и оптимальное перемещение дренажа можно контролировать в реальном времени.

Периферические опухоли подходят для трансторакальной ультразвуковой биопсии при условии, что нет необходимости пересекать аэрированное легкое (например, контакт грудной стенки). Наличие плеврального выпота снижает риск развития осложнений (пневмоторакс). Для получения более подробных описаний ультразвуковых вмешательств, мы ссылаемся на недавно опубликованную литературу.

### **Выводы и перспективы**

При различных внутри - и внегрудных патологиях ультразвуковое исследование плевры и легких обеспечивает эффективный вклад в диагностику, дифференциальную диагностику и последующее лечение. УЗИ является ценным инструментом не только в выявлении осложнений, но и для последующих обследований. И применяется в диагностике поражений грудной стенки, плевральных выпотов, пневмотораксов и легочных уплотнений, в том числе новообразований. Данный метод позволяет направлять иглу при биопсии в реальном времени. В последнее время были описаны типичные ультразвуковые методы обследования для диагностики и последующего наблюдения за легочной тромбэмболией и интерстициальными синдромами, такими как отек легких и фиброз.

В свете последних достижений в области ультразвуковой технологии следует подчеркнуть, что интерпретация результатов ультразвукового исследования всегда требует тщательного изучения истории болезни пациента и клинических результатов, а также предыдущих результатов и дополнительных методов визуализации. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый за последнее десятилетие, в большинстве центров неинвазивное исследование органов грудной клетки с помощью ультразвука проводится нерегулярно. Ультразвуковой трансторакальный метод является непосредственно зависимым от врача-оператора и интерпретация результатов требует многолетнего опыта. Повышается спрос на стандартизацию ультразвуковой номенклатуры и структурированную подготовку кадров.

Европейская федерация по ультразвуку в медицине и биологии разработала учебную программу по ультразвуковому исследованию грудной клетки и рекомендации по обучению, которая включает стандарты для получения теоретических знаний и практических навыков. Он предназначен для врачей-клиницистов, которые выполняют диагностическое и терапевтическое УЗИ грудной клетки. Недавно мы сообщали, что концепция объективного структурированного клинического обследования грудной клетки и легких, с помощью УЗИ является высокоэффективной в передаче теоретических знаний и практических навыков медицинскому персоналу, особенно в неотложной и экстренной медицине. Поэтому мы предлагаем, чтобы обучение базовым навыкам трансторакального ультразвука и некоторая форма сертификации были обязательными для всех врачей-пульмонологов в процессе обучения.

