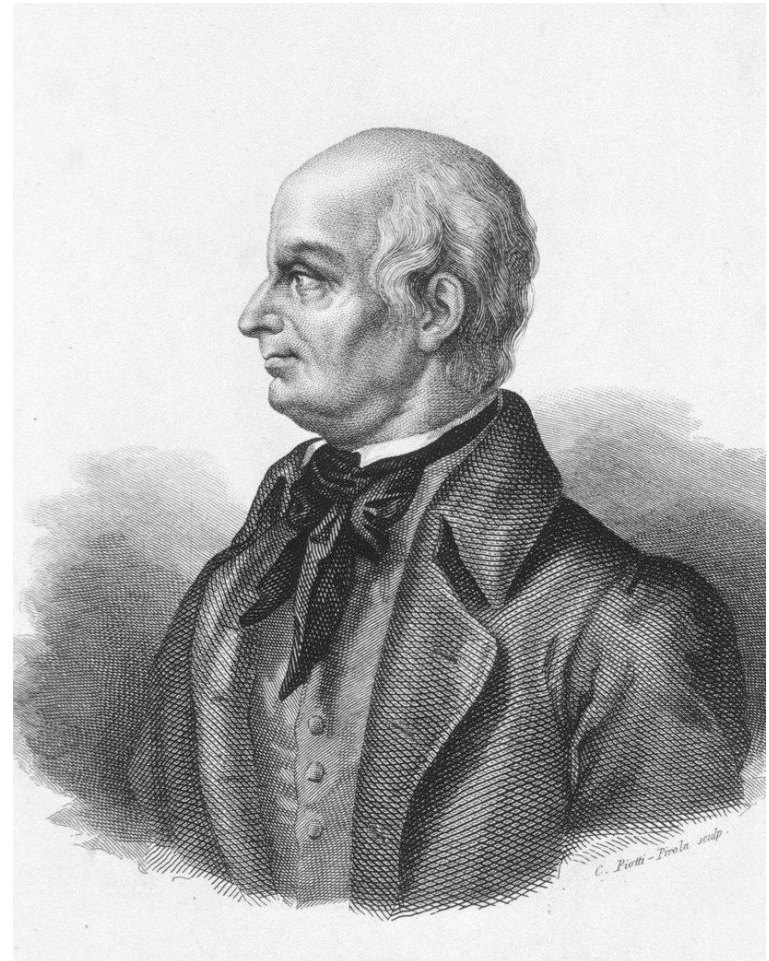


ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАТЕТЕРИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ВЕН И АРТЕРИЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

Физика ультразвука

Lazzaro Spallanzani (1729-1799)

- Доказал, что есть звук не воспринимаемый ухом человека.
- **Летучая мышь: 1000-100000 Гц**



Слышимый звук



**Дельфин – до 150000
Гц**



**Собака – до 40000
Гц**



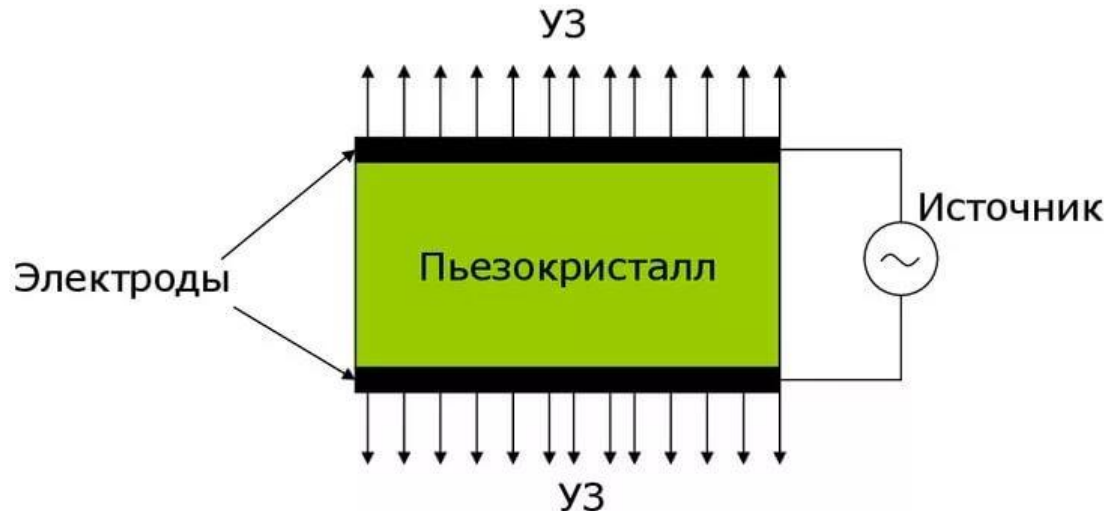
**Человек – от 20 до 20000
Гц**

Прямой пьезоэффект



- Под воздействием механической деформации пьезокристалла возникает электрическое напряжение

Обратный пьезоэффект



- Под действием электрического поля происходит механическая деформация пьезокристалла

Ультразвук

- Если к пьезоэлементу приложить переменный ток, то элемент начнет с высокой частотой сжиматься и расширяться (т.е. колебаться), генерируя ультразвук

Параметры ультразвука

- Частота,
- Длина волны,
- Скорость распространения в среде,
- Амплитуда,
- Интенсивность.

Частота, амплитуда и интенсивность определяются источником звука,

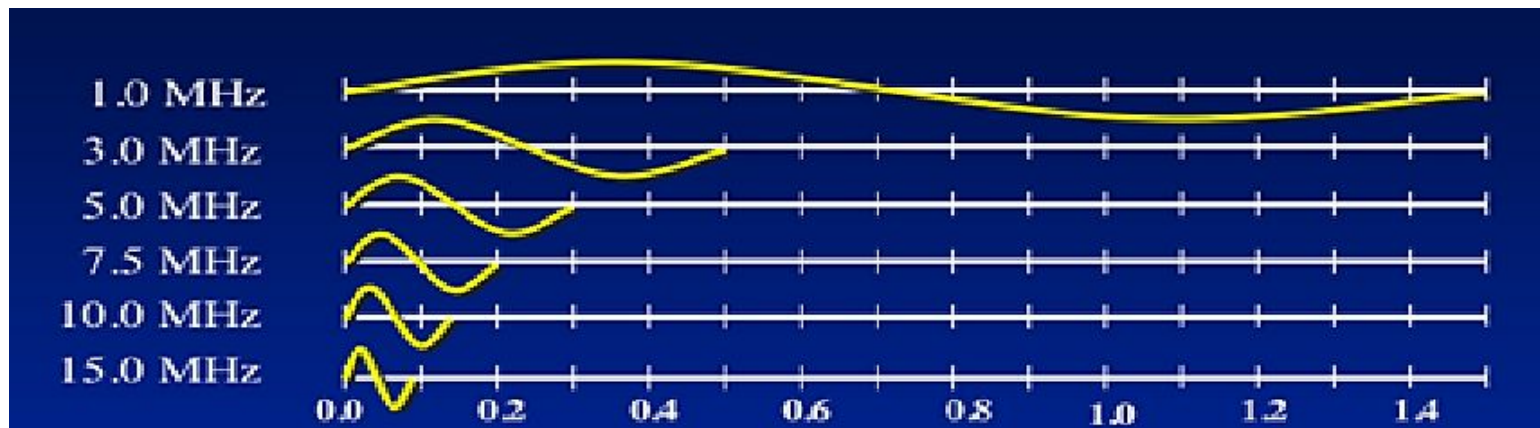
Скорость распространения – средой;

длина волны – и источником звука, и средой.

Частота – число колебаний в единицу времени

- Единицами измерения частоты являются герц (Гц), килogerц и **мегагерц (МГц)**.
- Один герц — это одно колебание в секунду. Один мегагерц = 1 000 000 герц.
- Верхняя граница слышимого звука — 20000 Гц — является нижней границей ультразвукового диапазона

Длины волн диагностического ультразвука



Длинна волны, мм

Скорость распространения волн УЗ

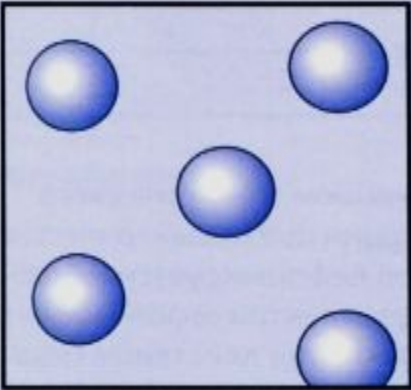
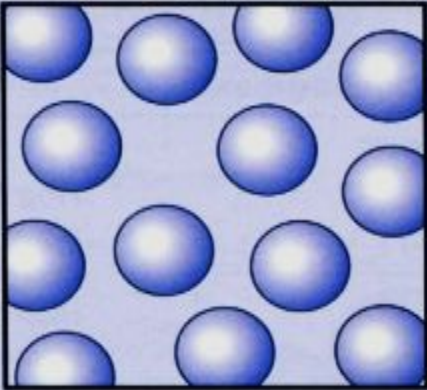
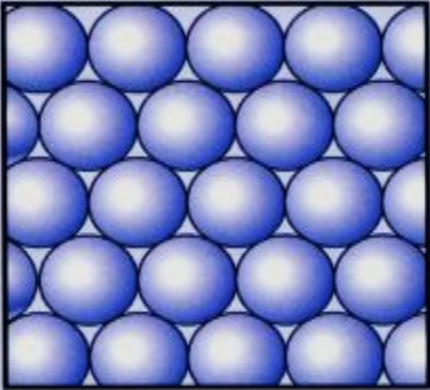
Скорость распространения УЗ определяется плотностью и упругостью среды

- В газах **скорость звука** меньше, чем в жидкостях, а в жидкостях — меньше, чем в твёрдых телах

Скорость распространения ультразвука в различных средах

- Чем ближе молекулы вещества (выше плотность), тем лучше вещество проводит звук.
- Скорость распространения ультразвуковой волны необходимо знать для вычисления расстояний между объектами, а также нахождения глубины их залегания.
- Средняя скорость распространения УЗ в мягких тканях 1540 м/с.

Скорость распространения ультразвука в различных средах

Скорость распространения УЗ-волн в различных средах								
Ткань (м/с)	Воздух 331	Вода 1496	Мышцы 1568	Жир 1476	Печень 1570	Почки 1560	Селезенка 1565	Кости 3360
Газ			Жидкость			Твердые тела		
								
Воздух			Мягкие ткани			Кости		

Скорость распространения ультразвука в различных средах

	Ткань	Скорость распространения ультразвука в мм/мкс
1	Мозг	1,51
2	Печень	1,55
3	Почки	1,56
4	Мышцы	1,58
5	Жировая ткань	1,45
6	Кости	4,08
7	Кровь	1,57
8	Мягкие ткани (усреднение)	1,54
9	Вода (20°C)	1,48
10	Воздух	0,33

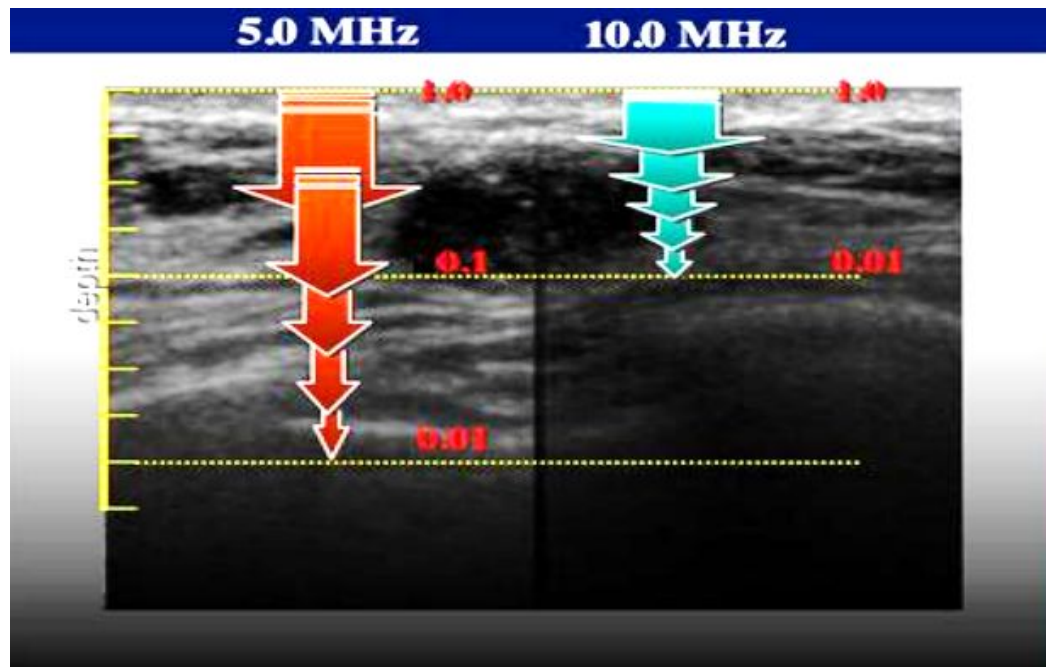
Затухание УЗ сигнала

- При прохождении через любую среду наблюдается уменьшение амплитуды и интенсивности УЗ сигнала, называемое затуханием

Единица затухания – децибел (дБ)

- Коэффициент затухания – ослабление УЗ сигнала на единицу длины пути этого сигнала (дБ/см)
- Коэффициент затухания возрастает с увеличением частоты

Затухание сигналов с частотой 5,0 MHz и 10,0 MHz



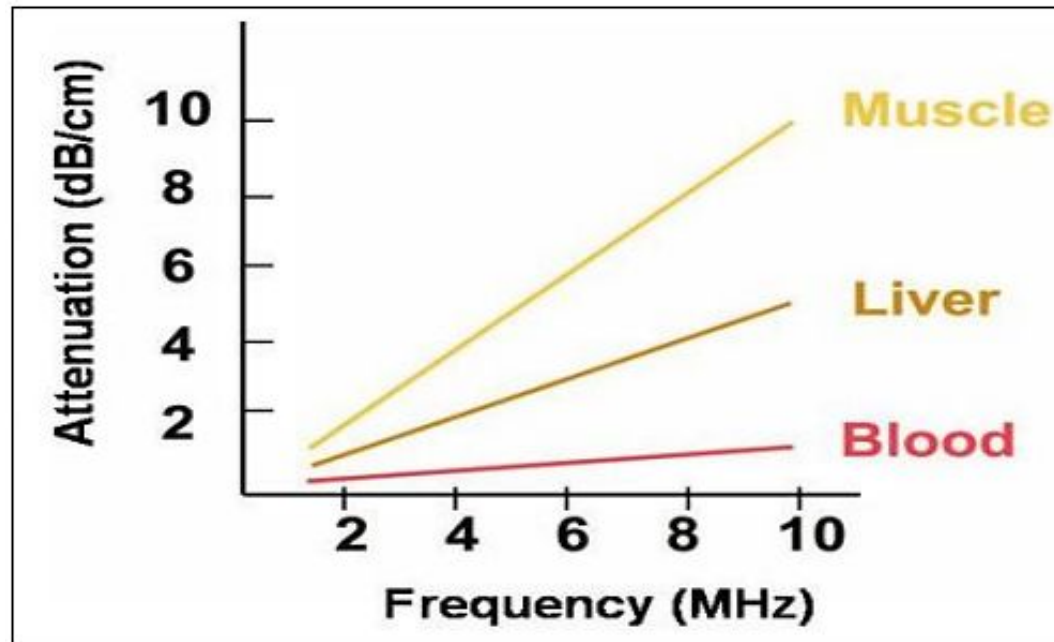
Сигнал с частотой
10,0 MHz затухает
быстрее

Затухание УЗ сигнала

- Причины затухания: отражение, поглощение, рассеяние УЗ волн

Tissue	Коэффициент затухания Attenuation Coefficient (dB/cm at 1MHz)
Water	0.002
Blood	0.18
Fat	0.63
Liver	0.5 - 0.94
Kidney	1.0
Muscle	1.3 - 3.3
Bone	5.0

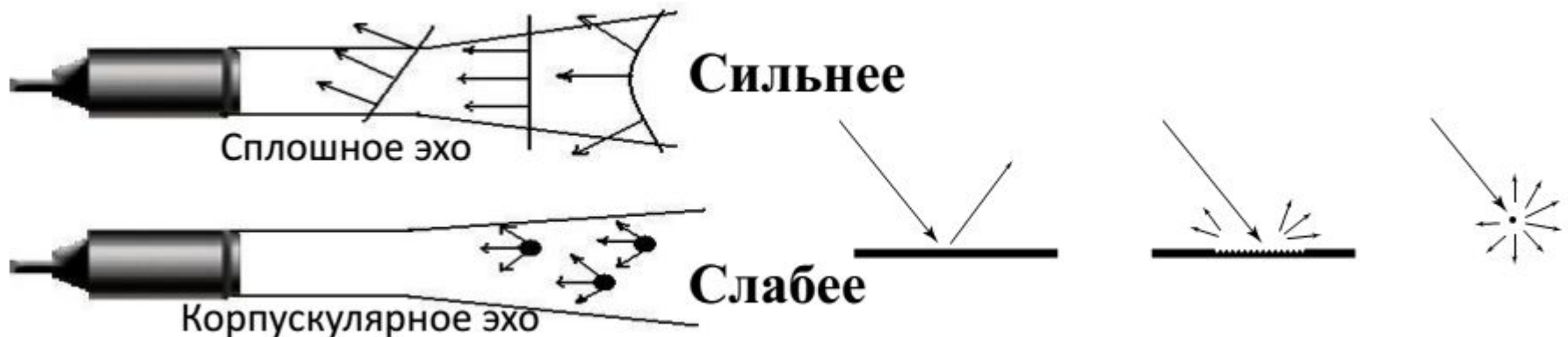
Степень затухания прямо пропорциональна частоте ультразвуковых волн



- Высокая частота волны связана с высоким затуханием, ограничивая тем самым проникновение в ткани, а низкая частота волны связана с низким затуханием и глубоким проникновением в ткани

Отражение звука

- **Сплошные объекты**
 - отражение «единым фронтом» - выше процент вернувшейся УЗ-энергии – лучше изображение.
 - если поверхность перпендикулярна оси УЗ-луча – качество изображения возрастет.
- **Корпускулярные объекты** – отражение (рассеяние) также происходит, когда длина волны ультразвуковых волн больше, чем размеры отражающей структуры (например, эритроциты)

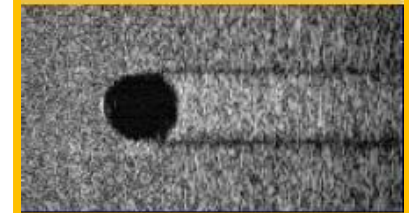
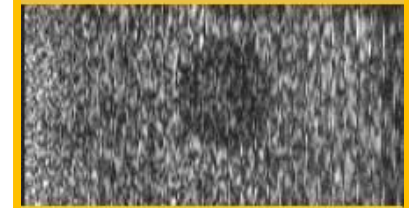
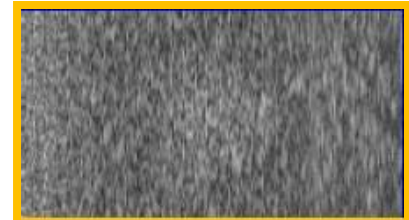


Рассевание

- Рассевание - отражение звука в направлении, отличном от первоначального распространения
- Комбинированный эффект поглощения и рассеивания называют ослаблением - это скорость падения качества волны, распространяющейся в среде
- Различные по гистологической структуре неоднородные на микроскопическом уровне структуры по-разному рассеивают УЗ, создавая специфические и узнаваемые текстуры

Эхогенность ткани

- Изоэхогенный – та же эхогенность, что и у окружающих тканей
- Гипоэхогенный – разность акустических импедансов ниже, чем у окружающих тканей. Отображается серым цветом
- Гиперэхогенные – эхогенность выше, чем у окружающих тканей, получается при высокой разности акустического импеданса. Диафрагма, желчные камни, кости – отображаются светлыми тонами
- Анэхогенные – полное отсутствие эхо-сигнала, отображается черным. кровь, жидкость внутри мочевого и желчного пузырей.



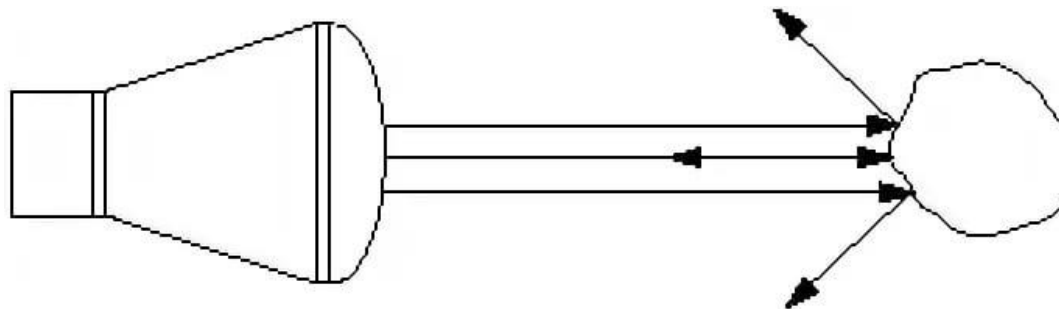
Кто есть кто...

- Вена – анэхогенная, податливая давлению, не пульсирует
- Артерия – гипоэхогенная, пульсирует
- Мышца: фасция - гиперэхогенная, ткань мышцы - гипоэхогенная
- Нерв: периневрий - гиперэхогенный, сам нерв – гипоэхогенный. Нервные сплетения – «пчелиные соты»
- Кость – гиперэхогенная, дает акустическую тень
- Плевра – гиперэхогенная линия
- Сухожилие – гиперэхогенная оболочка отделена от ткани сухожилия узкой гипоэхогенной полосой.

Ультразвуковые артефакты

- Артефакт в ультразвуковой диагностике — это появление на изображении несуществующих структур, отсутствие существующих структур, неправильное расположение структур, неправильная яркость структур, неправильные очертания структур, неправильные размеры структур

Эффективная отражательная поверхность



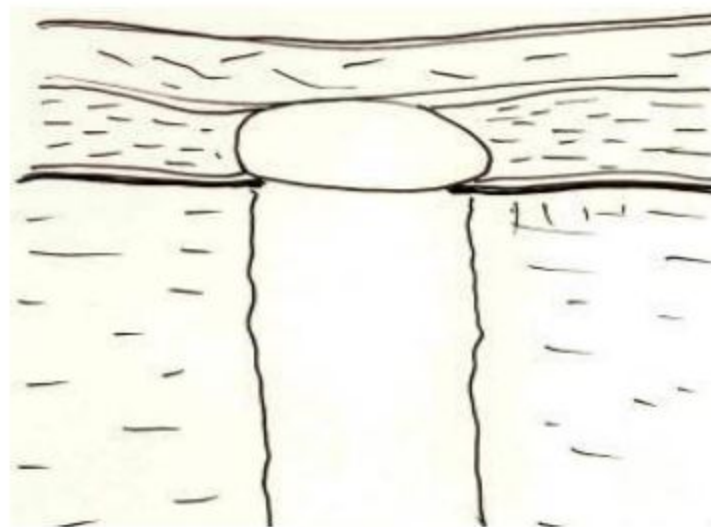
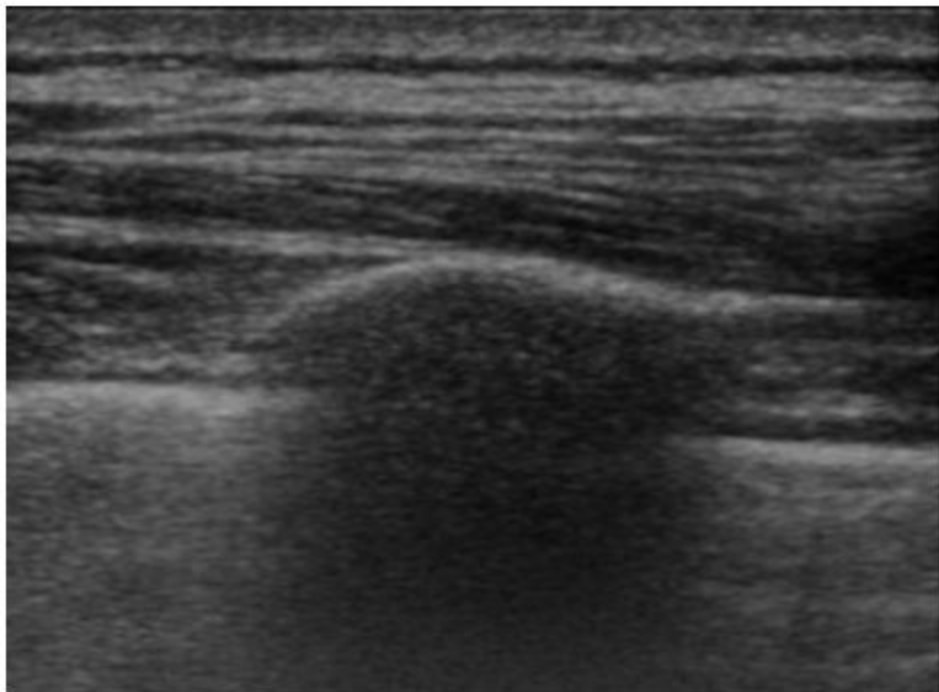
- Ввиду того, что далеко не всегда весь отраженный сигнал возвращается к датчику, возникает артефакт эффективной отражательной поверхности, которая меньше реальной отражательной поверхности
- Из-за этого артефакта определяемые с помощью ультразвука размеры конкрементов обычно немного меньше, чем истинные

Артефакт акустической тени



- Артефакт акустической тени возникает за сильно отражающими или сильно поглощающими ультразвуком структурами
- Механизм образования акустической тени аналогичен формированию оптической

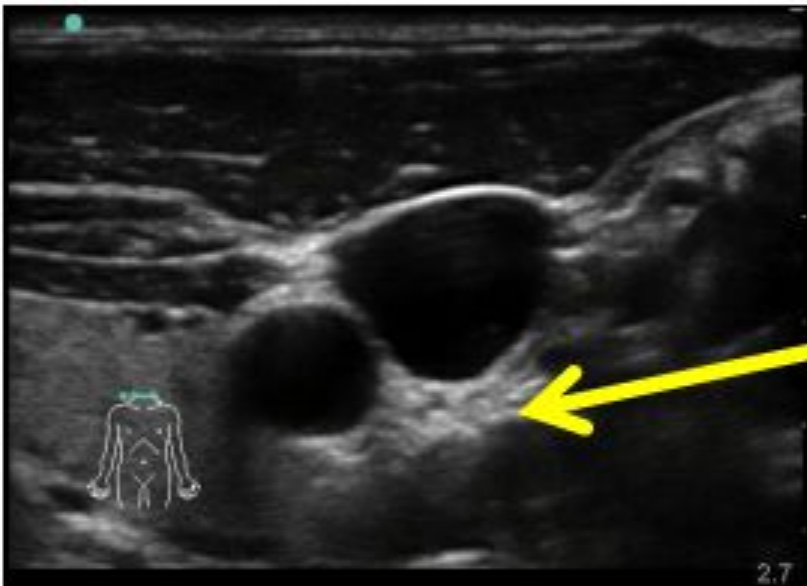
Артефакт акустической тени



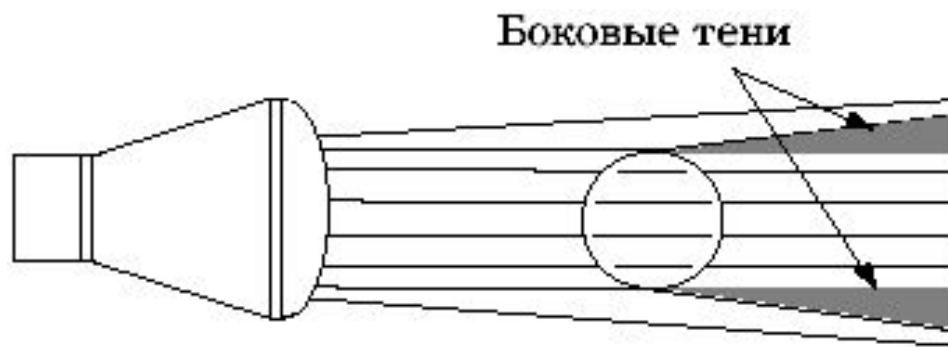
Артефакт дистального псевдоусиления



- Артефакт дистального псевдоусиления сигнала возникает позади слабо поглощающих ультразвук структур (жидкостные, жидкость содержащие образования)



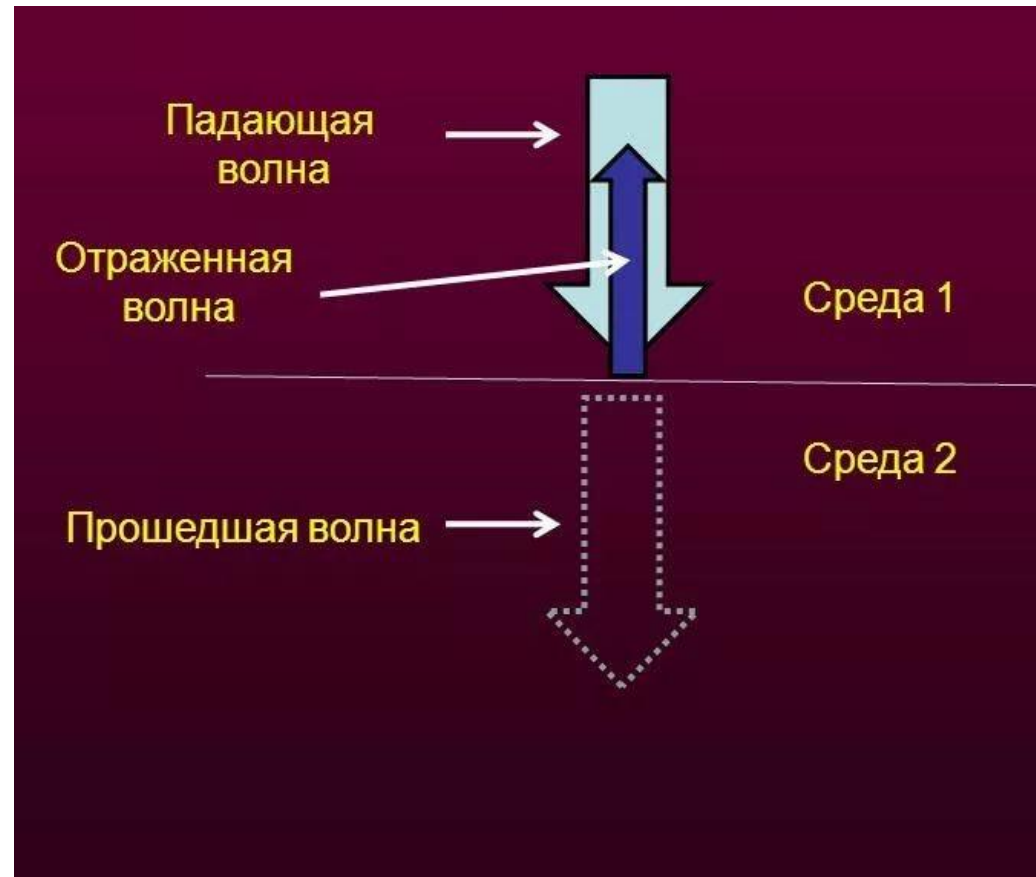
Артефакт боковых теней



- Артефакт боковых теней связан с преломлением и, иногда, интерференцией ультразвуковых волн при падении ультразвукового луча по касательной на выпуклую поверхность (киста, шейечный отдел желчного пузыря) структуры, скорость прохождения ультразвука в которой существенно отличается от окружающих тканей

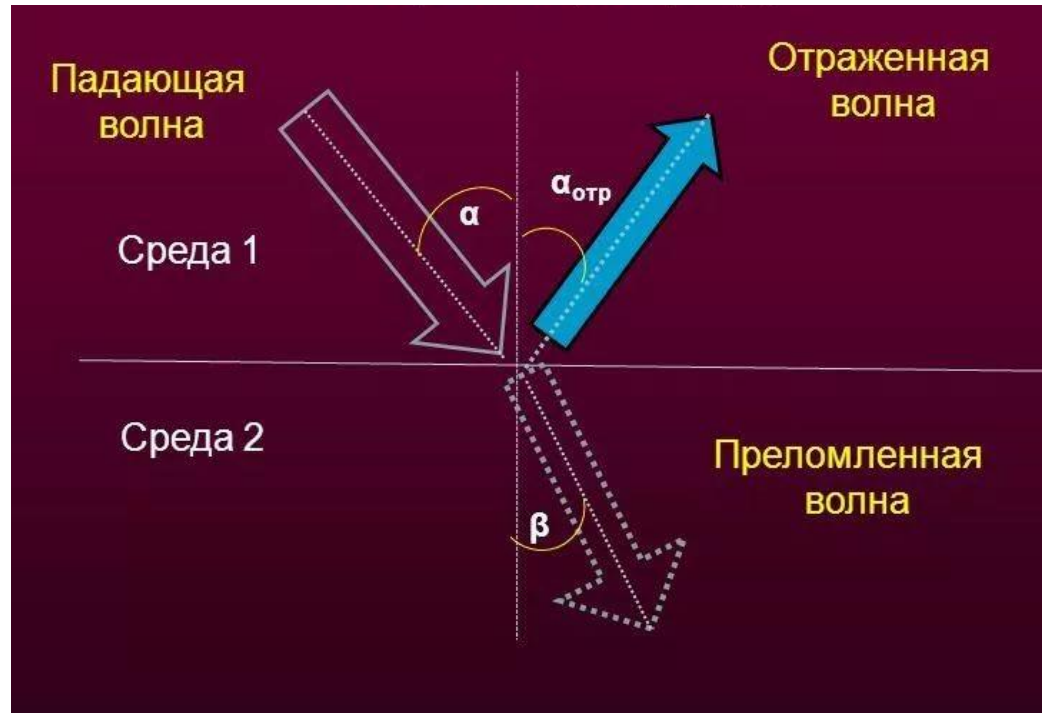
Отражение и преломление ультразвука на границе сред

- При перпендикулярном падении ультразвукового луча он может быть полностью отражен или частично отражен и частично проведен через границу двух сред;
- При этом направление ультразвука, перешедшего из одной среды в другую, не изменяется

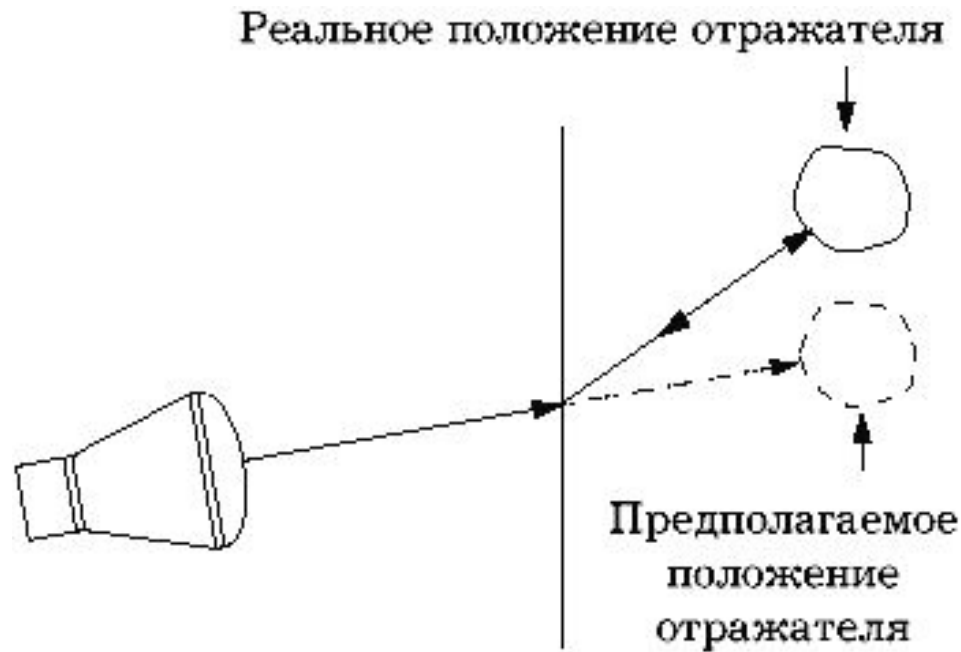


Отражение и преломление ультразвука на границе сред

- Угол падения равен углу отражения
- Преломление — это изменение направления распространения УЗ луча при пересечении им границы сред с различными скоростями проведения УЗ
- Угол преломления тем больше, чем больше разность скоростей распространения ультразвука в двух средах

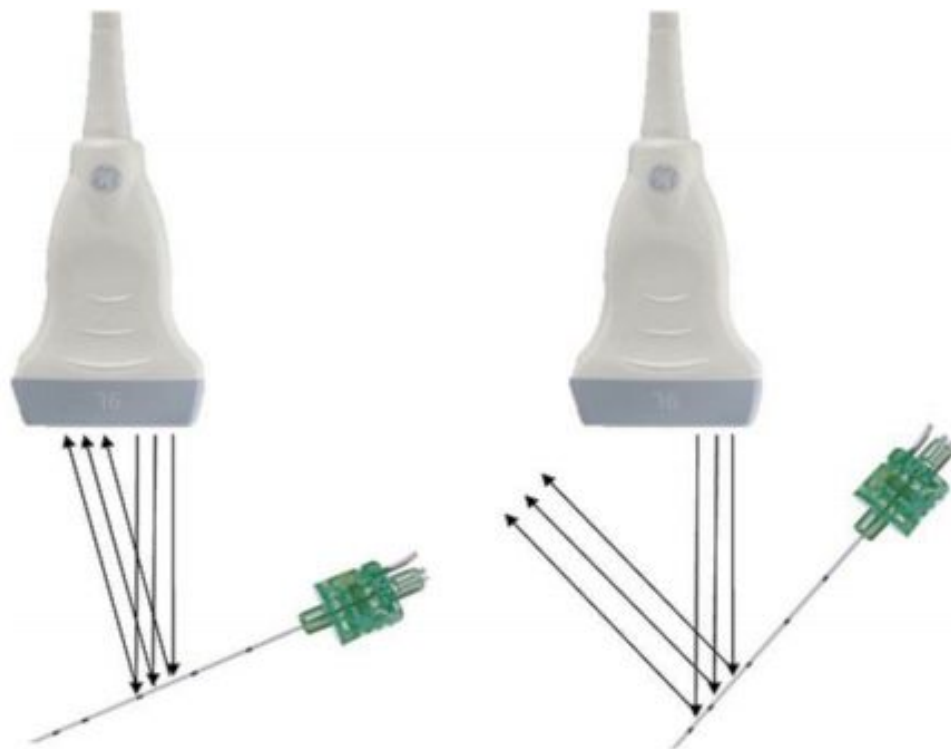


Отражение и преломление ультразвука на границе сред

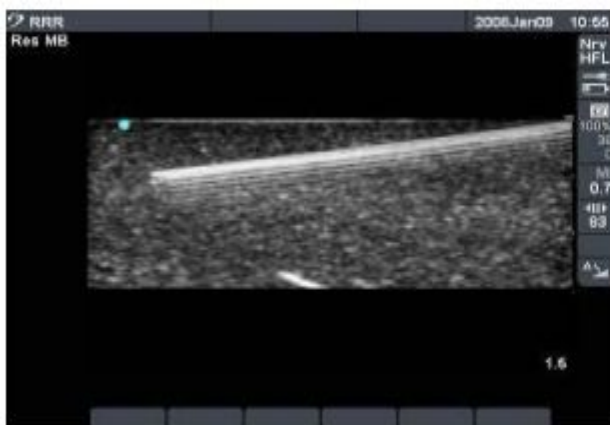


- Преломление может вызывать неправильное положение объекта на полученном изображении

Визуализация иглы...



Визуализация иглы...



10°

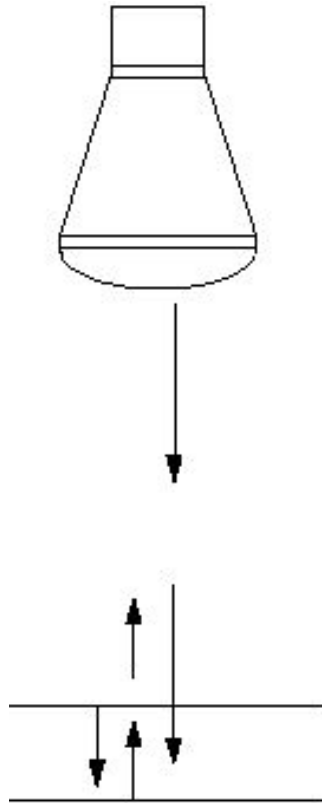


30°



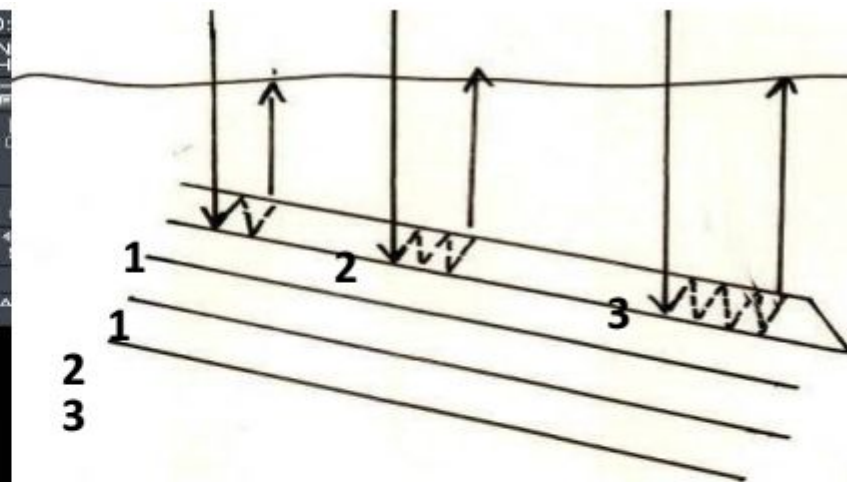
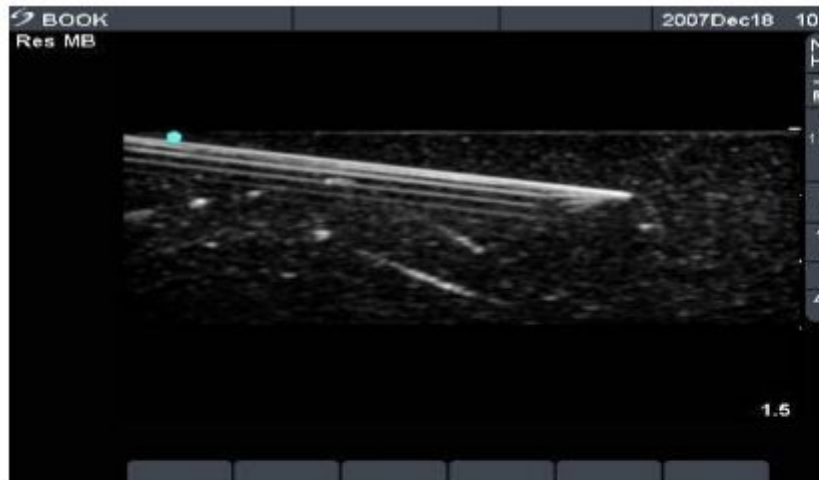
60°

Реверберация



- Реверберация наблюдается в том случае, если ультразвуковой импульс попадает между двумя или более отражающими поверхностями
- При этом часть энергии ультразвукового импульса многократно отражается от этих поверхностей, каждый раз частично возвращаясь к датчику через равные промежутки времени

Реверберация



Датчики УЗИ



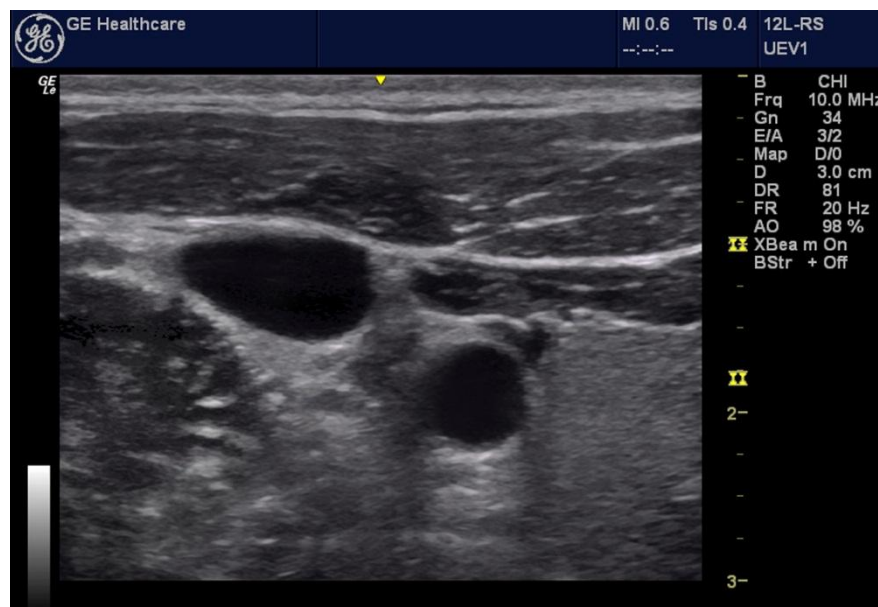
Частота излучения

- Высокочастотные датчики (10-15 МГц) – сканирование поверхностных структур (сосуды, нервы). Глубина ограничена 3-6 см.
- Среднечастотные датчики (4-7 МГц) – сканирование более глубоких структур (плечевое сплетение, седалищный нерв).
- Низкочастотные датчики (3-5 МГц) – сканирование глубоко расположенных органов (печень, желчный пузырь, почки).

Линейный датчик



- Частота 6-15 МГц
- Глубина сканирования – до 10 см



GE Healthcare MI 0.6 TIs 0.4 12L-RS
---:--:-- UEV1

- B	CHI
- Frq	10.0 MHz
- Gn	34
- E/A	3/2
- Map	D/O
- D	3.0 cm
- DR	81
- FR	20 Hz
- AO	98 %
✚ XBea m On	
BStr + Off	
-	
✚	
2-	
-	
-	
3-	

Линейный датчик

Исследование поверхностных структур:

- Исследование нервной системы
- Исследование сосудов

Инвазивные манипуляции:

- Катетеризация сосудов
- Регионарная анестезия
- Дренирование плевральной полости

Конвексный датчик



- Частота 2-5 МГц
- Глубина сканирования – до 30 см



Конвексный датчик

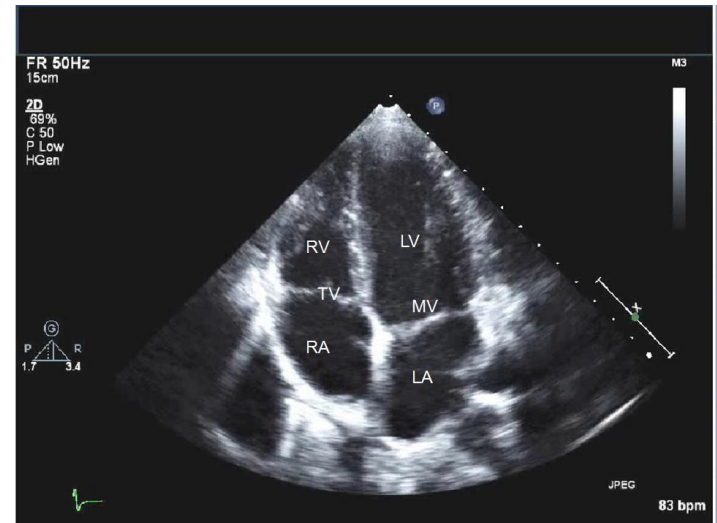
Исследование глубоких структур:

- Исследование органов брюшной полости
- Акушерские исследования
- Гинекологические исследования
- Исследование скелетно-мышечной системы

Секторный датчик



- Частота 1-5 МГц
- Глубина сканирования – до 35 см



Секторный датчик

Локальный доступ – узкое акустическое окно

- Кардиологический осмотр
- Транскраниальные исследования
- Исследования глазницы

Опять немного истории...

- J.I. Ullman и R.K. Stoelting в 1978 году впервые выполнили пункцию внутренней яремной вены, используя ультразвуковой датчик.

118

Clinical Reports

Vol. 57, Jan.-Feb. 1978
Anesth Analg

Internal Jugular Vein Location with the Ultrasound Doppler Blood Flow Detector

JAMES I. ULLMAN, MD*
ROBERT K. STOELTING, MD†
Indianapolis, Indiana‡

MANY techniques utilizing various anatomical landmarks have been described for location of the internal jugular vein.¹ Despite strict adherence to the described techniques, the internal jugular vein may not be located when percutaneous catheterization is attempted or inadvertent carotid artery puncture may occur. Furthermore, anatomical landmarks may be difficult to define, particularly in obese, short-necked individuals or pediatric patients. We have utilized an ultrasound Doppler blood flow detector to determine transcutaneously the precise location of the internal jugular vein as it traverses the neck.

METHODS AND RESULTS

The supine awake or anesthetized patient is placed head-down with the head turned maximally to the left for location of the right internal jugular vein. Starting near the midline at the level of the thyroid cartilage, an ultrasound Doppler pencil-shaped flow detector probe is moved laterally until the characteristic pulsatile sound of blood flow in the carotid artery is audible. This area is noted with a marking pencil and the probe then moved further laterally until blood flow in the internal jugular vein is detected. The low-velocity venous flow produces a more continuous low-frequency signal that may be described as a "windstorm" or "hum." This site is also marked and the process repeated 3 to 5 cm above and below the original markings to delineate the course of the artery and vein. In our experience with adult patients the internal jugular vein is 1 to 3 cm lateral and parallel to the carotid artery. The needle or catheter is then inserted along the line corresponding to the internal jugular vein. Although we feel the pencil-shaped probe is the easiest and most reliable of the probes for this tech-

nic, we have also successfully used the flat probe designed for arterial pressure monitoring, as well.

DISCUSSION

Location of the internal jugular vein with the ultrasound Doppler blood flow detector takes the "guesstimate" out of finding the vein prior to catheterization. It is essential that the head be turned maximally before locating the blood vessels. This serves to tense the skin over the vessels and, we feel, to place the internal jugular vein in a position more lateral and parallel to the carotid artery. Obviously, landmarks determined with the flow probe become meaningless should skin movement occur before attempted internal jugular vein catheterization.

We conclude that location of the internal jugular vein with an ultrasound Doppler pencil-shaped flow probe offers a practical and easily applied improvement on techniques dependent on anatomical landmarks. Although we have used this approach most extensively in adults, it would seem equally applicable in younger age groups or other patients, such as the short-necked or obese individual, in whom anatomical landmarks are equivocal. Its use should increase the success rate of internal jugular vein catheterization while reducing inadvertent carotid artery puncture. Although, some readers may feel that the use of this Doppler technique is not necessary in the routine patient in the operating room, they may find it more applicable in the postsurgical patient where the anatomy of the neck may be distorted.

REFERENCE

1. DeBakey RJ. Percutaneous catheterization of the internal jugular vein. *Anesth Analg* 53:116-121, 1974

Ullman JI, Stoelting RK.

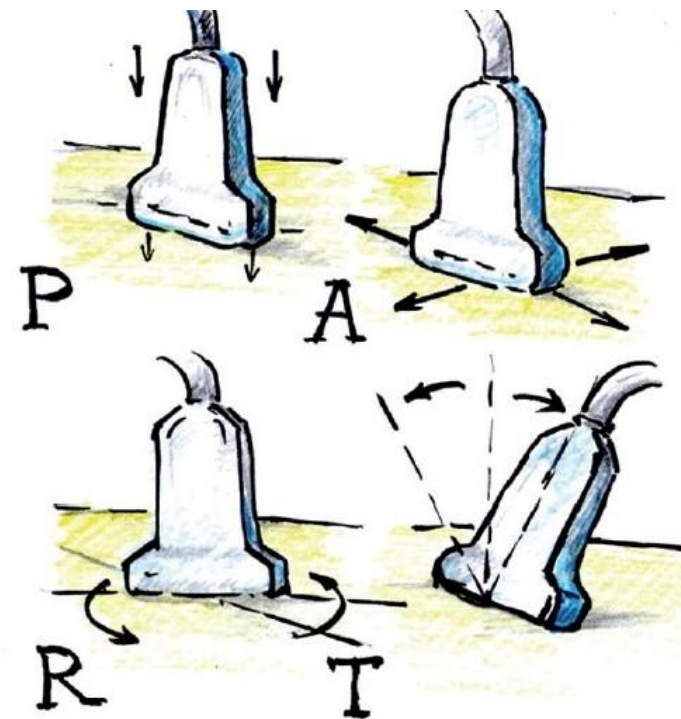
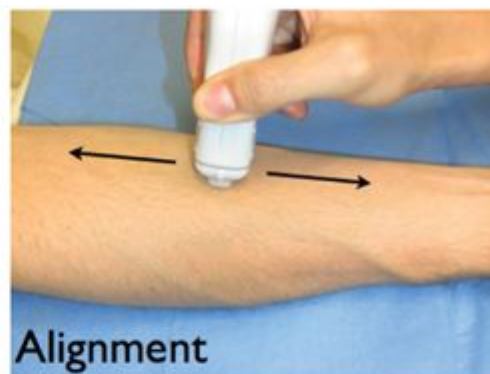
Internal jugular vein location with the ultrasound Doppler blood flow detector.

Anesth Analg. 1978 Jan-Feb;57(1):118.

PART сканирование

- **Pressure/давление** – уменьшает расстояние от датчика до цели. Способствует фиксации структур
- **Alignment/выравнивание** – скольжение датчика в длину является первым движением, самым полезным для определения местонахождения нерва и иглы.
- **Rotating/вращение** датчика является самым полезным для создания параллели луча ультразвука и иглы так, чтобы вся ее длина могла быть визуализирована
- **Tilting/наклон** датчика может способствовать улучшению изображения путем выравнивания луча ультразвука перпендикулярно к цели (нерву или игле)

PART сканирование



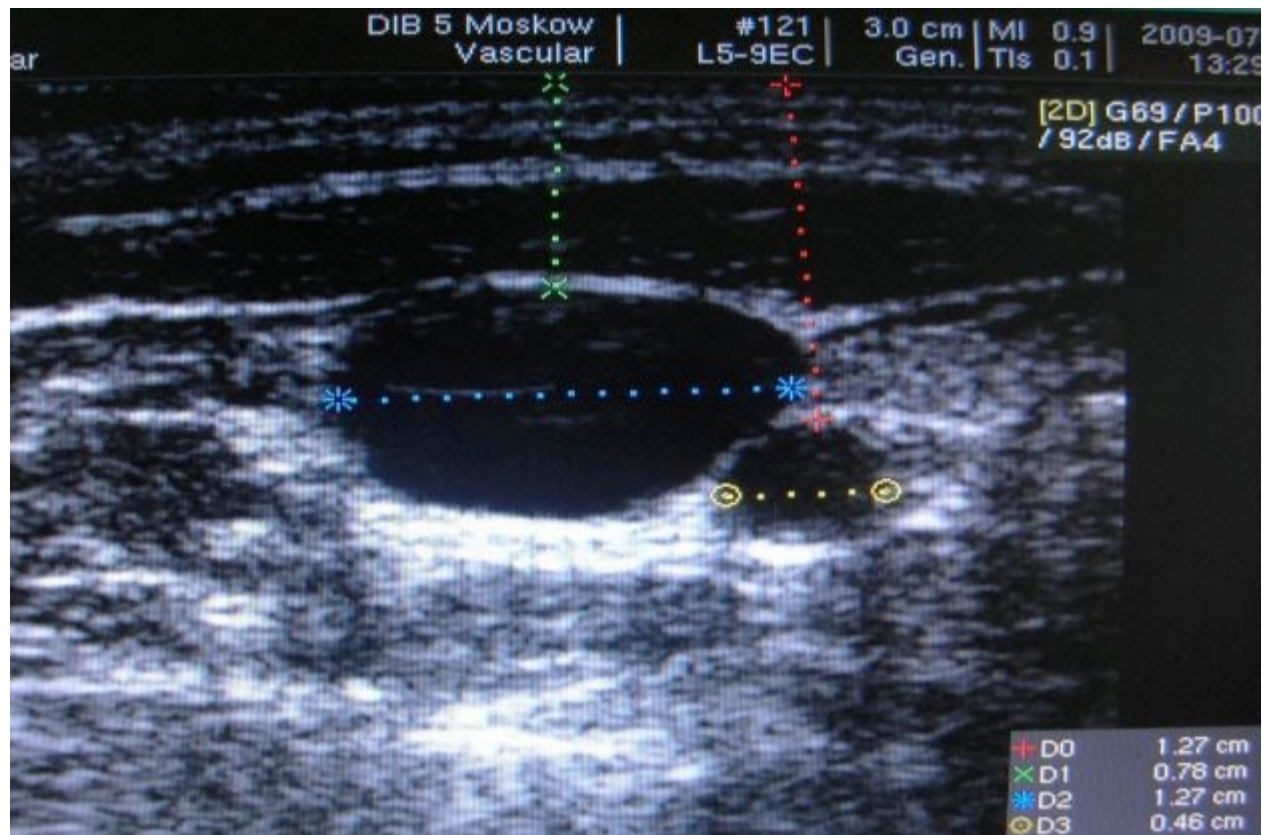
Статическое и динамическое сканирование

Статическое

- Временной интервал между нанесением метки и катетеризацией
- Легче сохранять стерильность
- Технически легче

Динамическое

- Более точное и в реальном времени
- Более трудно сохранять стерильность
- Требуется значительная координация движений



Статическое сканирование

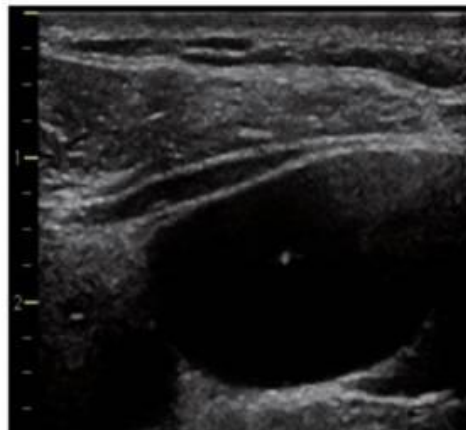


Динамическое сканирование

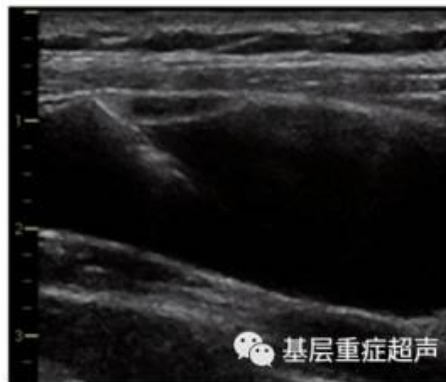


Динамическое сканирование

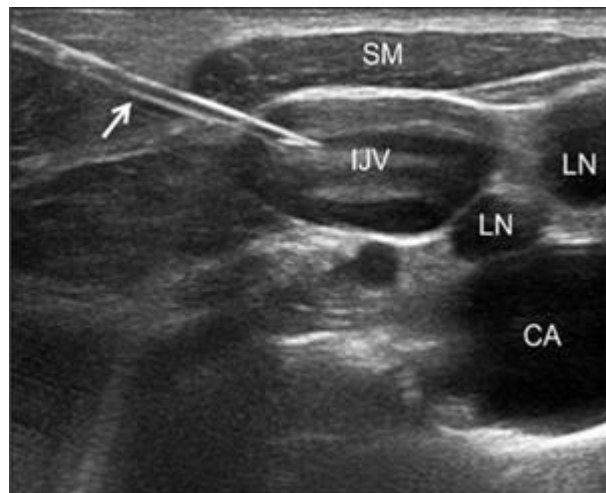
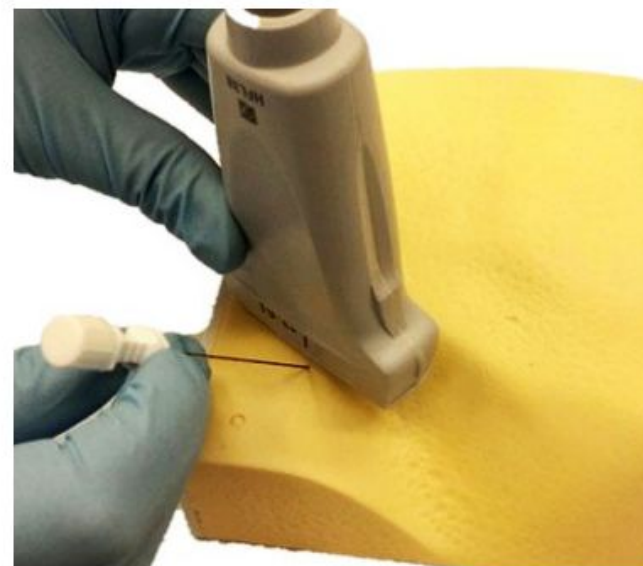
a



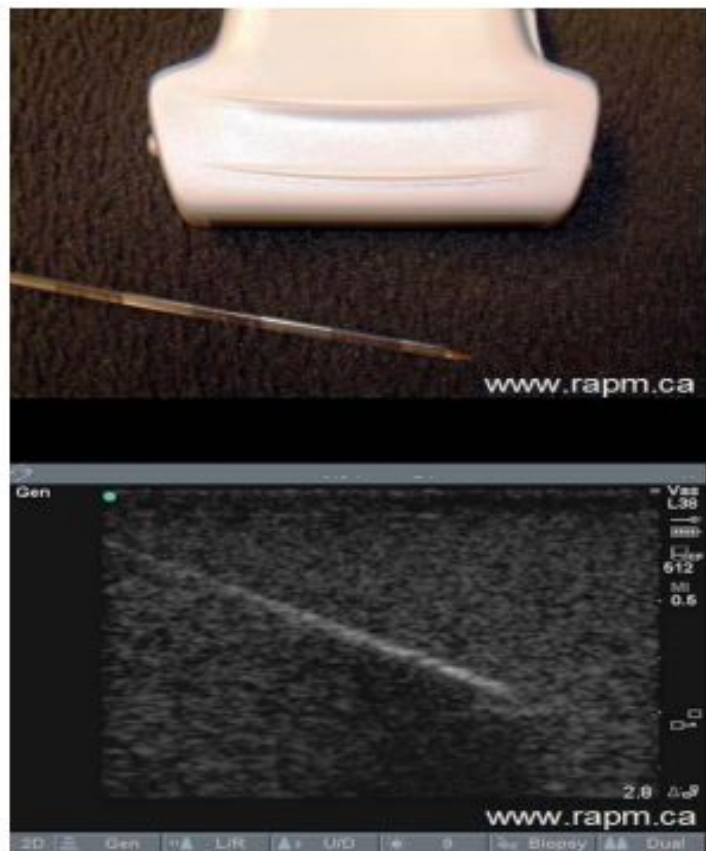
b



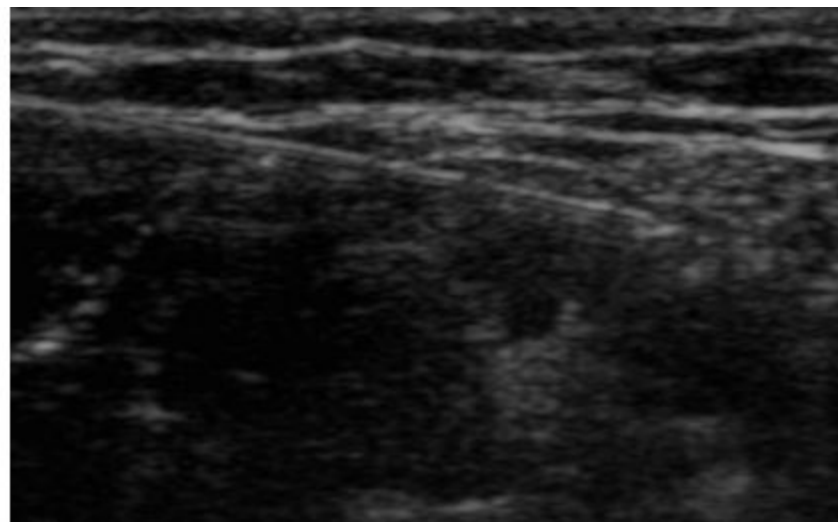
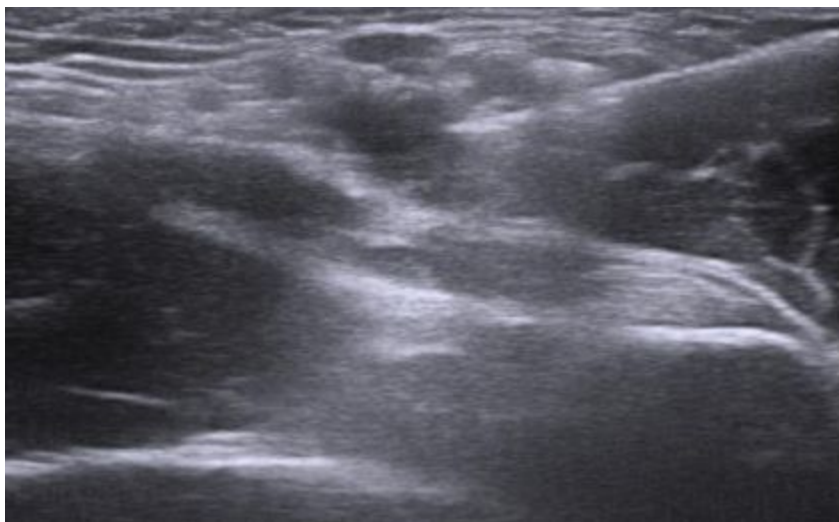
Визуализация иглы



Продольная визуализация иглы



Визуализация различных игл



Видимость иглы – зависимость от размера



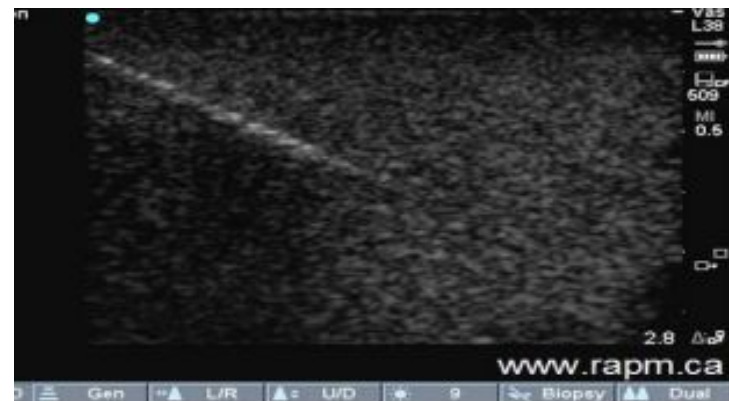
Tuohy, 22G, B-Braun



Tuohy, 16G, Portex

Ошибки...

- Игла может выйти из плоскости датчика
- Изображение иглы обрезано, и то, что кажется концом иглы, им не является



Алгоритм сканирования

- Хорошее качество изображения – 70% успеха процедуры
- С чего начать? – Запомните 10 шагов и просто следуйте им.

Шаг 1. Включение.

Шаг 2. Режим.

Шаг 3. Датчик.

Шаг 4. Свет.

Шаг 5. Положение.

Шаг 6. Гель.

Шаг 7. Ориентиры.

Шаг 8. Глубина.

Шаг 9. Контрастность

Шаг 10. Установка фокуса.

Шаг 1 и 2

Выбор
режима



Включите аппарат и выберите режим сканирования (В-режим, двухмерный, С-режим, доплер)

Шаг 3. Выберите нужный датчик



Шаг 3. Выберите нужный датчик

Помните:



↓ частоты = ↑ глубины
проникновения.

3 МГц-датчик проникнет
глубоко в тело, однако
разрешение полученной
картинки хуже, чем при
использовании 12 МГц.



↑ частоты = ↑ разрешения

12 МГц – датчик: высокое
разрешение, но минимальная
глубина.

Шаг 4. Приглушите в комнате свет



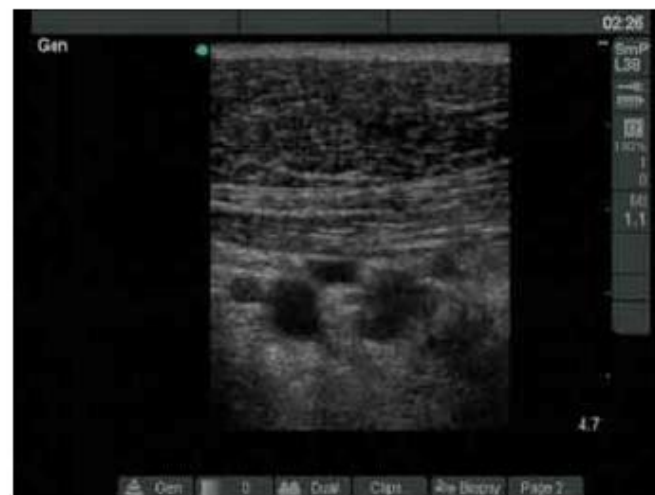
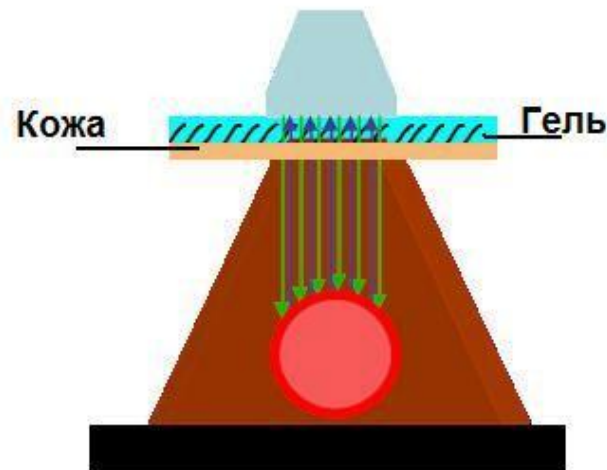
Шаг 5. Займите удобную позицию



Шаг 5. Удобная позиция может выглядеть и так:



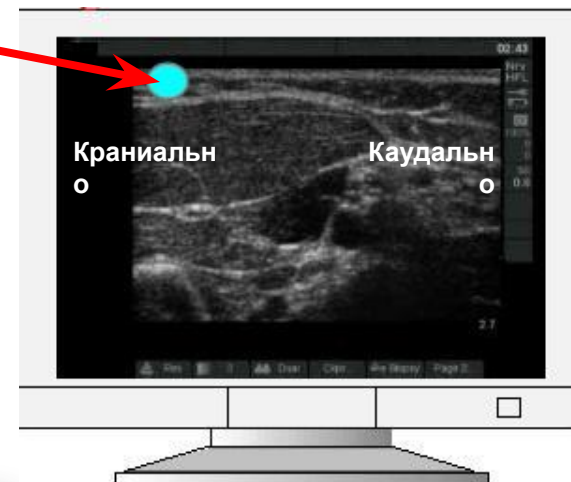
Шаг 6. Нанесите необходимое количество специального геля на датчик.



Гель между кожей и датчиком уменьшает степень отражения звука с поверхности кожи, улучшая качество УЗ-картинки.

Шаг 7. Уясните ориентиры!

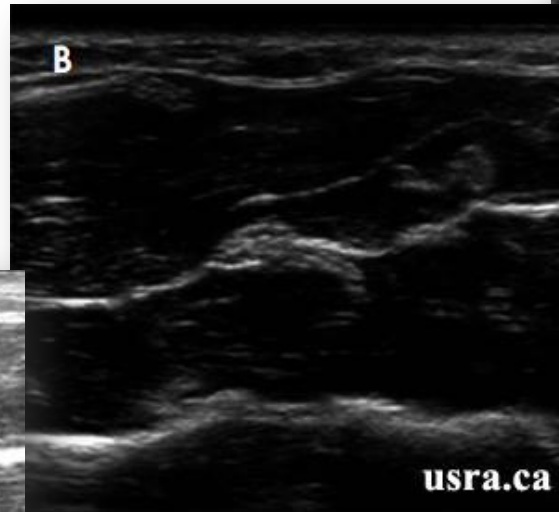
это специальный ориентирующий маркер



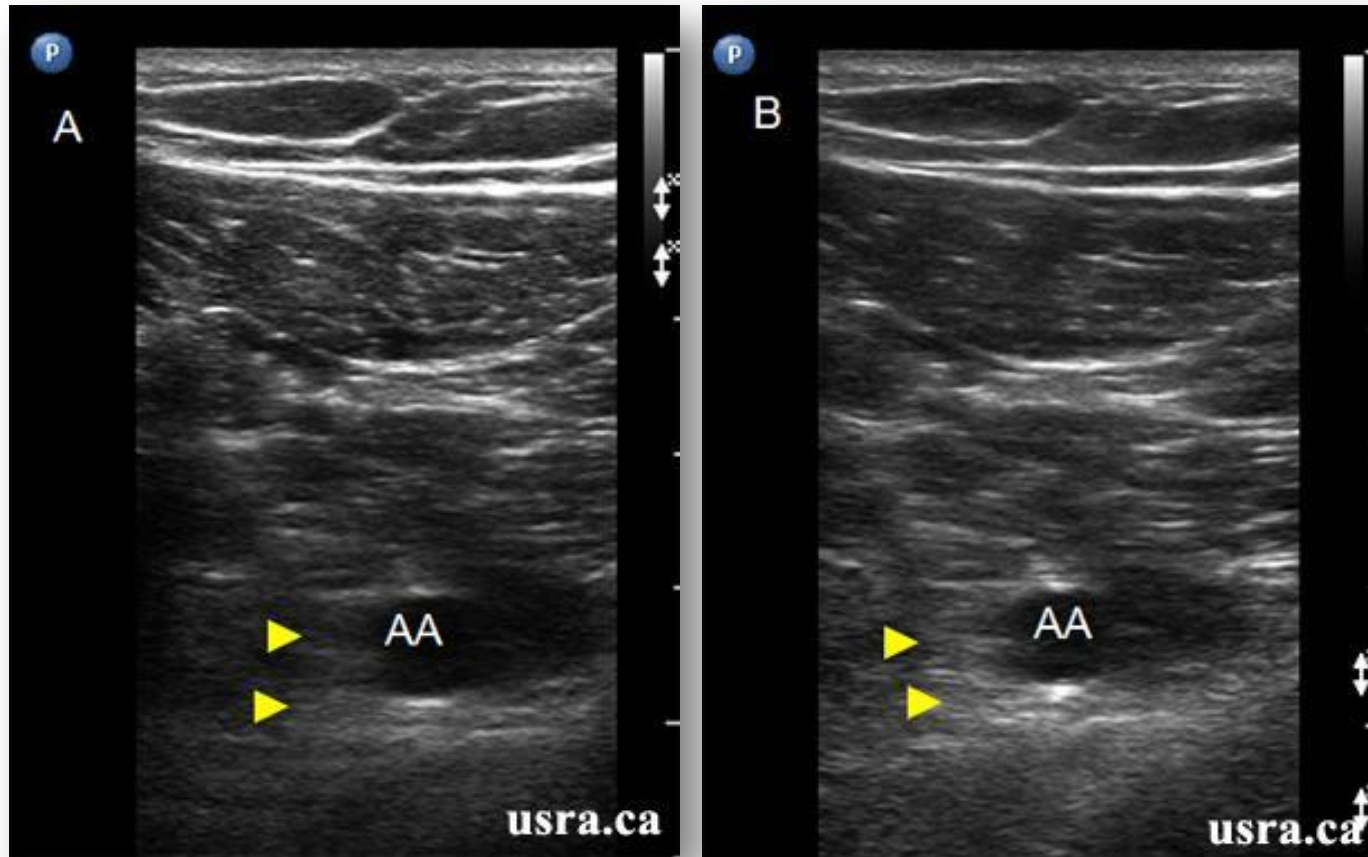
Шаг 8. Настройте глубину визуализации



Шаг 9. Настройте свою контрастность



Шаг 10. Настройте расположение фокуса – для еще более качественной визуализации на фокусной глубине



Алгоритм сканирования

Шаг 1. Включение.

Шаг 2. Режим.

Шаг 3. Датчик.

Шаг 4. Свет.

Шаг 5. Положение.

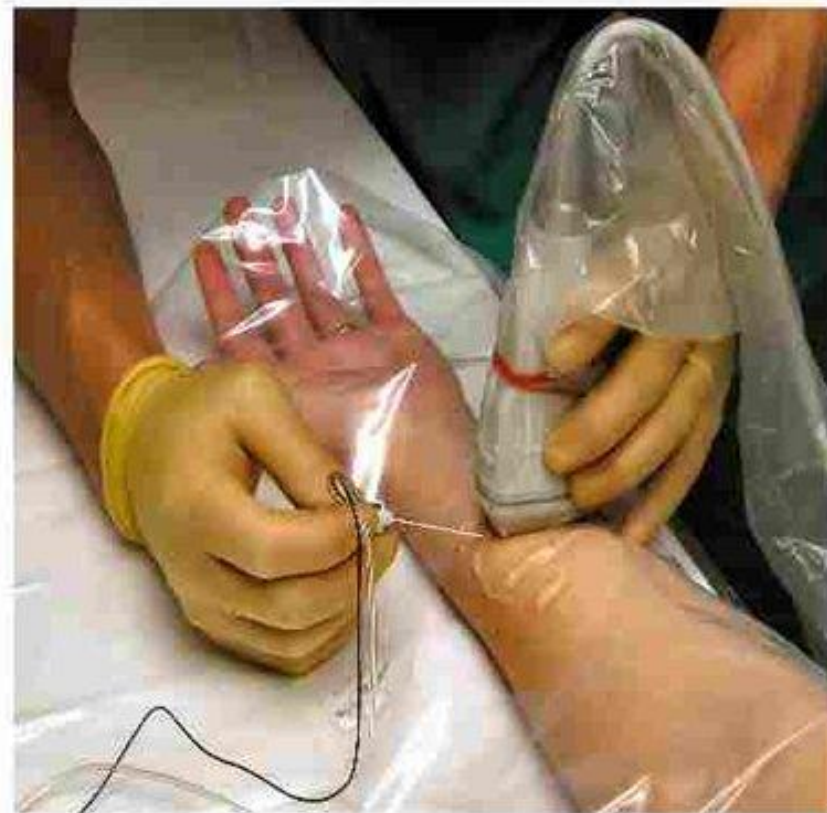
Шаг 6. Гель.

Шаг 7. Ориентиры.

Шаг 8. Глубина.

Шаг 9. контрастность.

Шаг 10. Установка фокуса.



Стерильность

1. Opening a Tegaderm



2. Fully stretch the Tegaderm



3. Apply dressing with tension



4. Avoid air trapping or wrinkle



Стерильность



Стерильность



Стерильность

