

Кафедра клинической физиологии и функциональной диагностики ИПК ФМБА
России

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

ЛЕКЦИЯ №1 Основы эхокардиографии.

История ультразвуковой визуализации, физика ультразвука, выбор и настройка оборудования, анатомия и физиология сердца

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Эхокардиография – метод комплексного изучения морфологического и функционального состояния сердечно сосудистой системы человека или животного, основанный на использовании ультразвуковых технологий.



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

К специалисту:

1. Хорошо ориентироваться в вопросах нормальной и патологической анатомии и физиологии сердца.
2. Должен знать клиническую кардиологию и основные методы хирургической коррекции сердечно-сосудистых заболеваний.
3. Безупречно владеть ЭКГ.

К оборудованию:

1. Аппарат обязательно должен быть оснащен кардиологическими датчиками и кардиологическими программами.
2. Иметь не менее **512** градаций серой шкалы в фундаментальных двумерных изображениях.
3. Поддерживать все основные ЭхоКГ режимы (**B, M, B/M, CFM, PW, B/PW, CW**) и регистрировать видеоролики для постпроцессорного анализа.
4. Предпочтительно наличие Гармонического режима, Тканевого Допплера

История ультразвуковой диагностики

- 1826 г.** – опыт Колладона с расчетом скорости распространения звуковой волны в воде Женевского озера (**1435 м/с**).
- 1877 г.** – теория ультразвука Джона Струтта.
- 1880 г.** – открытие пьезоэлектричества Пьер и Жак Кюри.
- 1937 г.** – использование ультразвука братьями Дуссиками для диагностики опухоли головного мозга.
- 1950 г.** - Инге Эдлер и Карл Хеллмут Герц использовали ультразвуковой дефектоскоп для оценки сердечных сокращений.
- 1967 г.** – Герц и Асберг создали первую оперативную двумерную машину, отображающую сердце.

ИСТОРИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ (ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА)



1841 г. – трактат "О колориметрической характеристике излучения двойных звезд и некоторых других звезд неба"

Christian Andreas Doppler
(1803 - 1853)

1956г., Шигео Сатомура – представил данные по сигналам Допплера от сердечного клапана

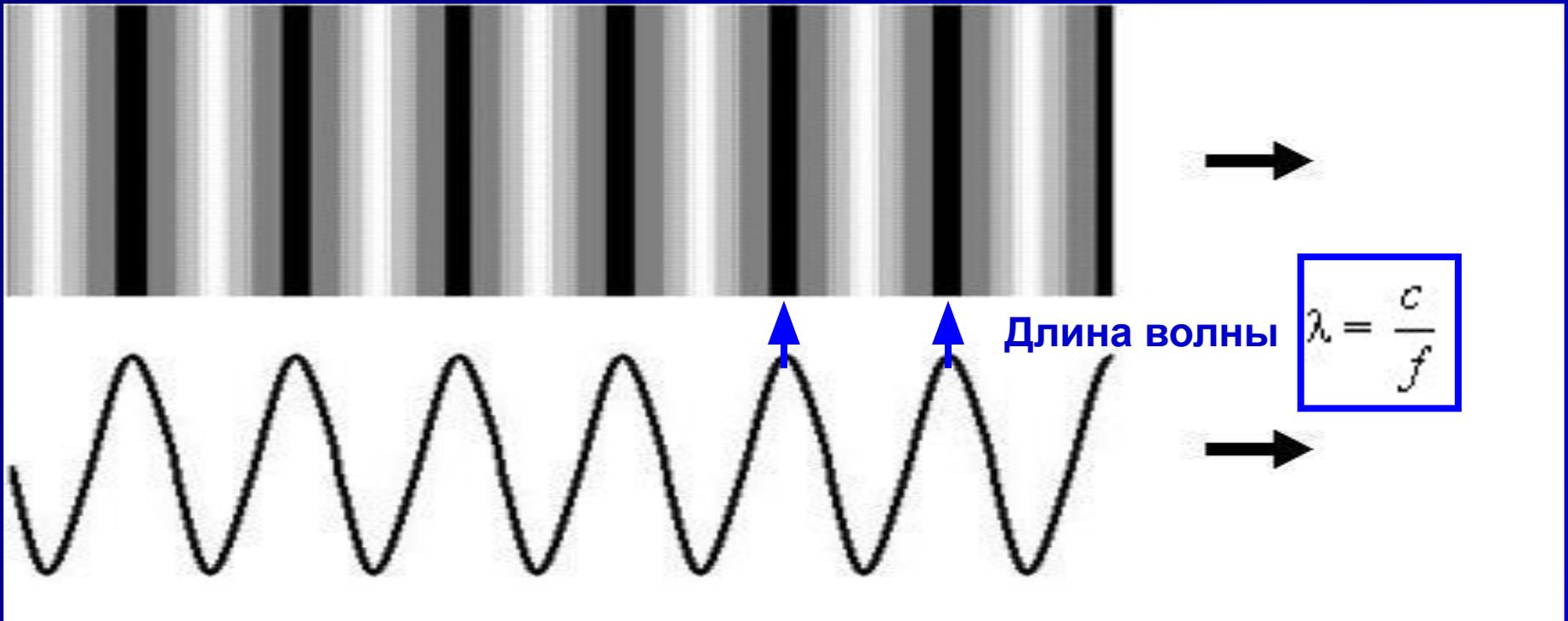
1957 г. - Франклин, Шлегел, и Рушмер создали расходомер для исследования кровотока в неповрежденном сосуде собаки

1970 г. - Бейкер, Ваткинс и Рейд создали первый прибор с пульсирующей Допплеровской волной для изучения кровотока в сонных артериях

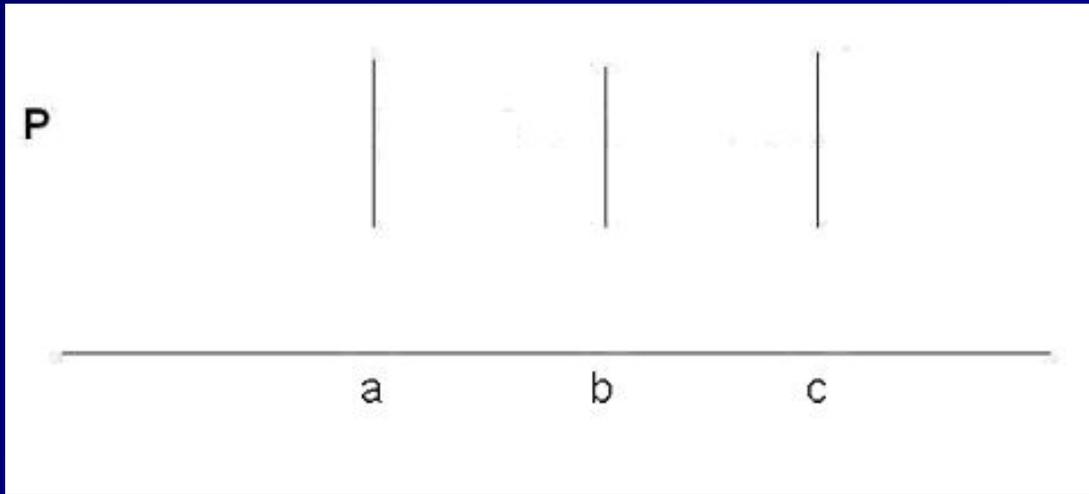
ФИЗИКА УЛЬТРАЗВУКА

Длина волны – это расстояние между двумя соседними областями сжатия, она обратно пропорциональна частоте (промежутку времени между двумя соседними областями сжатия) и прямо пропорциональна скорости распространения звука в исследуемой среде.

Material	Velocity (m/s)
Air	330
Water	1497
Metal	3000 - 6000
Fat	1440
Blood	1570
Soft tissue	1540

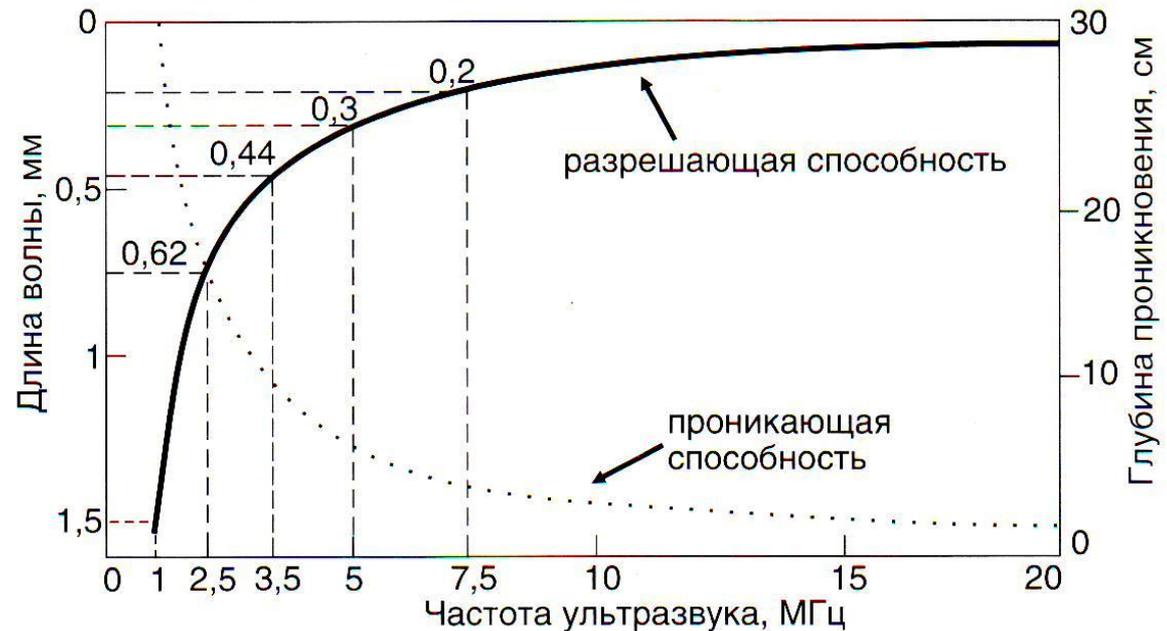


ОТРАЖЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ

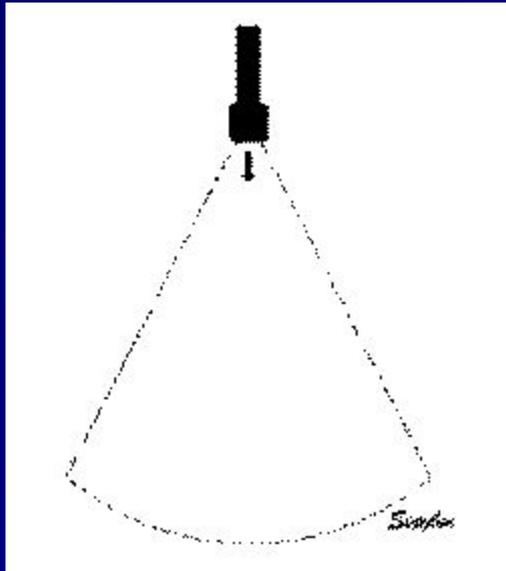


Затухание ультразвукового луча происходит при прохождении границы раздела сред, чем выше акустический импеданс, тем ниже трансмиссионный коэффициент (энергия луча, преодолевшая границу)

Чем выше частота ультразвука тем выше его разрешающая способности и ниже глубина проникновения

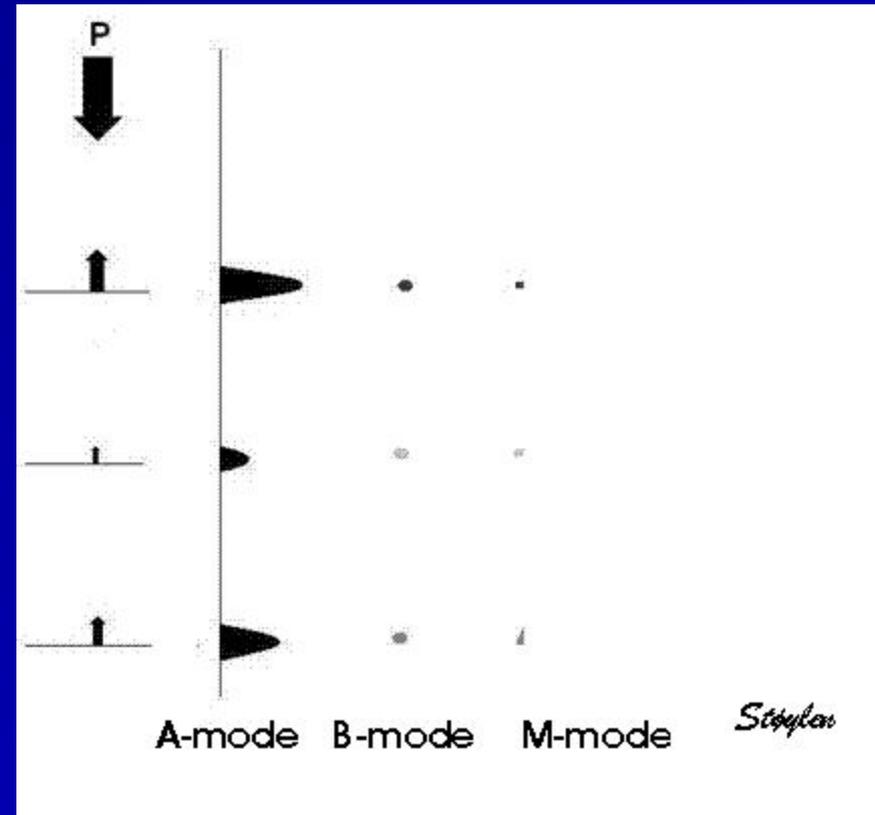


ПРИНЦИП И ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



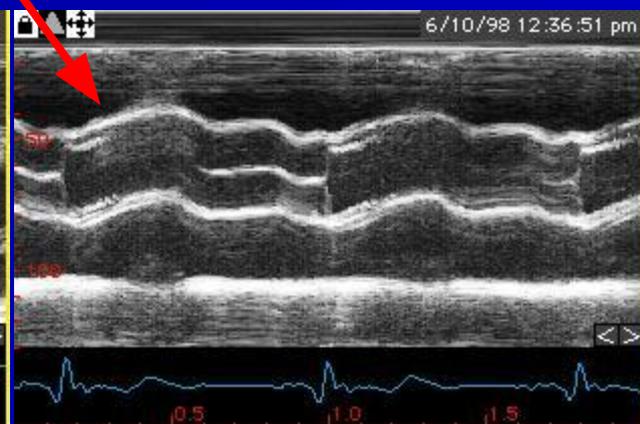
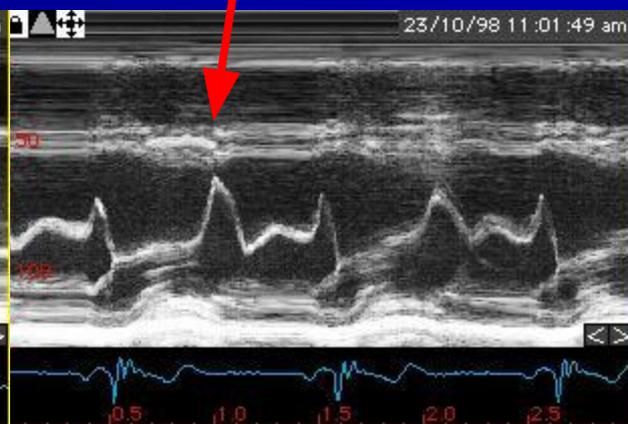
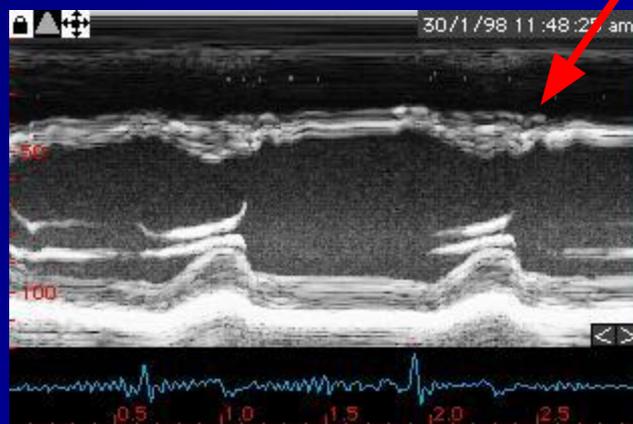
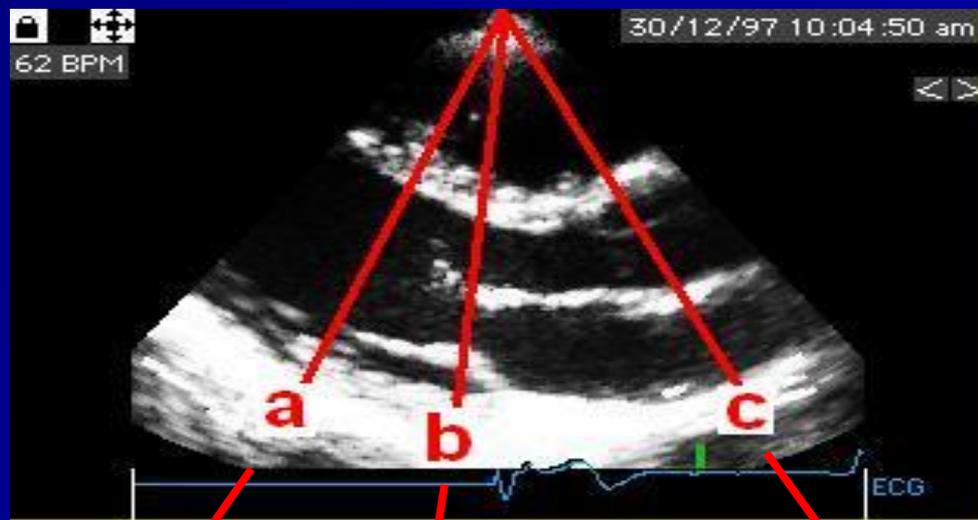
Ультразвуковой датчик излучает и поглощает ультразвуковые колебания. Излучение основано на обратном пьезоэлектрическом эффекте, поглощение – на прямом.

A (амплитудный) – одномерное изображение, отражающее силу волны по вертикальной оси, а время – по горизонтальной. **B (яркостный)** - каждая точка на экране представляет собой индивидуальный амплитудный всплеск из которых выстраивается двумерное изображение. **M (двигательный)** – режим привязывает амплитуду ультразвуковой волны к отображению движущихся структур



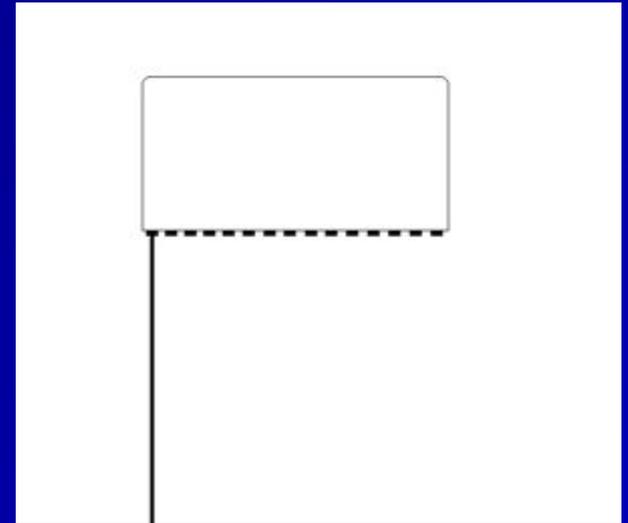
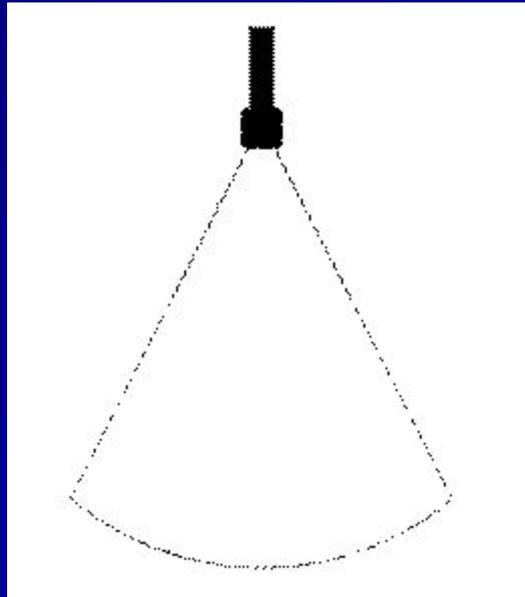
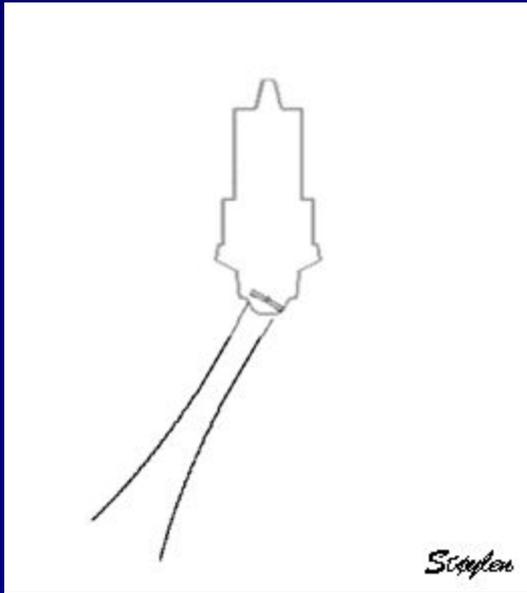
М – МОДАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

М – модальный режим – это первая разновидность диагностического ультразвука, которая была использована в ЭхоКГ для оценки функции миокарда и сердечных клапанов. Изначально, этот режим не дополнялся двумерными изображениями

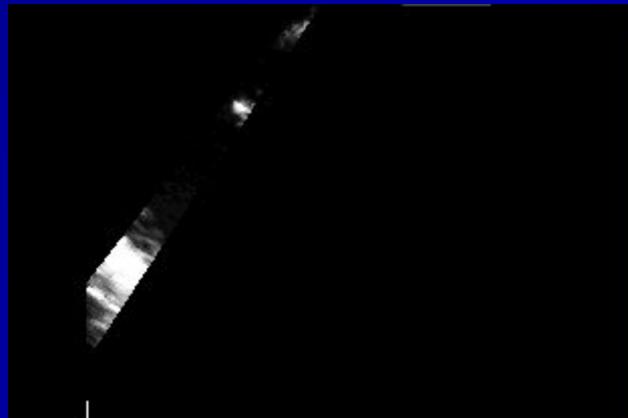


ДВУМЕРНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Двумерные изображения формируются при помощи сканирования, то есть перемещения ультразвукового луча.

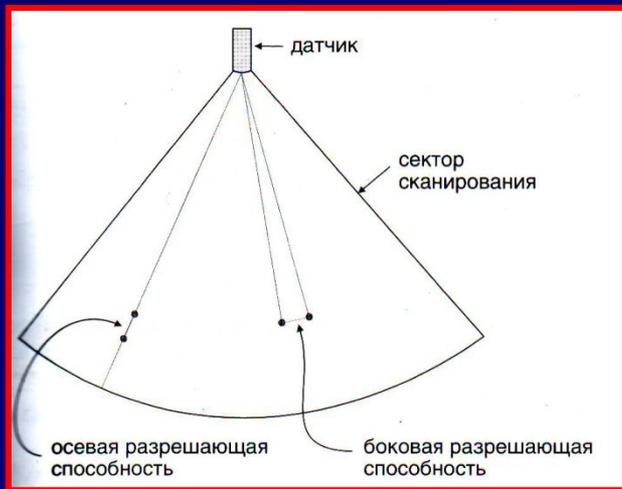


Компьютер совмещает все полученные одномерные изображения и формируется двумерная картинка



В линейных датчиках пьезоэлементы выстроены в один ряд и посылают параллельно направленные ультразвуковые лучи.

ОГРАНИЧЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

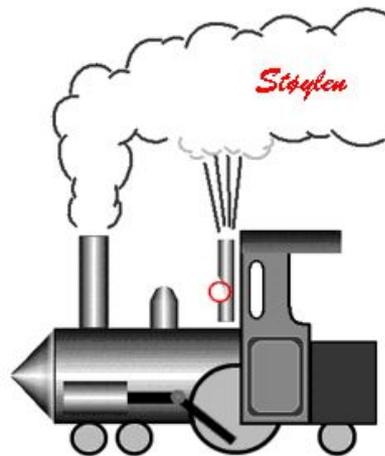


Осевая разрешающая способность ограничена длиной волны, латеральная – глубиной сканирования, частотой смены кадров и размерами сектора исследования

АРТЕФАКТЫ

Низкое качество изображения	Низкая проникающая способность ультразвука	Особенности телосложения (ожирение), эмфизема легких
Акустическая тень	Полное отражение ультразвука	Протезированные клапаны, участки обызвествления
Реверберация	Затухание сигнала в процессе отражения от параллельно расположенных структур, сильно отражающих ультразвук	Протезированные клапаны, обызвествления в грудной клетке
Обусловленные преломлением волн	Преломление лучей в сторону тканей с меньшей скоростью распространения ультразвука	Двойное изображение аортального клапана или стенок левого желудочка по короткой оси
Зеркальные артефакты	Воспринимаются сигналы, посланные во время предыдущего цикла	Второе изображение сердца на большей глубине

ЭФФЕКТ ДОПплЕРА



Эффект Допплера заключается в том, что частота звука, издаваемого движущимся объектом, изменяется при восприятии его неподвижным объектом.

$$f_D = 2 f_0 \frac{v}{c} \cos(\alpha)$$

$$v = \frac{f_D \cdot c}{2 f_0 \cdot \cos(\alpha)}$$

f_D – сдвиг частоты, f_0 – частота посланного сигнала, v – скорость кровотока, c – скорость распространения ультразвука в среде, $\cos(\alpha)$ – косинус угла между направлением ультразвукового луча и направлением кровотока.

ИМПУЛЬСНОВОЛНОВОЕ ДОПЛЕРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Pulse wave (PW) – импульсноволновое доплеровское исследование (ультразвук посылается импульсами, после чего датчик переходит в режим ожидания).

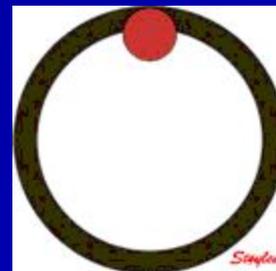
Sample volume (SV) – пробный (контрольный) объем.

Pulse repetition frequency (PRF) – частота повторения импульсов.

Достоинство - возможность изучения скорости кровотока в ограниченной области. **Недостаток** - невозможность изучения высоких (более 3 м/с) скоростей кровотока, превышающих предел Найквистра

Красная точка видна по всему периметру, с повышением скорости просматривается в 4 пунктах, затем только в 2 (предел Найквистра)

Скорость движения маркера превысила предел Найквистра и создается впечатление он начинает совершать вращение в обратную сторону



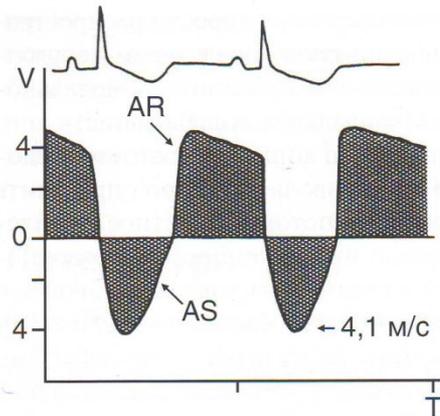
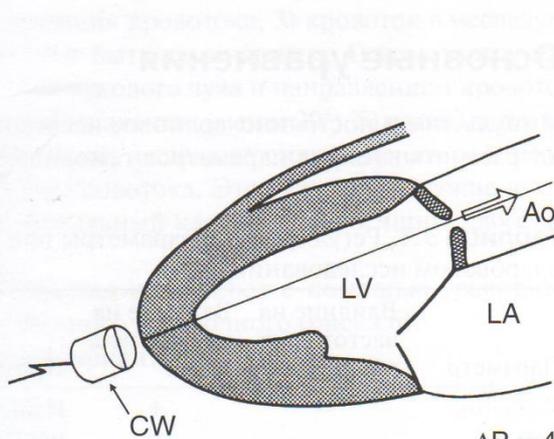
Искажение
направления
движения

ПОСТОЯННОВОЛНОВОЕ ДОПЛЕРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Continuous wave (CW) – постоянноволновое доплеровское исследование (один пьезоэлемент посылает ультразвук, а другой принимает сигнал).

Достоинство – может быть измерена любая скорость кровотока.

Недостаток - невозможно измерить скорость кровотока в заданной точке



$$\Delta P = 4V_{\max}^2 = 67 \text{ мм рт. ст.}$$

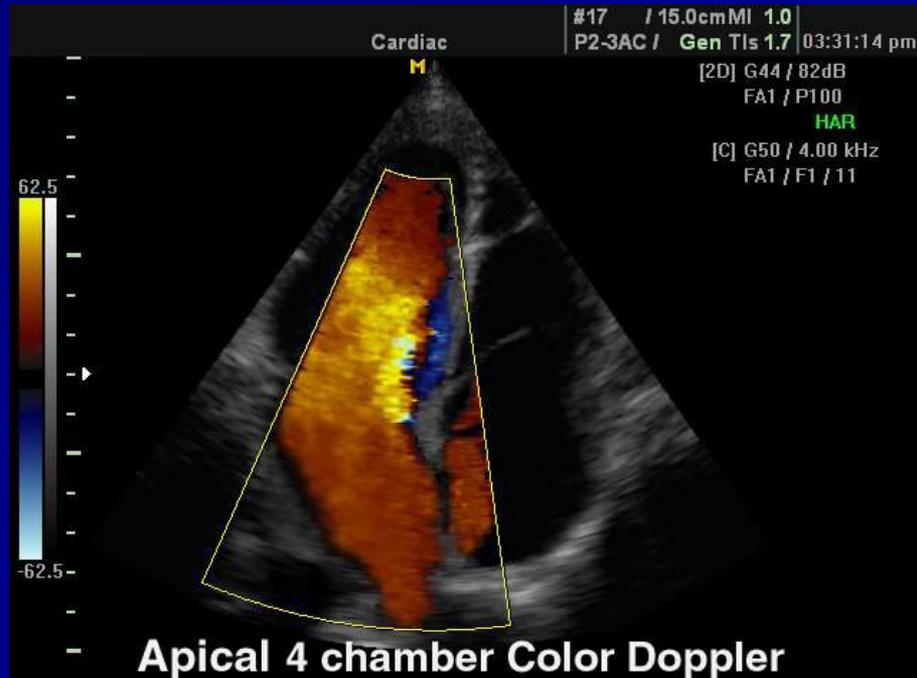
Исследование патологически измененного высокоскоростного потока в стенозированном аортальном клапане.

ЦВЕТОВОЕ ДОППЛЕРОВСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Color flow mode (CFM) – наложение закодированных разными цветами скоростей кровотока на двумерные изображения

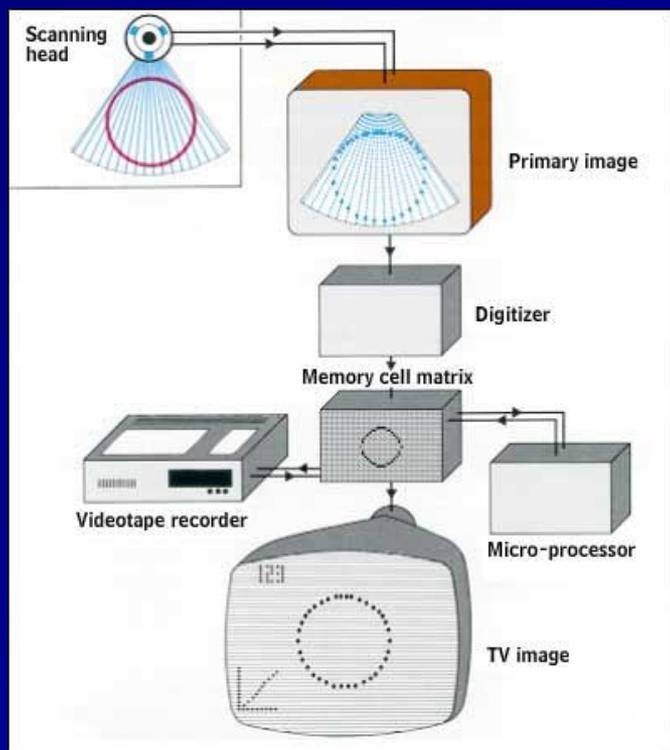
Достоинство – позволяет быстро определить пространственную ориентацию кровотока, а так же выявить патологические потоки крови.

Недостаток - низкая разрешающая способность



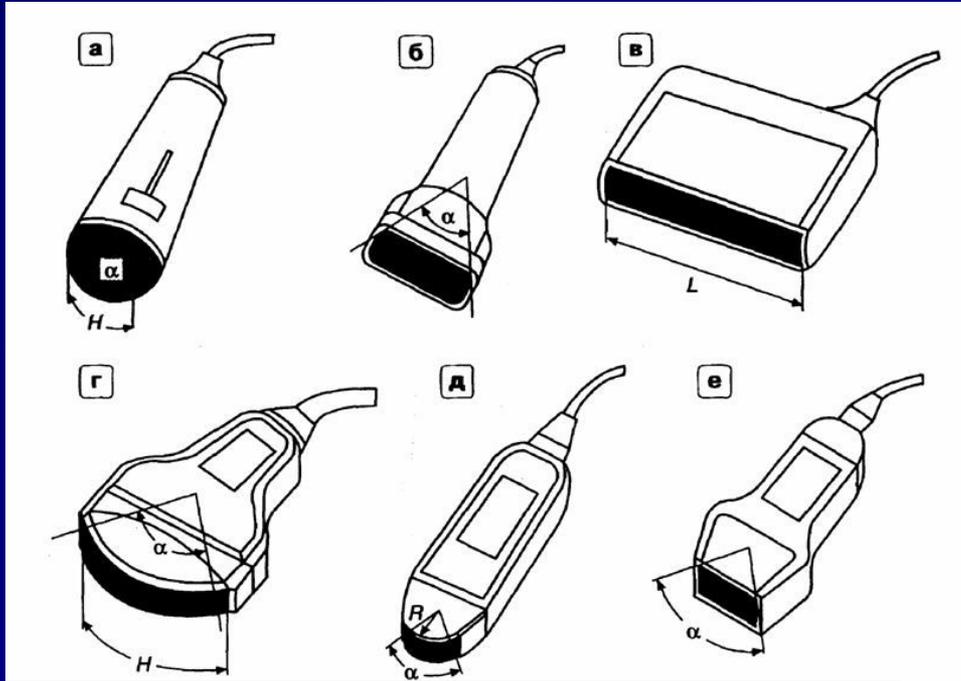
Красный цвет кодирует потоки крови, направленные к датчику, синий – наоборот. Светлые оттенки этих цветов соответствуют более высоким скоростям кровотока, приближающимся к пределу Найквистра.

ПРИНЦИП УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРИБОРА



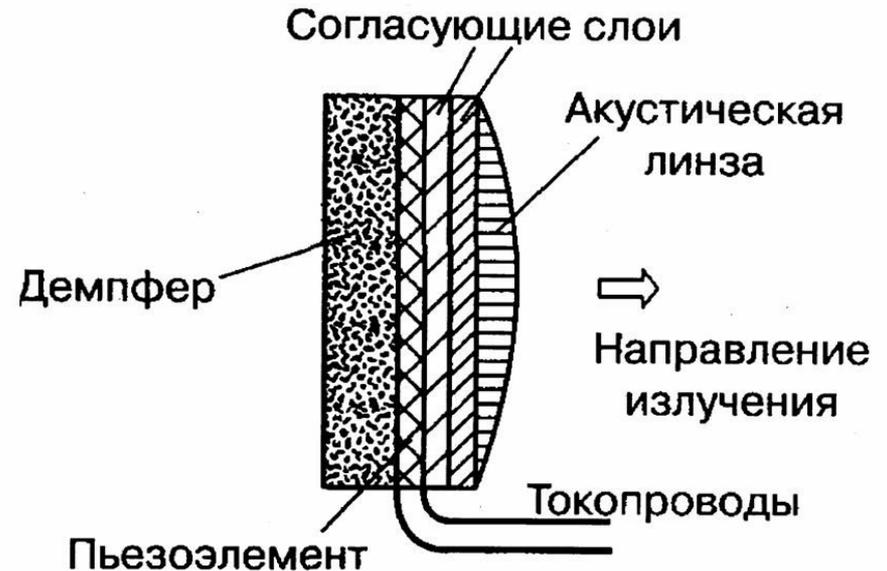
С датчика сигнал поступает на преобразователь, далее – в устройство памяти, после этого обработанное изображение выводится на дисплей.

ТИПЫ ДАТЧИКОВ



Датчики для ЭхоКГ (А,В, Д,Е)

Внутренне устройство датчика



АППАРАТУРА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Экспертный класс

Скрининговый класс



Портативные



УПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЕМ



Вторичное меню (подменю)

Временно-глубинный компенсатор

Трэкбол

Клавиши выбора режимов

Регулятор усиления сигналов

Клавиши, связанные с трекболом (измерение, ввод, выбор и т.д.)

Печать

Настройка глубины

Интерфейс ультразвукового аппарата

АЛГОРИТМ ИССЛЕДОВАНИЯ

Преобработка:

Введение данных о пациенте (New Patient)

Выбор датчика (Probe)

Настройка энергетика – Acoustic Power

Выбор программы - Preset (Cardiac)

Обработка:

Выбор режима – Mode (Двумерный - B)

Настройка изображения – Усиление (Gain);
Усиление по каналам (Times Gain Compensation -
TGK); Отсечение шумов (Reject); Фокусировка
(Focus); Глубина (Depth) Сглаживание кадров
(Smoothing); Двукратное увеличение (Zoom)

M - модальный (M - Mode)

Выбор осевой линии среза (M/D cursor), настройка аналогична

Спектральный доплер (CW, PW)

Установка контрольного объема (M/D cursor, Sample
volume); скорости развертки (Speed); скоростной
шкалы (PRF); угла инсонации (Angle); фильтра (Filter)

Цветовой доплер (CFM, Color)

Установка интенсивности (Gain); Сектора исследования
(Scan area); скоростной шкалы (PRF); фильтра (Filter)

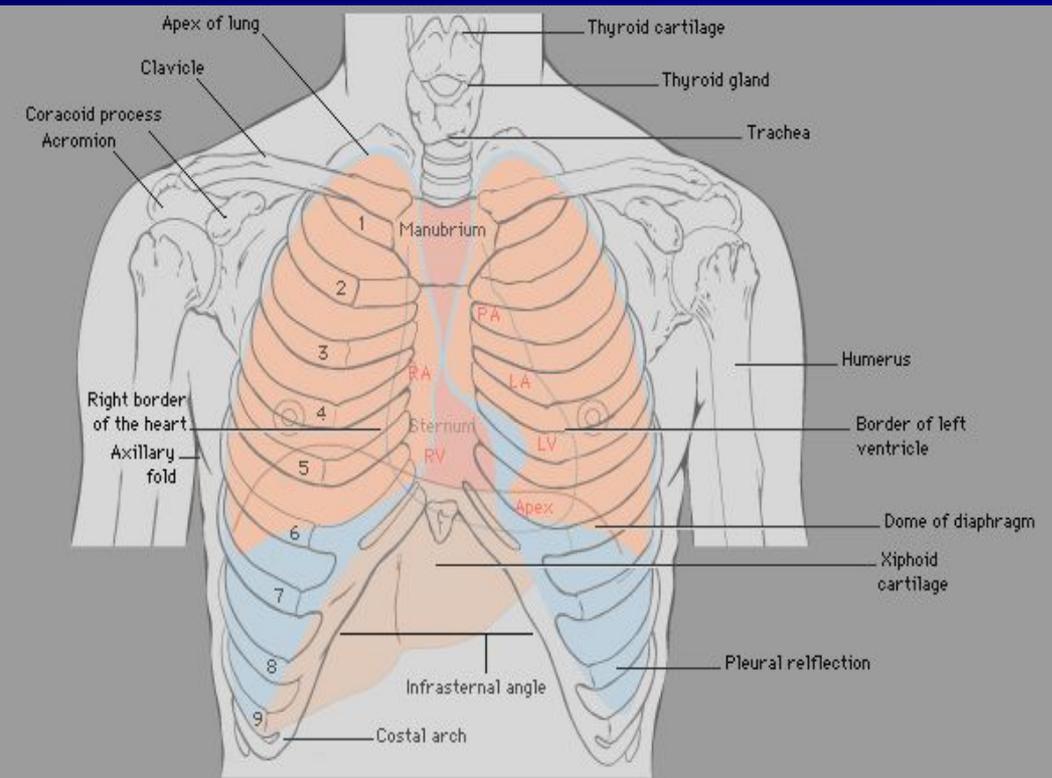
Постобработка

Выбор кадра (Freeze, Search)

Измерения (Measure); Расстояние (Mark, Distance);
Обводка (Trace); Время (Time); Скорость (Speed);
Ускорение (Acceleration); Давление (Pressure)

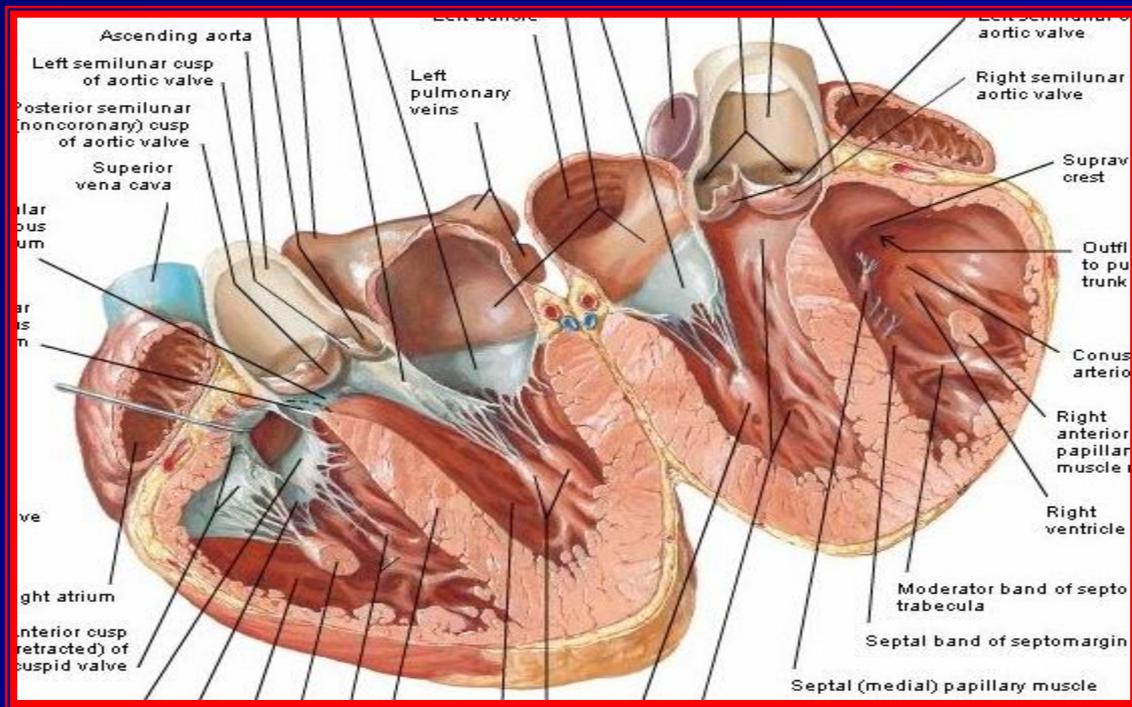
НОРМАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СЕРДЦА

Сердце занимает около 2/3 переднего средостения, расположено между плевральными мешками, на сухожильной части диафрагмы.



Передняя поверхность сердца (*facies sternocostalis*) образуется половинами правого и левого предсердий, 3/4 правого и 1/4 левого желудочков. Передняя поверхность переходит вверх на крупные сосуды: аорту, легочный ствол, верхнюю полую вену.

ФИБРОЗНО - МЫШЕЧНАЯ СТРУКТУРА СЕРДЦА

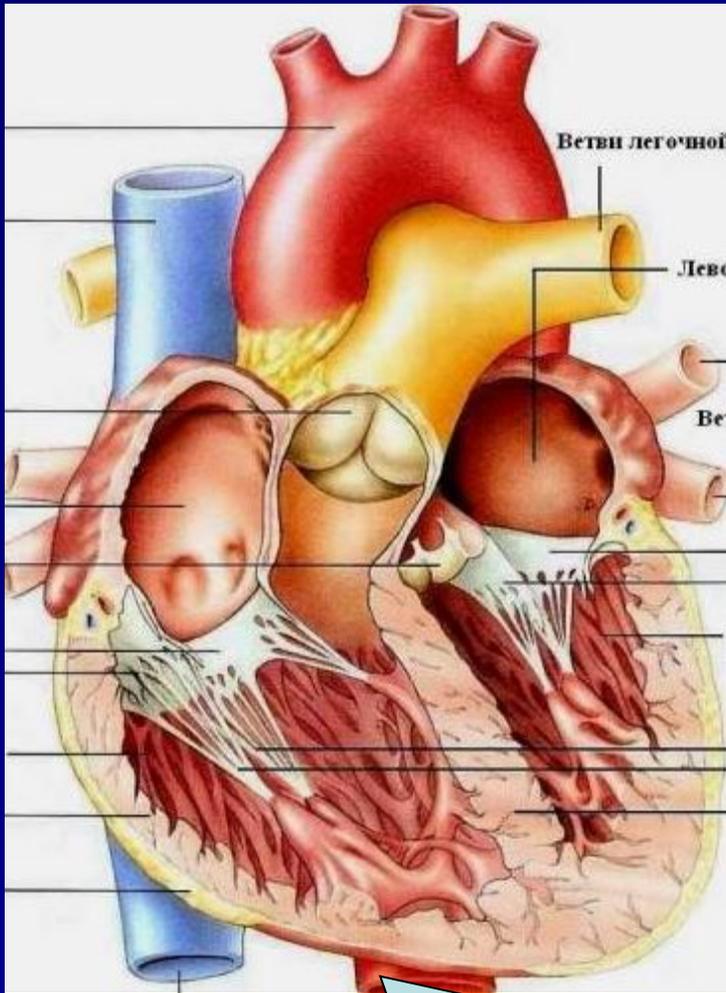


Перикард состоит из двух листков: наружного фиброзного и внутреннего серозного.

В структуре миокарда желудочков различают три слоя: поверхностный (*stratum longitudinale*), средний (*stratum circulare*) и внутренний (*stratum longitudinale*).

Предсердно-желудочковые фиброзные кольца образуют дуги предсердно-желудочковых колец сердца и являются местами начала мускулатуры предсердий и желудочков

ПРАВОЕ ПРЕДСЕРДИЕ



Правое предсердие

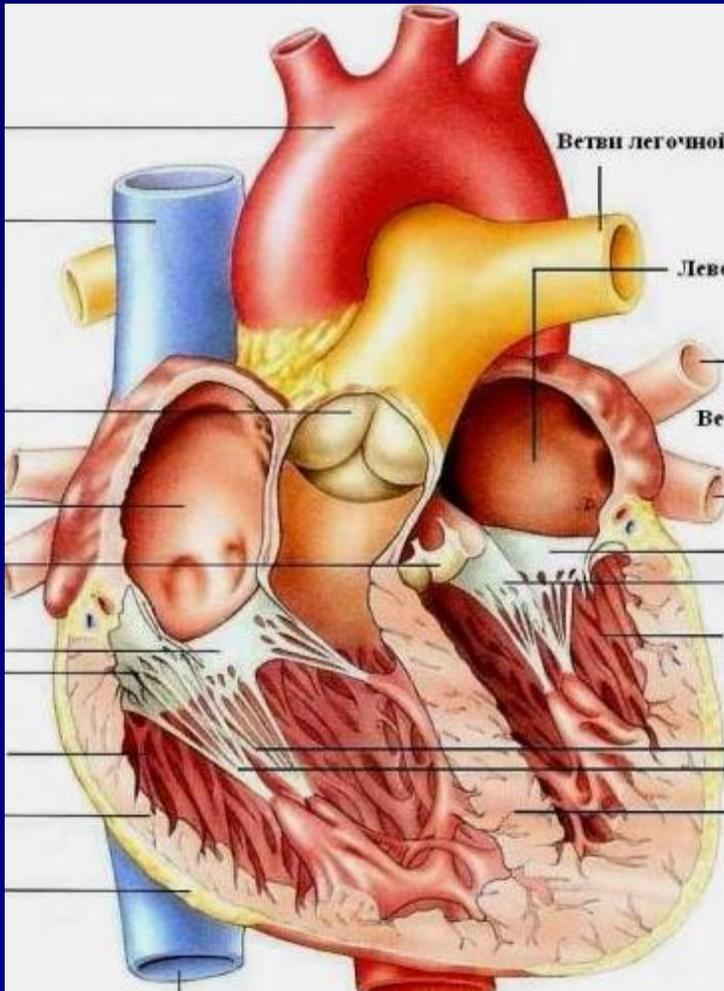
Полость правого предсердия имеет форму неправильного куба.

В полости предсердия можно различить три отдела: собственно полость, правое ушко и венечный синус.

Наружная стенка правого предсердия имеет слепой вырост (правое ушко) и характеризуется специфической структурой миокарда.

В углу между задней и внутренней стенками полости предсердия расположено отверстие венечной пазухи сердца.

ПРАВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК



Правый желудочек

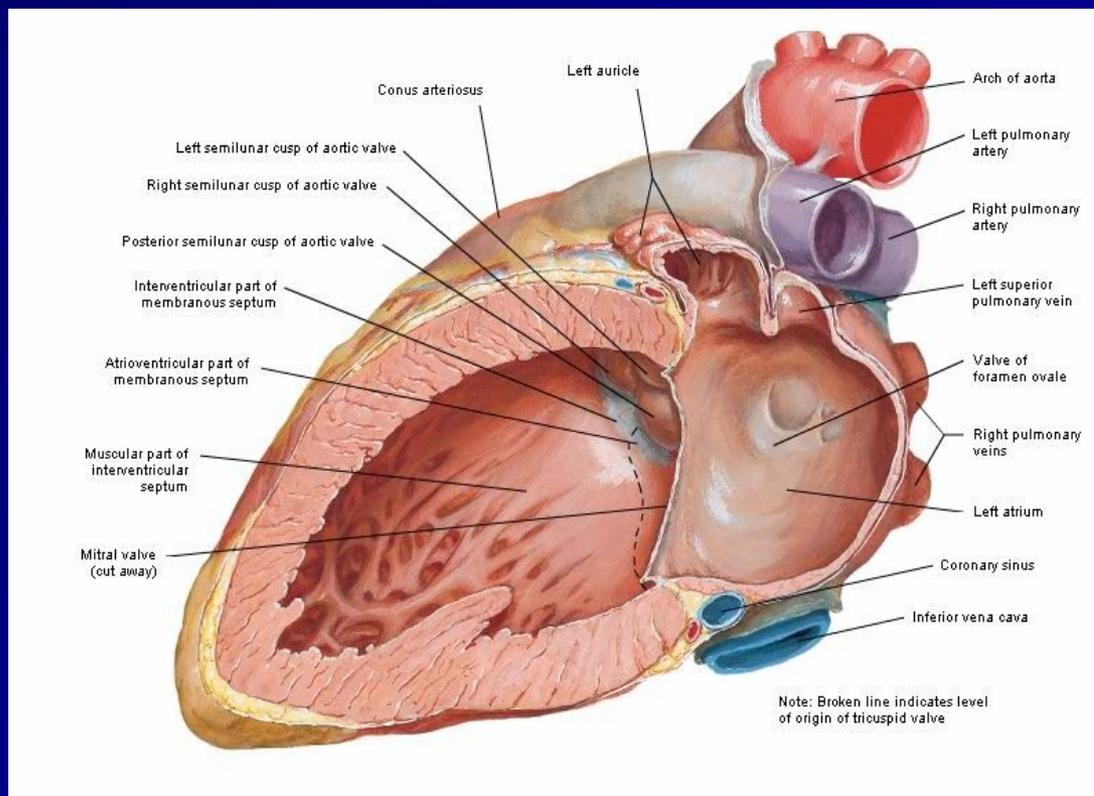
Полость правого желудочка имеет форму неправильной трехгранной пирамиды. Вверху расположены два отверстия: предсердно-желудочковое и правое артериальное (легочный ствол).

Правый желудочек можно разделить на два отдела: нижний – собственно полость правого желудочка и верхний - правый артериальный конус, нижний является кровоприемником, верхний – областью оттока крови из желудочка.

Надкраевая трабекула (модераторный тяж) - мышечный пучок цилиндрической формы, имеющий основание, ствол и несколько (2-6) ножек

Межжелудочковая перегородка имеет мышечную и мембранозную части.

ЛЕВОЕ ПРЕДСЕРДИЕ



Левое предсердие

Полость левого предсердия имеет неправильную цилиндрическую форму и располагается в поперечном направлении между устьями легочных вен.

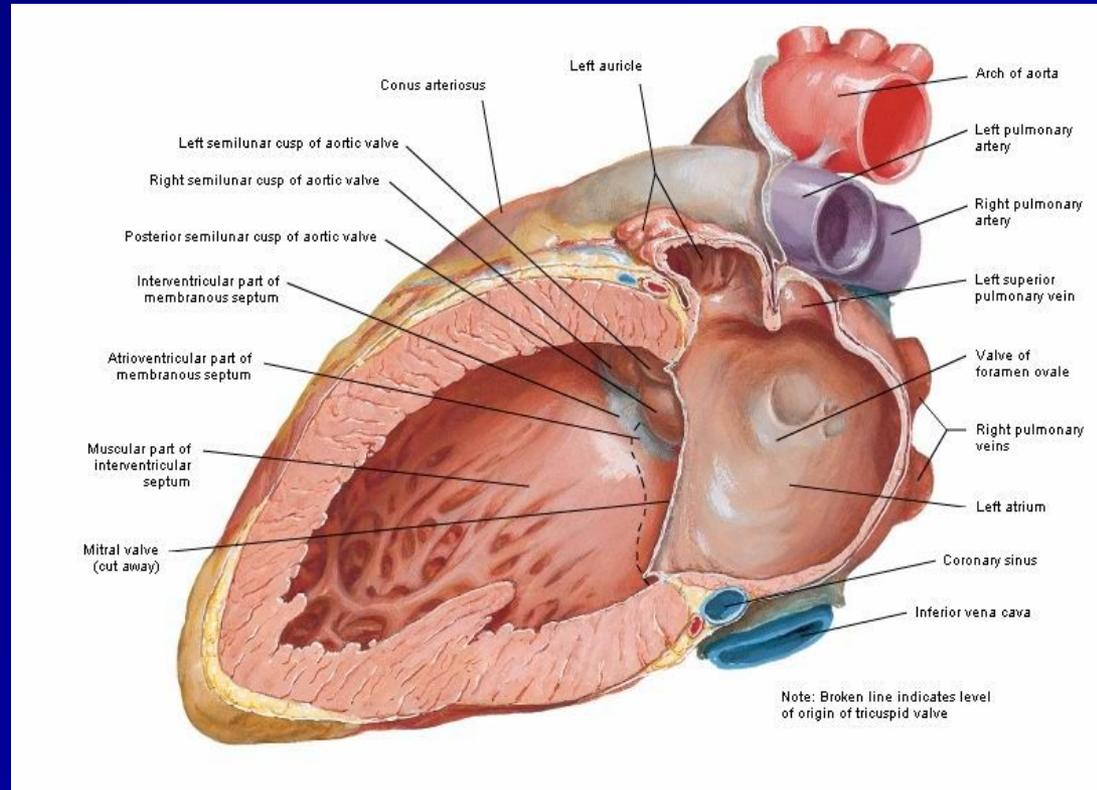
Различают: собственно полость предсердия, синус легочных вен и левое ушко.

Собственно полость предсердия характеризуется гладким внутренним рельефом. Синус легочных вен представляет собой углубление, расположенное между их устьями. В него открываются легочные вены по две с каждой стороны. Левое ушко расположено на наружной стенке.

ЛЕВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК

Левый желудочек

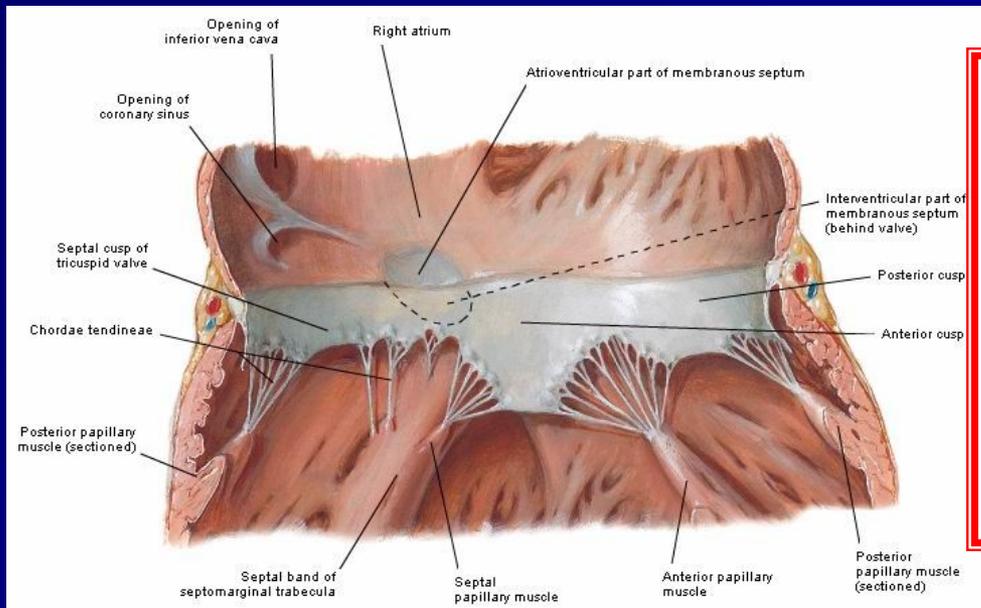
Полость левого желудочка имеет форму конуса, у основания которого расположены венозное (предсердно-желудочковое) и артериальное отверстия.



Полость желудочка делится на два отдела: левый артериальный конус и собственно полость левого желудочка (область расположения сосочковых мышц).

Собственно полость соответствует области притока крови и простирается от митрального отверстия до внутренней поверхности верхушки сердца. Передняя сосочковая мышца посылает свои хорды к левым половинам, а задняя к правым половинам створок митрального клапана.

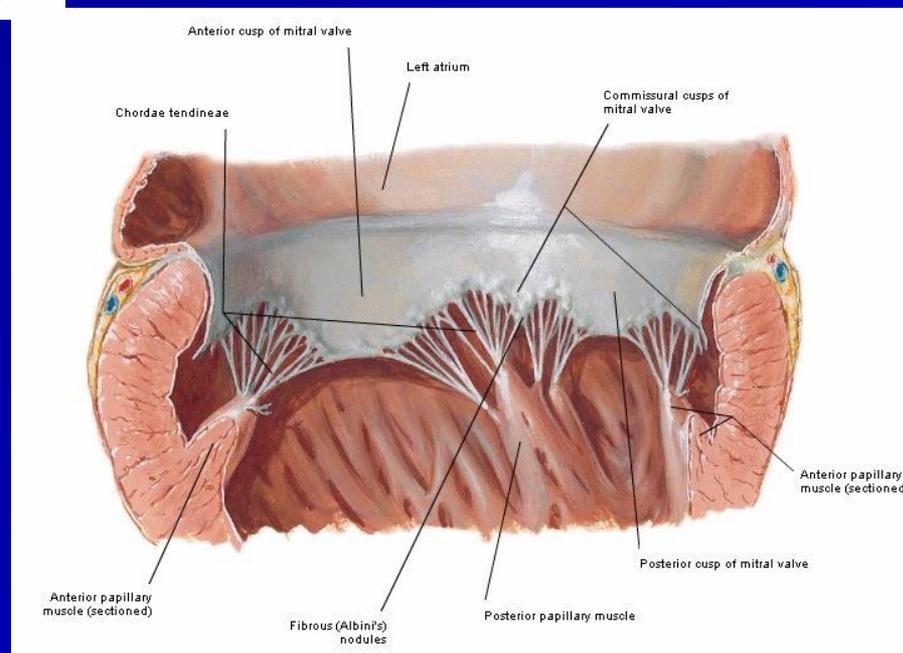
АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНЫЕ КЛАПАНЫ СЕРДЦА



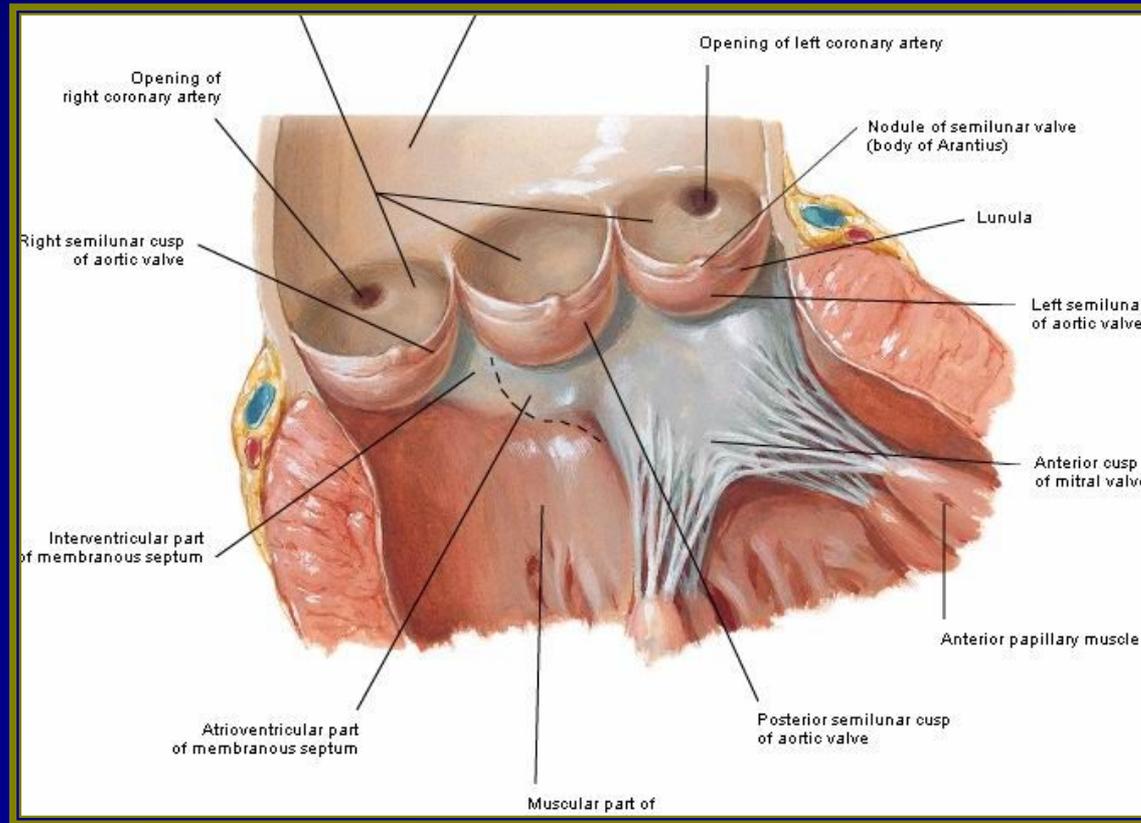
Трехстворчатый клапан располагается на границе правого предсердия и правого желудочка, относится к парусным клапанам сердца и обычно состоит из трех парусов или створок: передней, задней и внутренней (перегородочной).

Митральный клапан состоит из двух больших створок – передней и задней. Передняя створка более развита, но задняя створка шире, чем передняя.

Сухожильные хорды обеих створок отходят от двух больших сосочковых мышц.



КЛАПАНЫ АОРТАЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

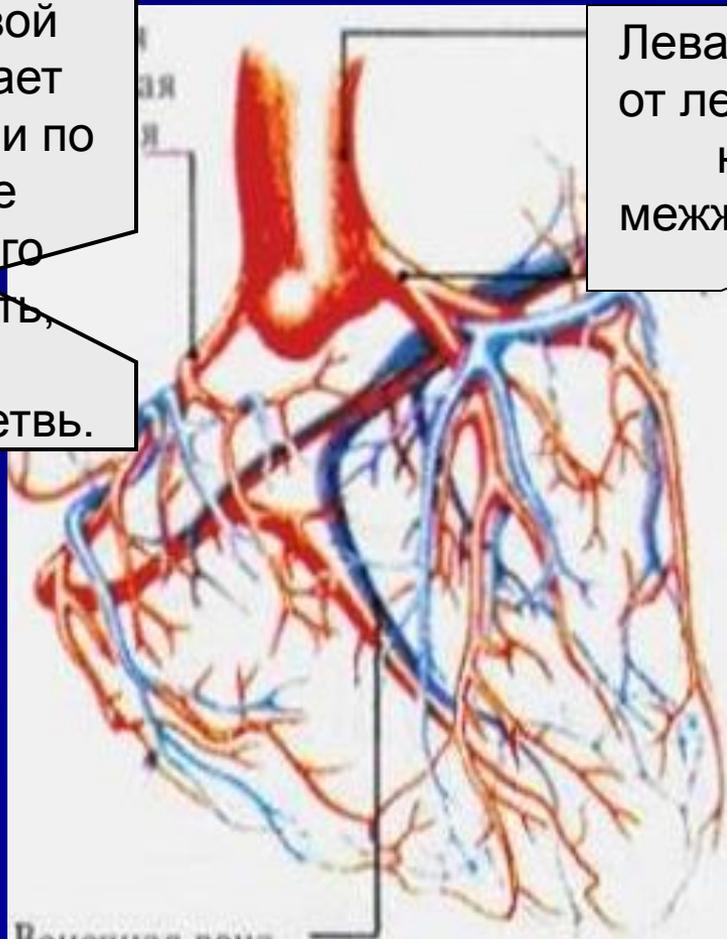


Клапаны аортальных отверстий (как аортального, так и легочного) состоят из трех полулунных створок. Пространство между полулунной створкой и стенкой сосуда носит название синуса Вальсальвы.

Свободный край створок и узелки Аранци обеспечивают полное закрытие клапана.

КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ МИОКАРДА

Правая артерия, начинается от правой пазухи аорты, огибает правый край сердца и по венечной борозде направляется на его заднюю поверхность, образуя заднюю межжелудочковую ветвь.



Левая венечная артерия отходит от левой пазухи аорты и делится на две ветви: переднюю межжелудочковую и огибающую.

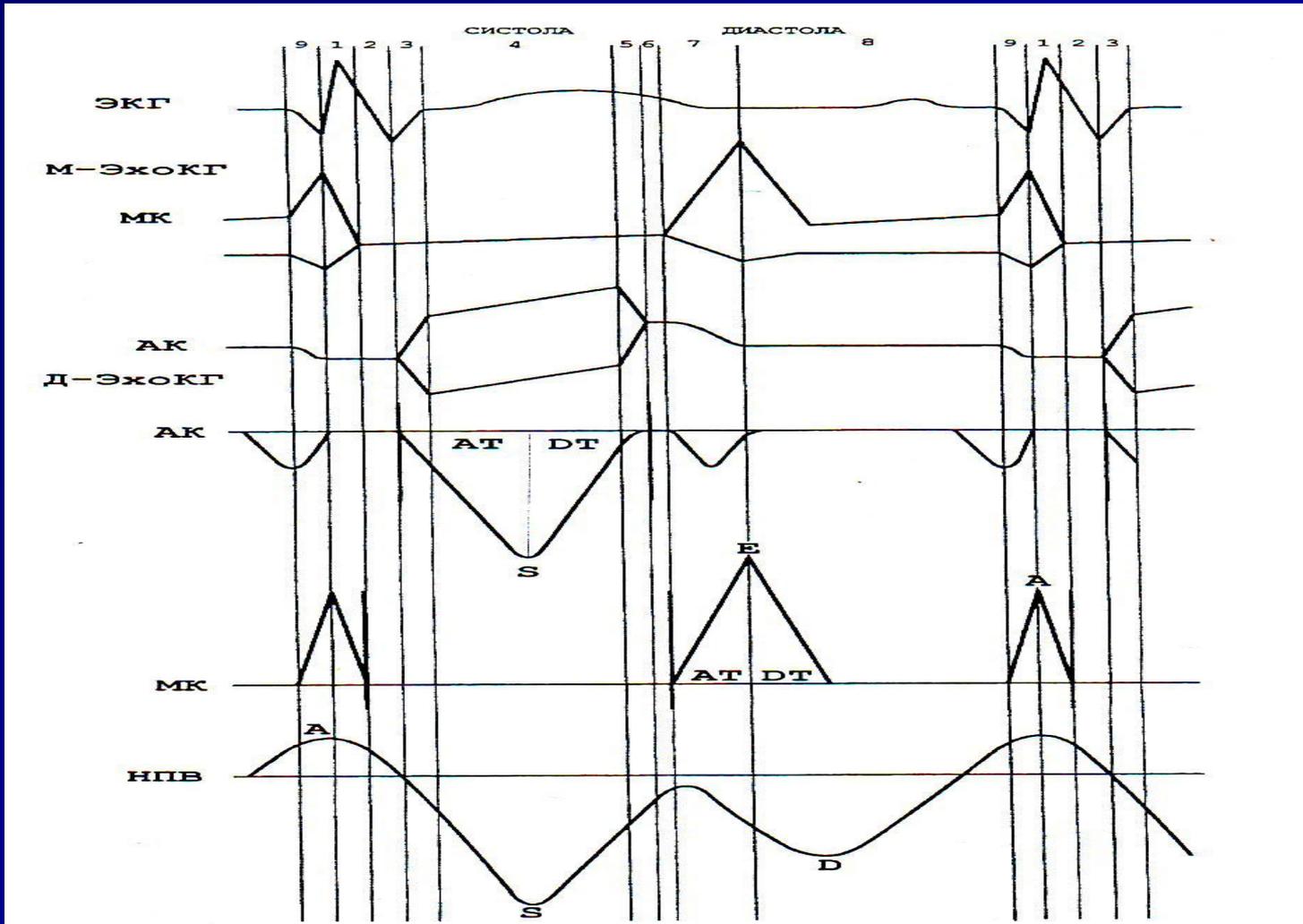
Огибающая ветвь переходит на заднюю поверхность сердца и находится в венечной борозде.

Передняя межжелудочковая ветвь располагается в передней межжелудочковой борозде.

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ КАРДИОЦИКЛА (ЧСС=75 УД. В МИН)



ПОЛИЭХОКАРДИОГРАФИЯ



1 – асинхронное сокращение, 2 – изометрическое сокращение, 3 – быстрое изгнание, 4 – медленное изгнание, 5 – протодиастолический интервал, 6 – изометрическое расслабление, 7 – фаза быстрого наполнения, 8 – фаза медленного наполнения, 9 – систола предсердия.