

## Физическая основы

Ультразвук - это звуковые колебания, лежащие выше порога восприятия органа слуха человека, частоты которых превышают 20 кГц. В медицинских системах обычно используют частоты от 2 до 10 МГц.



Принцип ультразвукового исследования основан на механизме эхолокации, широко используемой в различных областях. Ультразвуковой передатчик излучает волны высокой частоты. Они попадают на объект, отражаются от него и поступают в принимающее устройство (ресивер). Ресивер, в свою очередь, преобразовывает сигнал в картинку на экране монитора.



**Любая среда, ткани организма в том числе, в разной степени препятствует распространению ультразвука. Это явление называют акустическим сопротивлением, величина которого зависит от плотности среды и скорости распространения звуковых волн в ней. Чем выше эти параметры, тем больше акустическое сопротивление.**

**Когда пучок ультразвуковых волн достигает границы двух сред с различным акустическим сопротивлением, он изменяется: одна его часть продолжает распространяться в новой среде, в той или иной степени поглощаясь ею, а другая — отражается.**

**Не вдаваясь в подробности конструкции, устройство аппарата УЗИ можно представить следующим образом:**

**монитор,**

**блок контроля,**

**специальная клавиатура,**

**датчики, которые излучают высокочастотный ультразвук, похожий на звук издаваемый некоторыми видами птиц и животных.**



## **Генератор ультразвуковых волн**

Генератором ультразвуковых волн является датчик, который одновременно играет роль приемника отраженных эхосигналов. Генератор работает в импульсном режиме, посылая около 1000 импульсов в секунду. В промежутках между генерированием ультразвуковых волн пьезодатчик фиксирует отраженные сигналы.

## **Ультразвуковой датчик**

В качестве детектора или трансдюсора применяется сложный датчик, состоящий из нескольких сотен мелких пьезокристаллических преобразователей, работающих в одинаковом режиме. В датчик вмонтирована фокусирующая линза, что дает возможность создать фокус на определенной глубине.



**Основные характеристики датчиков: рабочая частота(2,5-10МГц) – определяет соотношение разрешающей способности и максимальной рабочей глубины. Чем выше частота – тем выше качество изображения, но меньше глубина исследования. Для секторных механических датчиков – угол сектора сканирования (60-110 градусов).Для линейных и конвексных - ширина зоны обзора, которая всегда меньше на 20-30% длины излучающей поверхности. Для конвексных – радиус кривизны рабочей поверхности(15-60мм).**



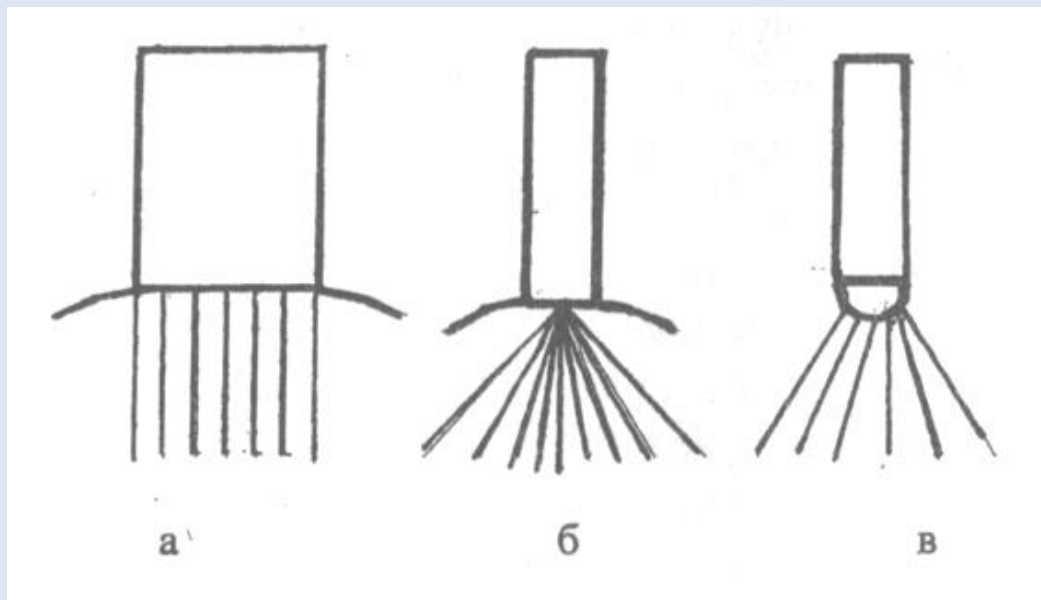
## Виды датчиков

Все ультразвуковые датчики делятся на **механические** и **электронные**. В механических сканирование осуществляется за счет движения излучателя (он или вращается или качается). В электронных развертка производится электронным путем. Недостатками механических датчиков являются шум, вибрация, производимые при движении излучателя, а также низкое разрешение. Механические датчики морально устарели и в современных сканерах не используются.

Используются три типа ультразвукового сканирования: линейное (параллельное), конвексное и секторное. Соответственно датчики или трансдюсоры ультразвуковых аппаратов называются линейные, конвексные и секторные. Выбор датчика для каждого исследования проводится с учетом глубины и характера положения органа.

Датчики бывают для наружного обследования и внутриволостные.

В современных сканерах датчики двухчастотные, трехчастотные и многочастотные.



А. Линейный датчик

Б. Секторный датчик

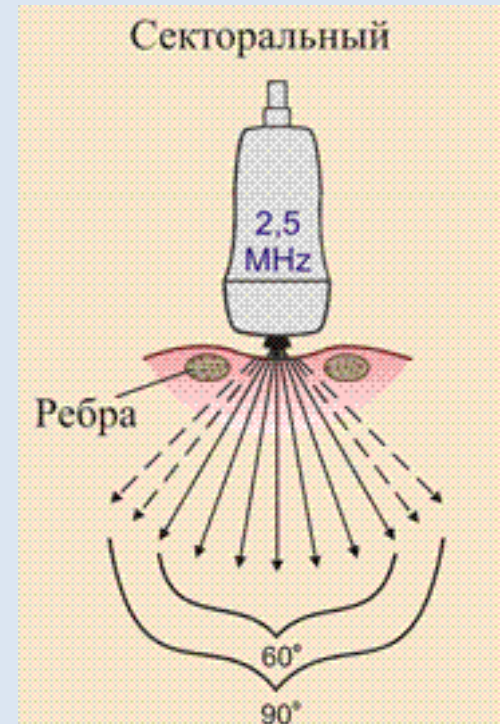
В. Конвексный датчик

**Линейные датчики** используют частоту 5-15 Мгц. Преимуществом линейного датчика является полное соответствие исследуемого органа положению самого трансдюсора на поверхности тела. Недостатком линейных датчиков является сложность обеспечения во всех случаях равномерного прилегания поверхности трансдюсора к коже пациента, что приводит к искажениям получаемого изображения по краям. Также линейные датчики за счет большей частоты позволяют получать изображение исследуемой зоны с высокой разрешающей способностью.

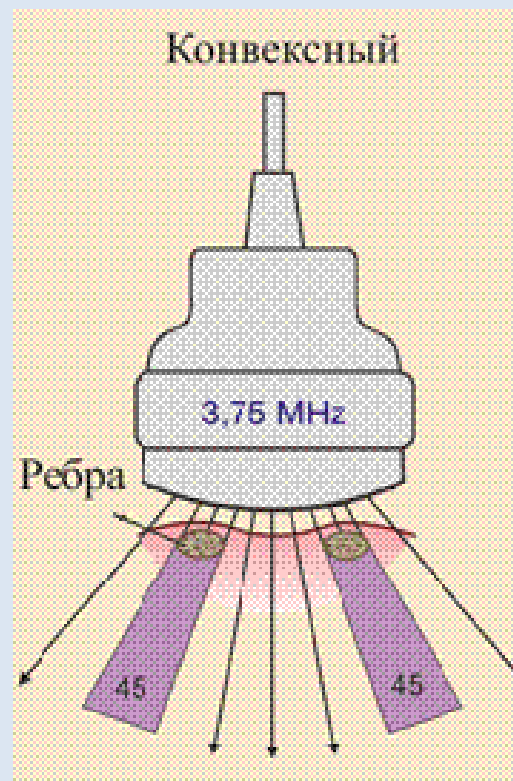




**Секторный датчик** работает на частоте 1,5-5 МГц. Имеет ещё большее несоответствие между размерами трансдюсора и получаемым изображением, поэтому используется преимущественно в тех случаях, когда необходимо с маленького участка тела получить большой обзор на глубине. Наиболее целесообразно использование секторного сканирования при исследовании, например, через межреберные промежутки. Типичным применением секторного датчика является эхокардиография — исследование сердца.



Конвексный датчик использует частоту 1,8-7,5 МГц. Имеет меньшую длину, поэтому добиться равномерности его прилегания к коже пациента более просто. Однако при использовании конвексных датчиков получаемое изображение по ширине на несколько сантиметров больше размеров самого датчика. За счет меньшей частоты глубина сканирования достигает 20-25 см. Обычно используется для исследования глубоко расположенных органов — органы брюшной полости и забрюшинного пространства.



## ***Режимы работы***

Отраженные эхосигналы поступают в усилитель и специальные системы реконструкции, после чего появляются на экране телевизионного монитора в виде изображения срезов тела, имеющие различные оттенки черно-белого цвета.

Оптимальным является наличие не менее 64 градиентов цвета черно-белой шкалы.

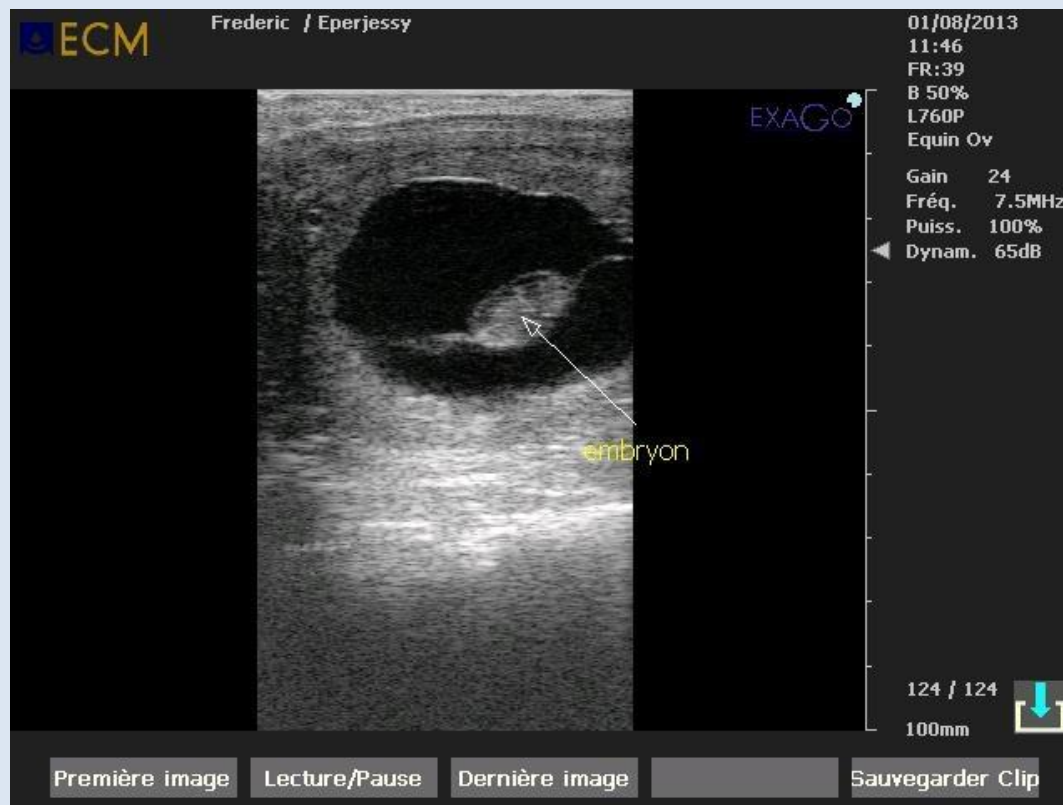
При позитивной регистрации максимальная интенсивность эхосигналов проявляется на экране белым цветом (эхопозитивные участки), а минимальная — чёрным (эхонегативные участки). При негативной регистрации наблюдается обратное положение. Выбор позитивной или негативной регистрации не имеет значения. Изображение, получаемое при исследовании, может быть разным в зависимости от режимов работы сканера.

Выделяют следующие режимы:

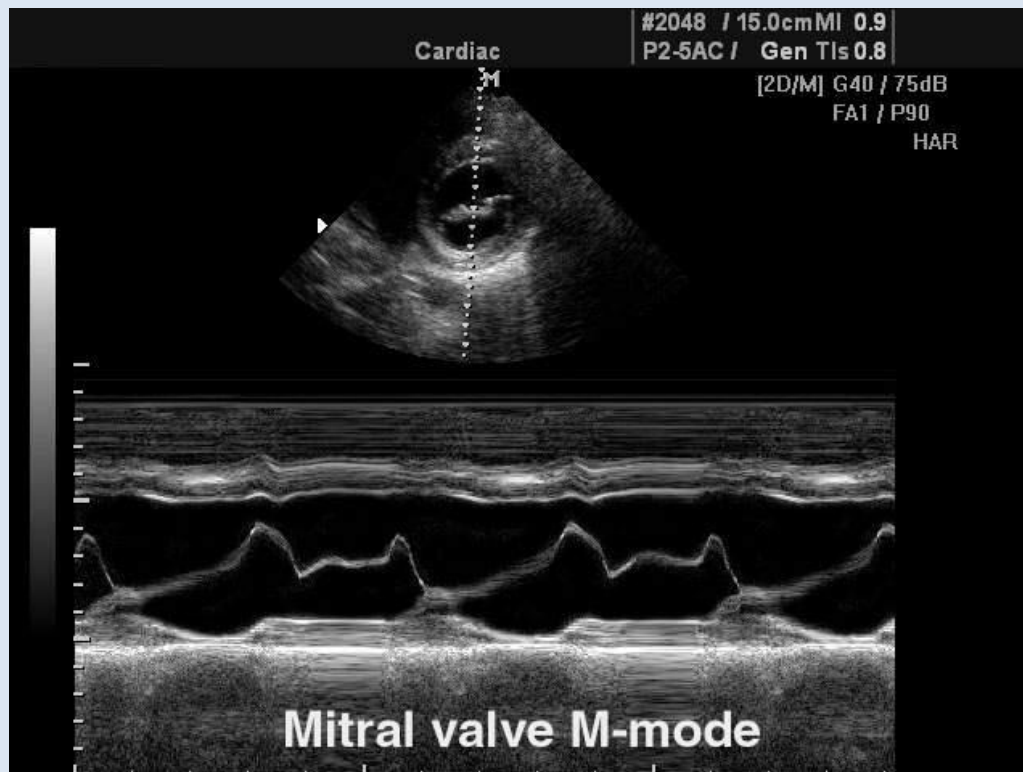
•**A-режим.** Методика даёт информацию в виде одномерного изображения, где первая координата, это амплитуда отраженного сигнала от границы сред с разным акустическим сопротивлением, а вторая расстояние до этой границы. Зная скорость распространения ультразвуковой волны в тканях тела человека, можно определить расстояние до этой зоны, разделив пополам (так как ультразвуковой луч проходит этот путь дважды) произведение времени возврата импульса на скорость ультразвука.



- ***B-режим.*** Методика даёт информацию в виде двумерных серошкальных томографических изображений анатомических структур в масштабе реального времени, что позволяет оценивать их морфологическое состояние.



• **M-режим.** Методика даёт информацию в виде одномерного изображения, вторая координата заменена временной. По вертикальной оси откладывается расстояние от датчика до лоцируемой структуры, а по горизонтальной — время. Используется режим в основном для исследования сердца. Дает информацию о виде кривых, отражающих амплитуду и скорость движения кардиальных структур.



• **Основные термины применяемые в УЗИ**

**Эхогенность** – это способность ткани или органа отражать ультразвуковой луч.

**Различают:**

**изоэхогенность** – нормальная эхогенность (объекты серого цвета),

**гипоэхогенность** – сниженная эхогенность (цвет ближе к черному),

**гиперэхогенность** – высокая эхогенность (белого цвета),

**анэхогенность** – дословно «отсутствие эхогенности» — эхонегативность (образования черного цвета).

**Чем чернее объект на экране УЗИ-сканера, тем ниже эхогенность, чем белее — тем она выше. Например, камни и кальцинаты являются гиперэхогенными. Так как, камни имеют очень плотную структуру, ультразвук не может пройти сквозь них, а видит только верхнюю часть камня, за которой появляется акустическая тень. Сниженная эхогенность органов обычно говорит об отеке, воспалении – присутствии жидкости. Анэхогенные образования – это жидкостные образования. Например, полный мочевого пузырь в норме анэхогенный.**

## **Ткани по мере уменьшения экзогенности**

- кость, газ**
- стенки сосудов**
- почечная лоханка**
- предстательная железа**
- селезенка**
- печень**
- кора почек**
- мышцы**
- мозговое в-во почек**
- желчь, моча, фолликулярная жидкость**



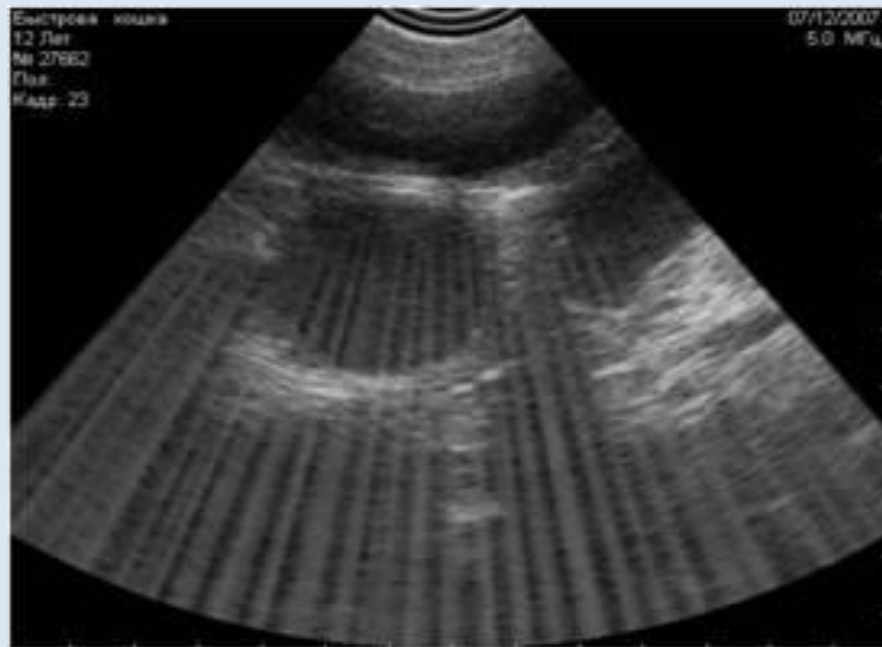
**Структура.** Различные органы имеют разную структуру. Но, как правило, в норме она однородна. При наличии каких-то включений, неоднородности структуры врач подробно описывает эти изменения. Неоднородная структура может быть, например, у поджелудочной железы при хроническом панкреатите. Или у щитовидной железы при тиреоидите – в этом случае можно выявить неоднородность структуры, за счет чередования участков сниженной и повышенной эхогенности, появляется как бы «пёстрость» рисунка.

— **Контуры** органов и образований также являются важным параметром уз-исследования. Неровность контура органа может говорить о хроническом воспалении органа, неровность контура образования — о его злокачественности.



**Помехи - это искажение изображения, вызванные воздействием внешних причин на УЗИ-аппарат. Существует много разновидностей помех, из них мы выделили наиболее часто встречающиеся:**

- сетевые - вызванные включением одновременно с УЗИ-аппаратом электрических приборов и сотовым телефоном ;**
- вызванные плохим качеством выбривания кожи животного ;**
- вызванные недостаточным количеством УЗИ-геля, нанесенного на кожу;**
- вызванные движениями животного, в том числе дыхательной экскурсией .**



**Помехи, вызванные включенным рядом с аппаратом УЗИ сотовым телефоном. Во избежание этого лучше просить владельца выключать сотовый телефон при проведении ультразвукового исследования.**



**Помехи, вызванные работающими электроприборами, включенными в сеть рядом с аппаратом УЗИ.**

**Артефакт** - это искажение изображения (появление несуществующих структур, отсутствие существующих, неправильное положение органа и т. п.), обусловленные физическими свойствами и явлениями ультразвукового луча, проходящего через биологические объекты.

Артефакты могут приводить к некорректной интерпретации изображения, неправильной постановке диагноза и, соответственно, к неадекватным назначениям врача. Однако знание механизмов их возникновения, правильная интерпретация наблюдаемых артефактов не редко могут оказать неоценимую помощь врачу.

Многие артефакты - это не досадные помехи, а верные союзники УЗИ-диагноста, несущие скрытую информацию. Наша цель - извлечь ее и использовать во благо пациента.

Существует два принципиально различных вида артефактов: аппаратурные и артефакты, обусловленные физическими свойствами ультразвукового луча

Аппаратурные артефакты - это искажения изображения, возникающие вследствие технического несовершенства ультразвукового прибора. Аппаратурные артефакты не несут диагностической информации и действительно мешают работе врача.

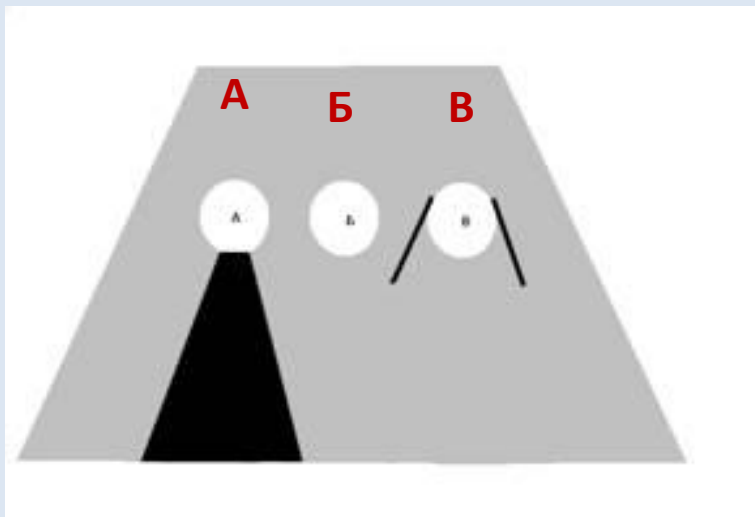
**1.Мертвая зона.** Мертвая зона - это часть изображения, прилегающая непосредственно к рабочей поверхности датчика, где практически невозможно выделить эхо-сигналы. Наличие этого артефакта обусловлено конструктивными особенностями датчика и в большей или меньшей степени имеет место при любых датчиках.

**2.Дистальное затухание.** При сканировании глубоко расположенных структур получение качественного изображения затрудняется. Это связано с тем, что на глубоко расположенные структуры у ультразвукового луча остается мало энергии .

**Боковые лепестки.** Алгоритм построения изображения предполагает существование одного луча. В действительности эхо-сигналы принимаются не только от одного луча, называемого основным лепестком, но и от дополнительных сигналов, создаваемых так называемыми боковыми лепестками. В силу относительно низкого энергетического уровня боковых лепестков по сравнению с основным лепестком, эхосигналы их малы и в целом не сказываются на качестве изображения. Однако если в направлении бокового лепестка находится хорошо отражающая поверхность, эхо-сигналы от нее могут иметь большую амплитуду и воспринимаются как полезные сигналы. При этом ложные изображения ослабляются относительно более стабильного реального изображения. В приборах высокого класса артефакт боковых лепестков не наблюдается.

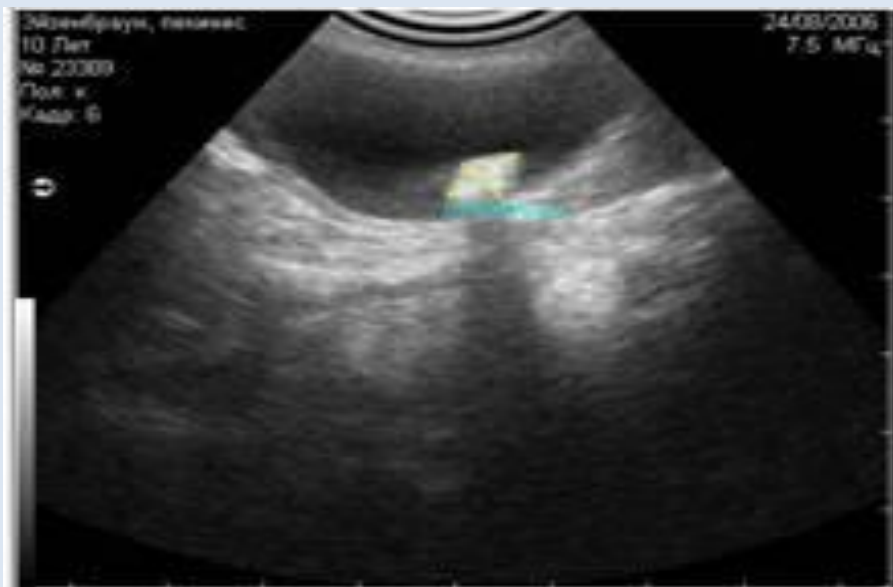
Артефакты, обусловленные физикой ультразвукового луча. Эта группа артефактов может предоставлять ценную диагностическую информацию и оказывать неоценимую помощь в постановке правильного диагноза.

1. Эхоакустическая тень. Эхоакустическая тень - это отсутствие изображения за объектом вследствие затухания ультразвуковых волн . Для того чтобы выяснить источник тени, нужно проследить, откуда она берёт своё начало. Существует две разновидности теней в зависимости от их природы. Первая разновидность тени - истинная тень - область пониженной эхогенности, возникающая за объектами с высокой отражающей способностью напр.: кость, коллаген .



На этом рисунке изображено три объекта. **Объект А** испускает истинную эхоакустическую тень, расположенную под объектом. **Объект Б** тень не испускает. Тени, исходящие от **объекта В**, являются режущими и направлены по касательной к его поверхности.





**На снимке представлен гиперэхогенный объект в полости мочевого пузыря, испускающий эхоакустическую тень. На основании этого артефакта мы можем предположить, что этот объект является конкрементом.**

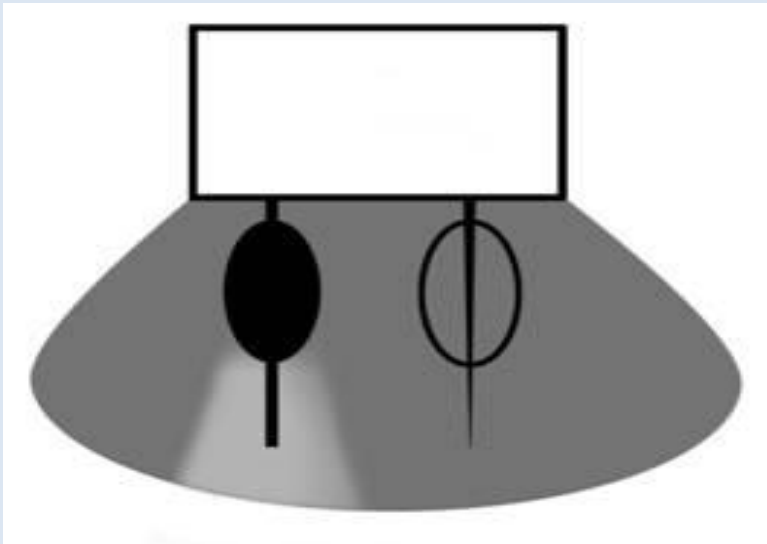
**Артефакт истинной эхоакустической тени помогает в следующих случаях:**

- **Диагностика очагов минерализации.** Например, при дифференциации конкрементов и новообразований в различных органах присутствие эхоакустической тени является ультразвуковым маркером конкремента. Знание сроков минерализации скелетных структур у плодов помогает в определении сроков беременности животного. О степени минерализации плодов мы можем судить по наличию или отсутствию эхоакустических теней, испускаемых скелетными структурами.

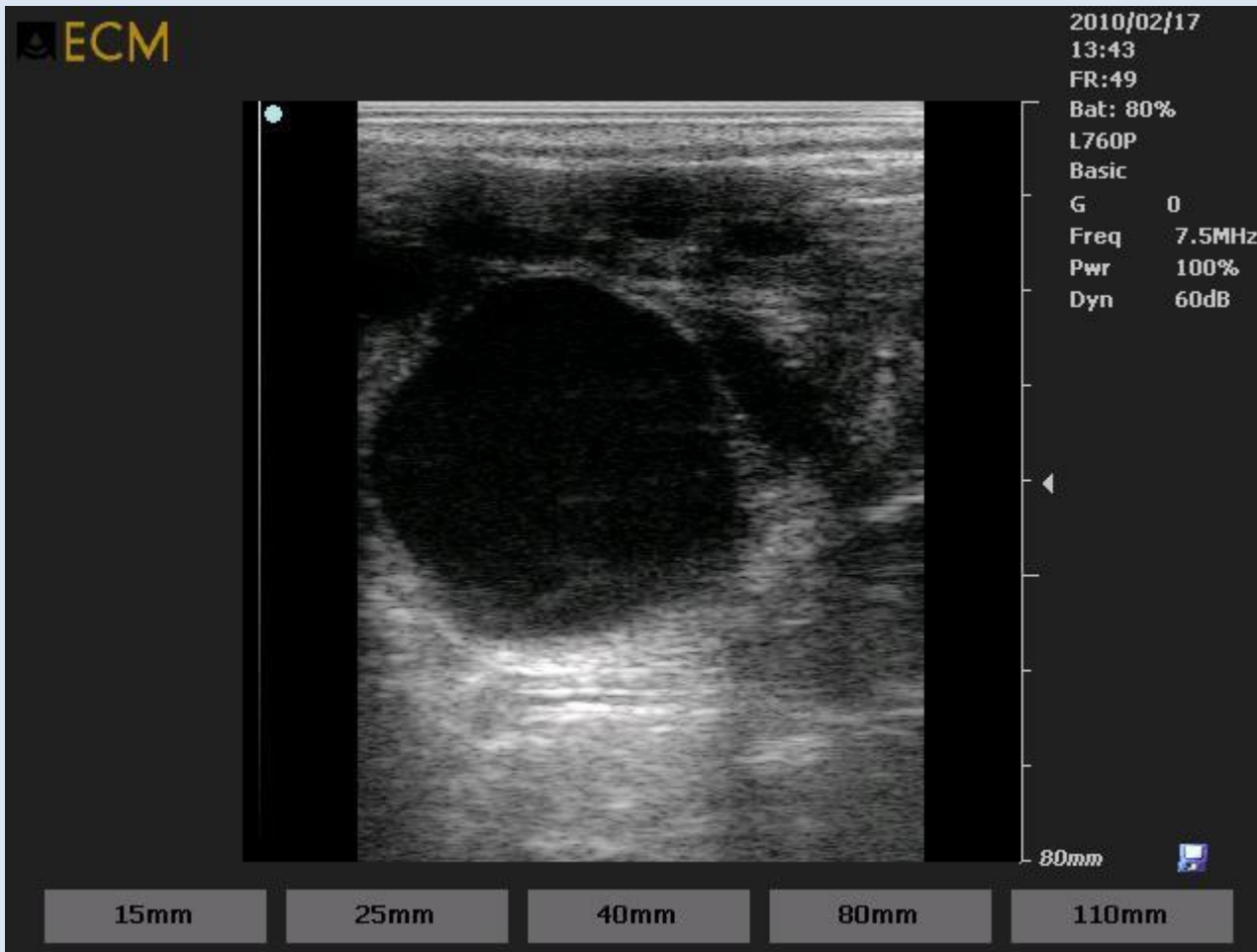
- **Дифференциальная диагностика фиброзных изменений тканей.** Например, этот артефакт имеет место при таких диффузных поражениях печени, как фиброз и цирроз. При фиброзных изменениях печени, в отличие от других гепатозов, стенки сосудов и желчные ходы изменяются настолько, что начинают испускать эхоакустические тени.

Второй разновидностью этого артефакта является артефакт "режущих теней" (5). Природа этого явления иная. При отражении звуковых волн от плотных изогнутых поверхностей, ультразвуковые лучи пересекаются и частично гасят друг друга. Особенностью режущих теней является тот факт, что они расположены по касательной к кривой поверхности, в отличие от истинных теней, расположенных строго под объектом.

**Эхоакустическое псевдоусиление.** Этот артефакт возникает позади структур, слабо поглощающих ультразвук, т. е. позади содержащих жидкость объектов (мочевой пузырь, желчный пузырь, фолликулы, кисты и пр.). В некотором смысле он противоположен артефакту теней. Знание этого феномена помогает в подтверждении жидкостной природы сканируемого объекта. Классическим примером является нормальное эхоакустическое псевдоусиление, появляющееся в паренхиме печени позади желчного пузыря. Эхоакустическое псевдоусиление имеет решающее значение при дифференциальной диагностике кист от новообразований с низкой эхогенностью.



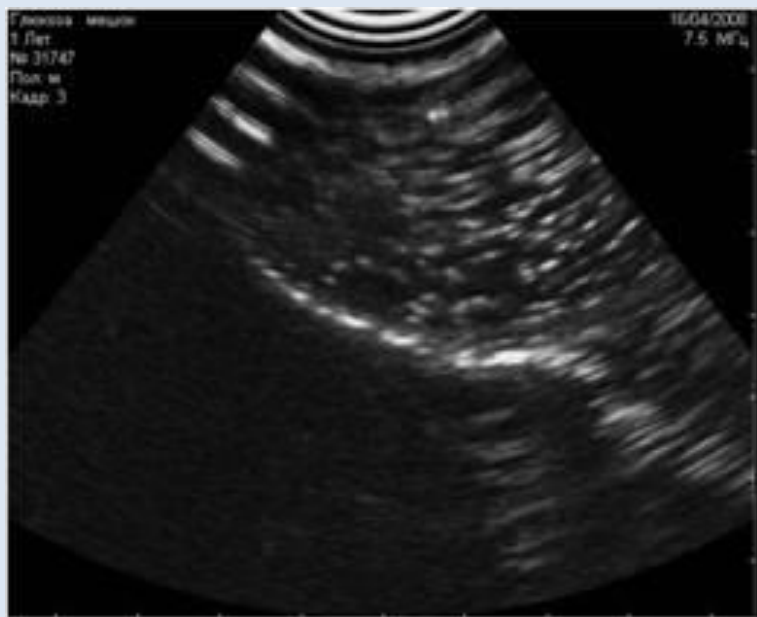
Артефакт периферического эхоакустического усиления. Звуковая волна слева практически не ослабляется, проходя через наполненный жидкостью пузырь, поэтому область позади него остается яркой. Звуковая волна справа, проходящая через паренхиму, ослабляется и затухает.



**Доминантный фолликул лошади с эхоакустическим усилением**

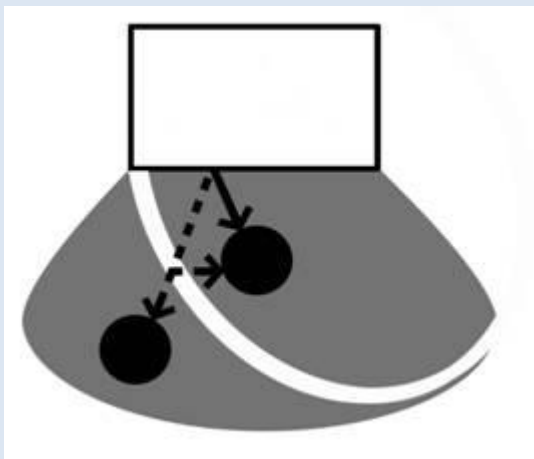
**3. Реверберация** - это многократное возвращение эхо-волны на трансдуктор, которое на экране выглядит как множество белых линий, параллельных исследуемой поверхности. Очень сильная реверберация называется "хвост кометы". Этот артефакт наблюдается на границе мягких тканей или жидкостей с газом, и знание его помогает в обнаружении газовых структур. В норме реверберация имеет место при сканировании любых структур, содержащих газ - легкие, кишечник, желудок. Именно из-за этого артефакта ультразвуковая диагностика легких невозможна, а УЗИ желудка и кишечника требует особенной тщательной подготовки.

Обнаружение же газа там, где его в норме не должно быть, является ультразвуковым маркером серьезной патологии.



Артефакт реверберации. Яркие гиперэхогенные точки - это пузырьки газа. Гипозэхогенные полосы под ними - это реверберация.

Зеркальное отражение. Этот артефакт возникает на границе двух сред (поверхность диафрагма - легкие и поверхность перикард - легкие). Механизм этого явления заключается в том, что на границе раздела сред часть луча проходит через нее, а часть - отражается. Отраженные лучи возвращаются на трансдуктор и формируют ложное изображение. Примером артефакта зеркального отражения в норме является появление ложного изображения паренхимы печени и второго желчного пузыря за пределами диафрагмы. Такое изображение важно трактовать не как нарушение целостности диафрагмы и не как "двойную" печень. Артефакт зеркального отражения может быть ультразвуковым маркером патологий, при которых существенно повышается плотность мягких тканей, например, местного или генерализованного "сухого" перитонита.



Артефакт "зеркального отражения".  
Сплошной линией представлен луч, отраженный от желчного пузыря и создающий на экране истинное изображение. Пунктиром показан луч, отраженный от диафрагмы в желчный пузырь и тем же путем вернувшийся обратно. Этот луч формирует на экране изображение ложного желчного пузыря.

## Другие артефакты

**Рефракция.** С детства мы знакомы с примером рефракции - карандаш в стакане с водой оптически преломляется. Подобное явление мы можем наблюдать и при прохождении ультразвуковым лучом неоднородных биологических структур - различные объекты могут изменять свою форму и "преломляться". Устранить этот артефакт мы можем, изменив положение датчика и угол сканирования. При перпендикулярном положении датчика к границе раздела двух сред искажение становится минимальным. В слоистых тканях артефакт рефракции может привести к расфокусировке луча, что, в свою очередь, приводит к ухудшению поперечной разрешающей способности и, в конечном счете, к потере качества изображения.

**6. Артефакт псевдослизи.** Этот артефакт очень часто встречается в мочевом, реже - в желчном пузыре. Он имитирует присутствие слизи или осадка в них. Причиной этого артефакта является искажение изображения за счет толщины реального трехмерного луча. Толщиной реального луча называется его размер в плоскости, проходящей через фокус луча перпендикулярно плоскости сканирования. Между псевдослизью и истинной слизью имеются существенные различия. Поверхность псевдослизи является обычно вогнутой, в то время как поверхность настоящей слизи, как правило, горизонтально-плоская или имеет фистончатый край. Кроме того, изменение угла наклона датчика обычно помогает устранить этот артефакт.

**Таким образом, наиболее информативными артефактами являются те из них, которые обусловлены физикой ультразвукового луча. Наибольшую диагностическую ценность представляют артефакт истинной эхоакустической тени, артефакт зеркального отражения, артефакт эхоакустического псевдоусиления и артефакт реверберации. Знание этих артефактов поможет врачу поставить правильный диагноз и оказать своевременную и адекватную помощь пациенту.**



## Виды УЗИ аппаратов



