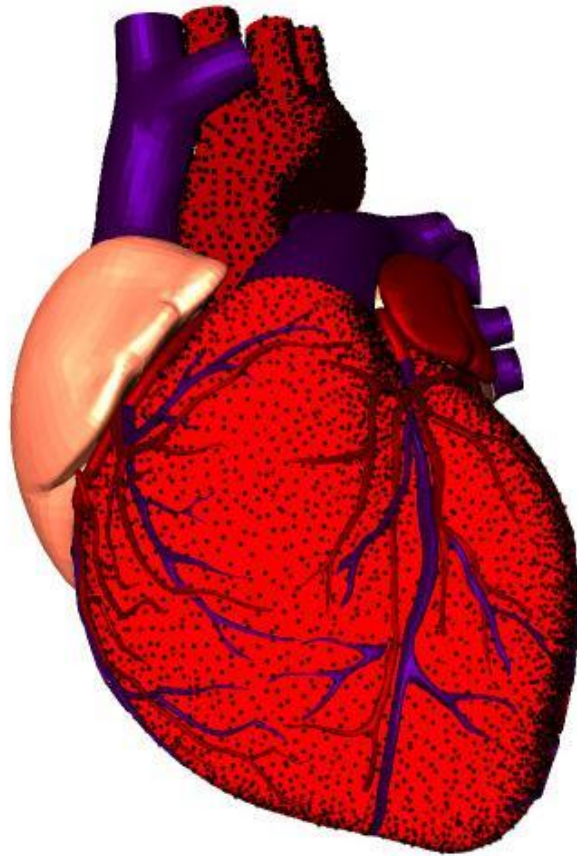
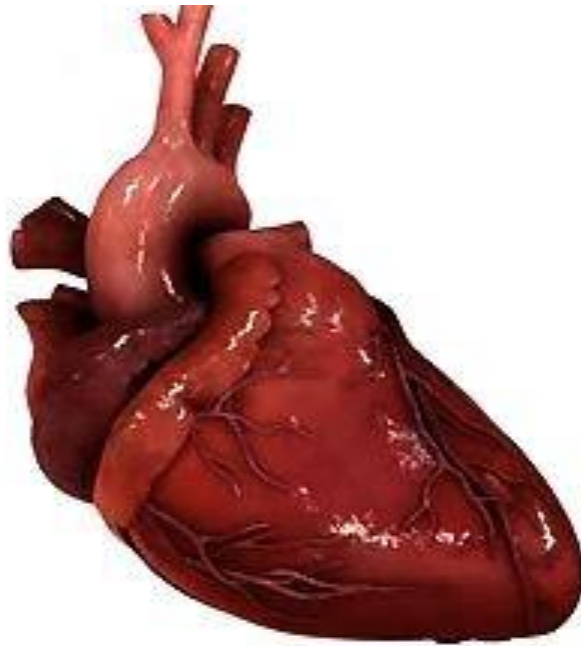


# Нормальная анатомия и физиология сердца





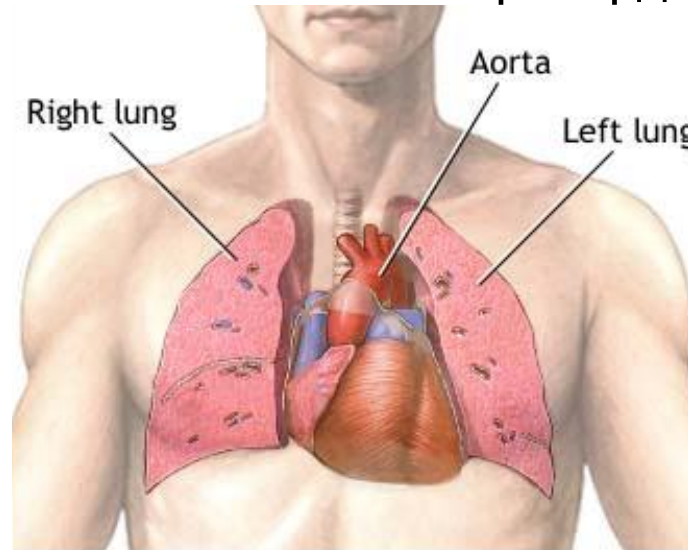
Сердце (лат. cor греч. cardia) – полый фиброзно-мышечный орган, разделенный на 4 камеры

Масса сердца взрослого человека колеблется от 250 до 360 гр и зависит от **многих показателей**:

- площади поверхности тела
- возраста
- пола
- Степени физической активности

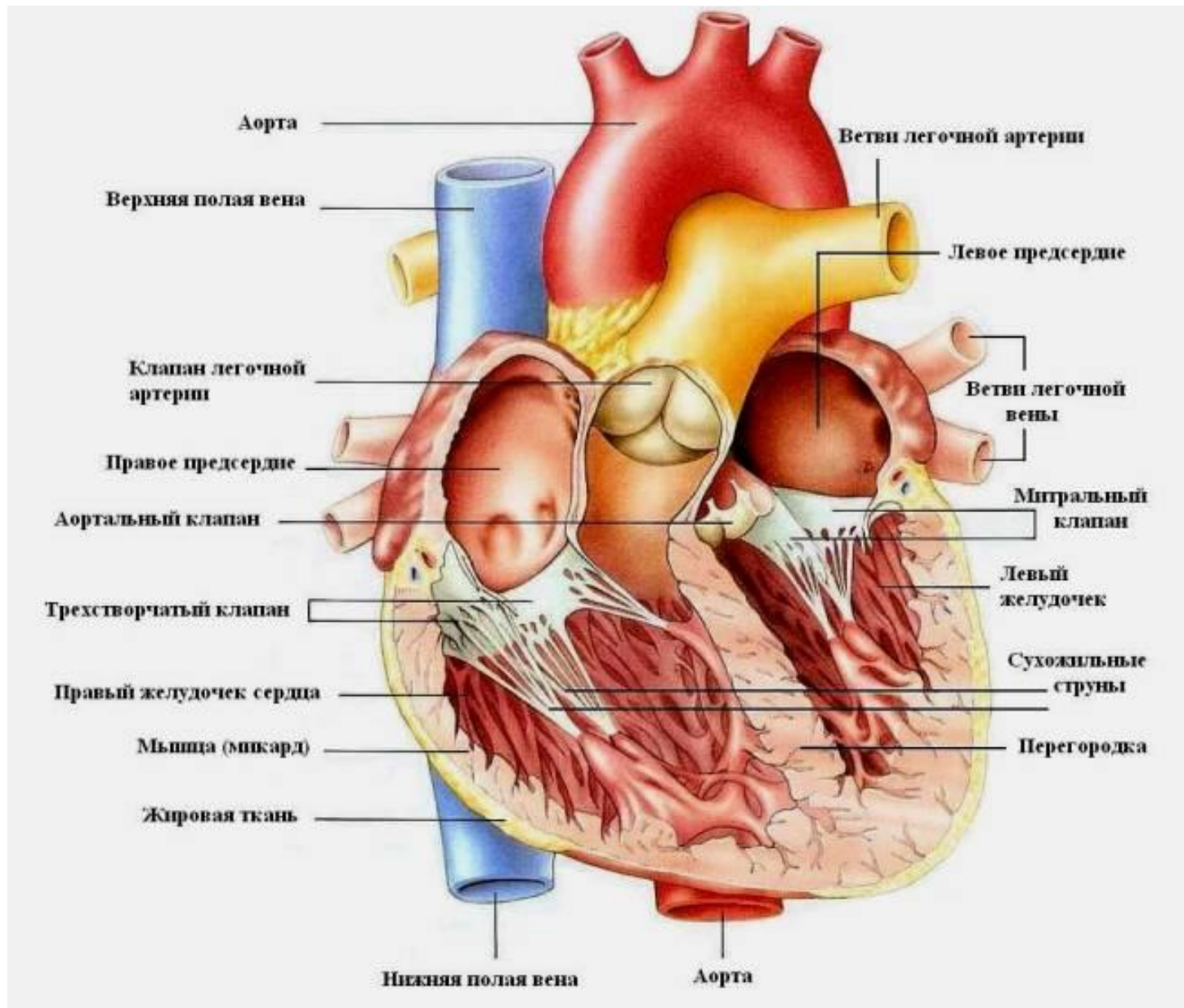
Сердце расположено позади грудины и несколько влево, в переднем средостении и окружено околосердечной сумкой или *перикардом*.

Висцеральный листок перикарда (эпикард), покрывающий мышцу сердца, по крупным сосудам переходит в париетальный листок, или собственно перикард



Различают основание сердца (*basis cordis*), направленное кзади, кверху и вправо, и верхушку (*apex cordis*), обращенную кпереди, книзу и влево

# Полости сердца



## Нормальная физиология сердца

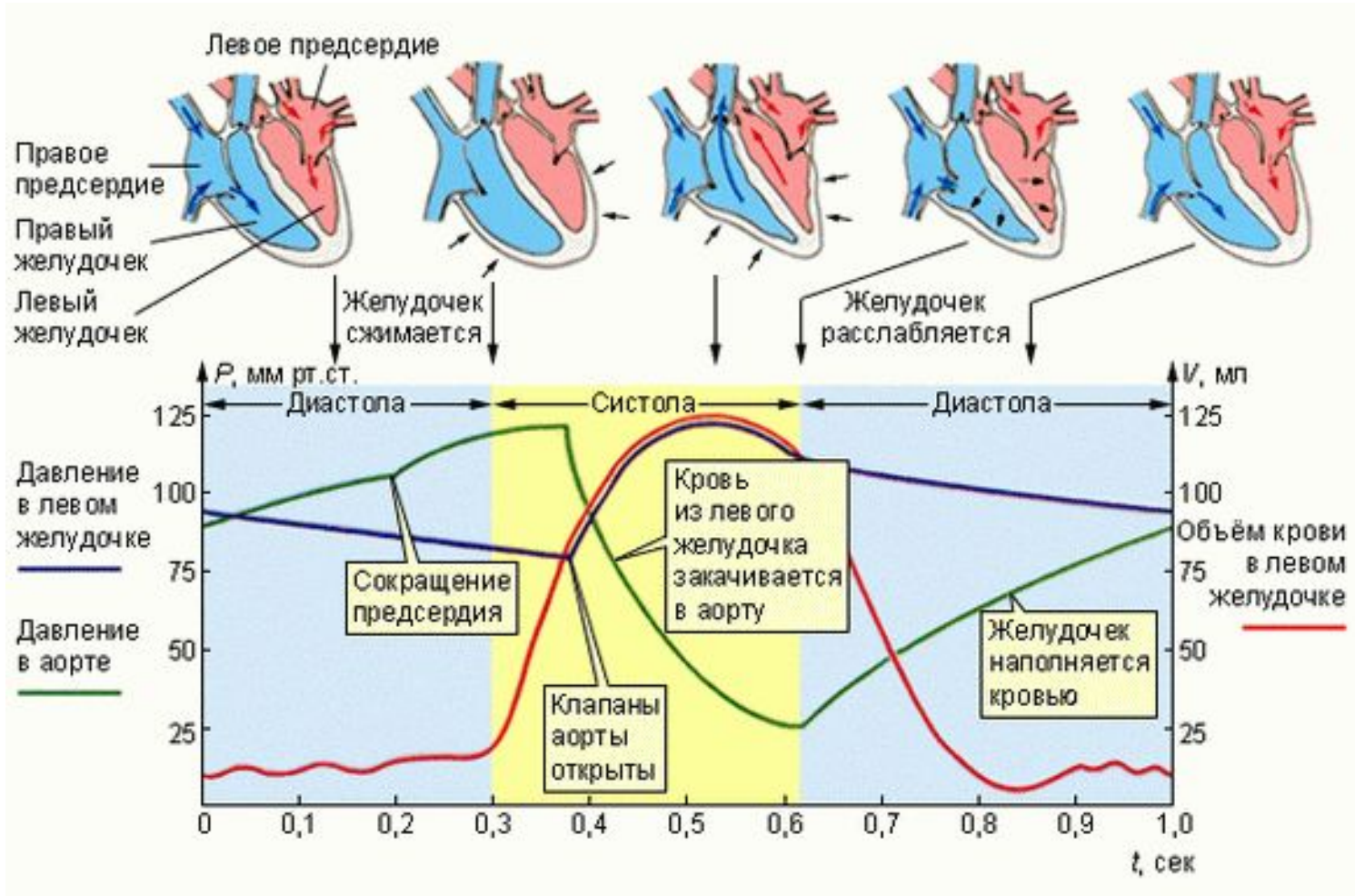
Нагнетание крови обеспечивается посредством попеременного **сокращения (систола) и расслабления (диастола)** миокарда.

Волокна сердечной мышцы сокращаются вследствие электрических импульсов (процессов возбуждения), образующихся в мембране (оболочке) клеток. Эти импульсы появляются ритмически в самом сердце. Свойство сердечной мышцы самостоятельно генерировать периодические импульсы возбуждения называется **автоматией**.

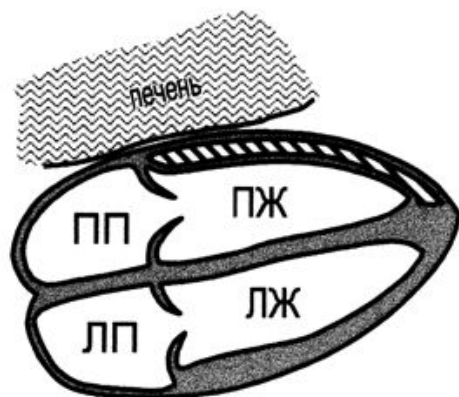
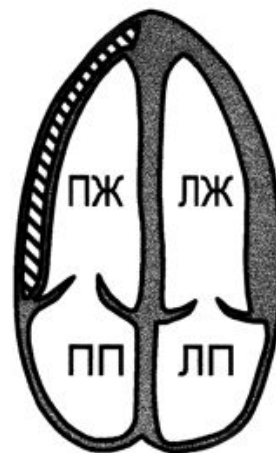
Мышечное сокращение в сердце - хорошо организованный периодический процесс. Функция периодической (хронотропной) организации этого процесса обеспечивается **проводящей системой**.



Период сокращения и расслабления сердца составляет **сердечный цикл**. Он складывается из систолы предсердий, систолы желудочков и общей паузы.



# Стандартные эхокардиографические позиции



Зона эхокардиографического исследования ограничена *ультразвуковым окном* - областью грудной клетки, свободной от структур, препятствующих проникновению ультразвукового луча к сердцу. Поскольку ультразвуковой сигнал не распространяется через легкие, датчик устанавливается во II-IV межреберье слева у грудины, что соответствует области абсолютной тупости сердца, или в другие доступные для эхолокации зоны (над грудиной, в эпигастрии).

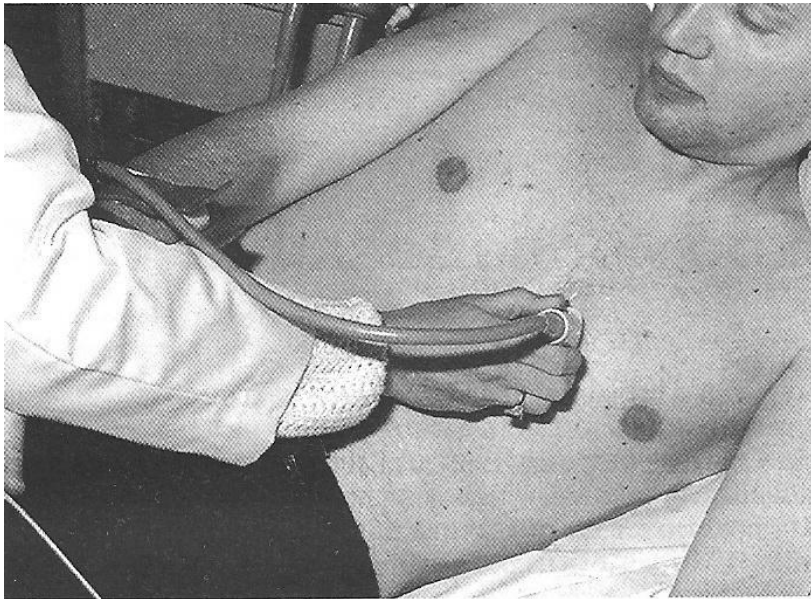


Рис. 2.2. Эхокардиографическое исследование при левом парастеральном положении датчика.

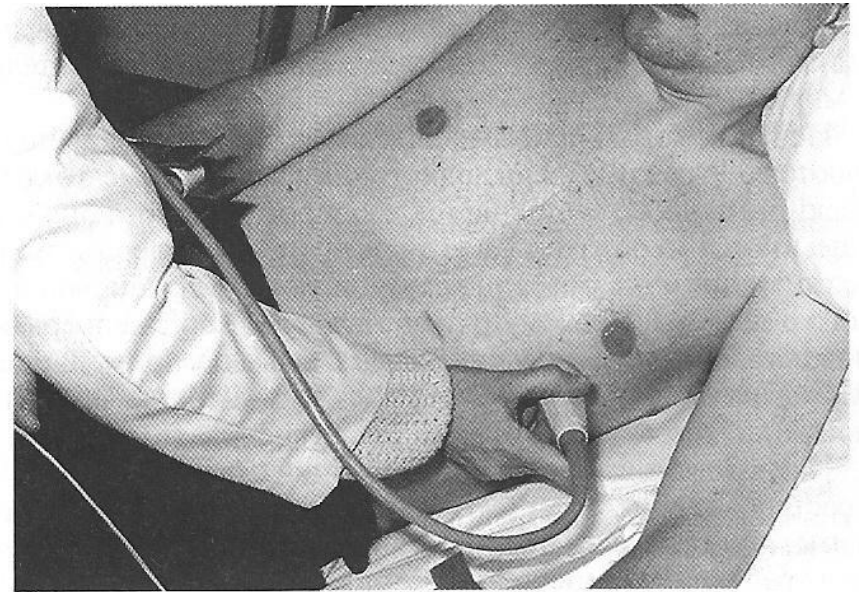


Рис. 2.4. Эхокардиографический датчик, размещенный в апикальной позиции.





# Выбор датчика

**Частота датчика для исследования зависит в большей степени от телосложения пациента**

Если пациентом является ребенок или худощавый взрослый, предпочтительнее использовать датчик 3,5 или 5 МГц

Для пациентов с «толстой грудью» предпочтительнее датчик 2 - 2,5 МГц

Для исследования новорожденного можно использовать датчик с частотой 7 – 7,5 МГц



## Основные эхокардиографические позиции

Исследование начинается вдоль левой стеральной границы – это **левая парастеральная** или просто стеральная позиция (положение пациента лежа на левом боку)

Второе самое распространенное положение датчика – над верхушкой сердца – **левый апикальный доступ** (положение пациента лежа на левом боку)

**Субкостальный доступ** особенно полезен для пациентов с низко стоящей диафрагмой и эмфиземой легких. В этой позиции оценивают нижнюю полую вену и многие врожденные аномалии

**Правая парастеральная позиция** полезна при исследовании аорты, межпредсердной перегородки (положение пациента лежа на правом боку)

Редко используемые доступы – **правый апикальный**, из правой надключичной ямки и со стороны спины

# Ультразвуковые режимы исследования в эхокардиографии



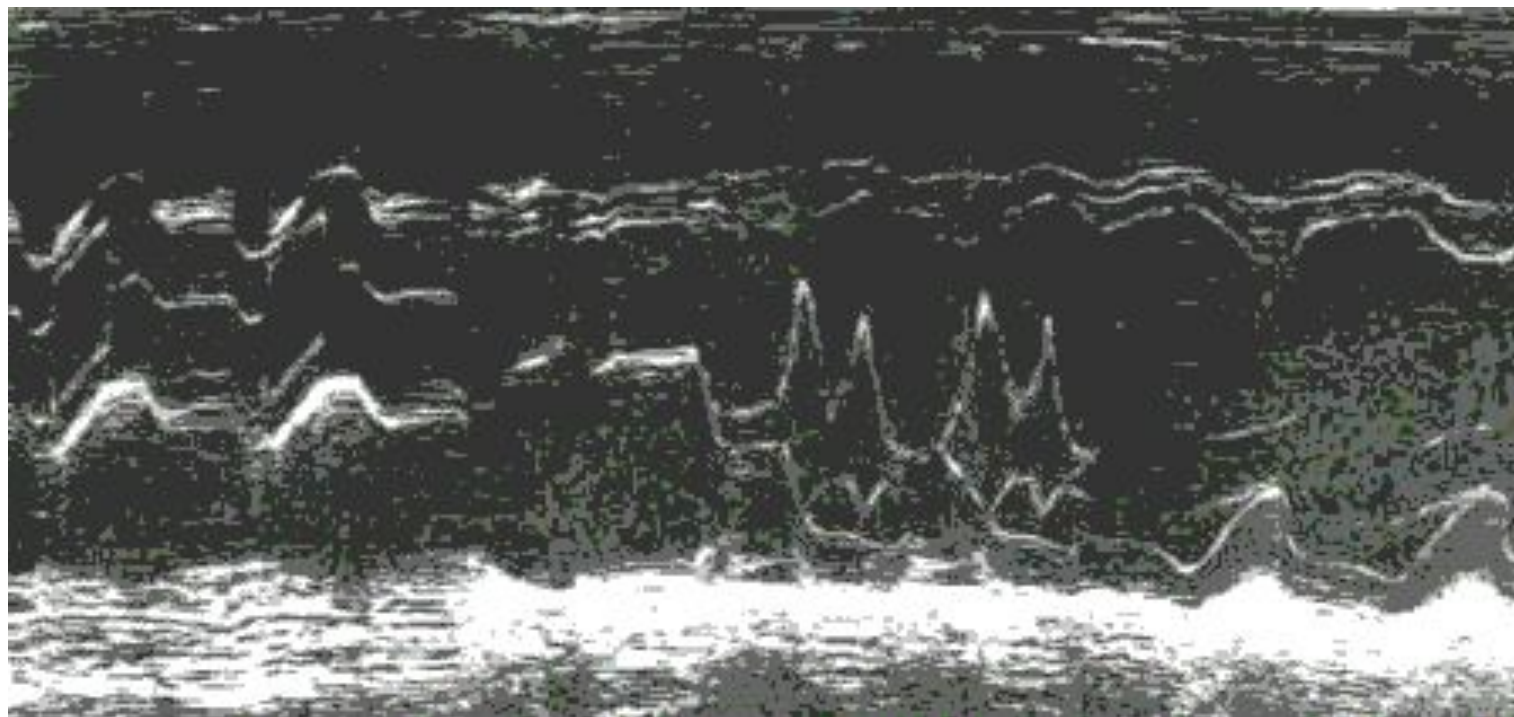
# М-режим

**М-режим** позволил впервые в реальном времени оценить размеры сердца и систолическую функцию желудочков. В настоящее время применяется как вспомогательный режим при проведении эхокардиографического исследования преимущественно для **измерений**.

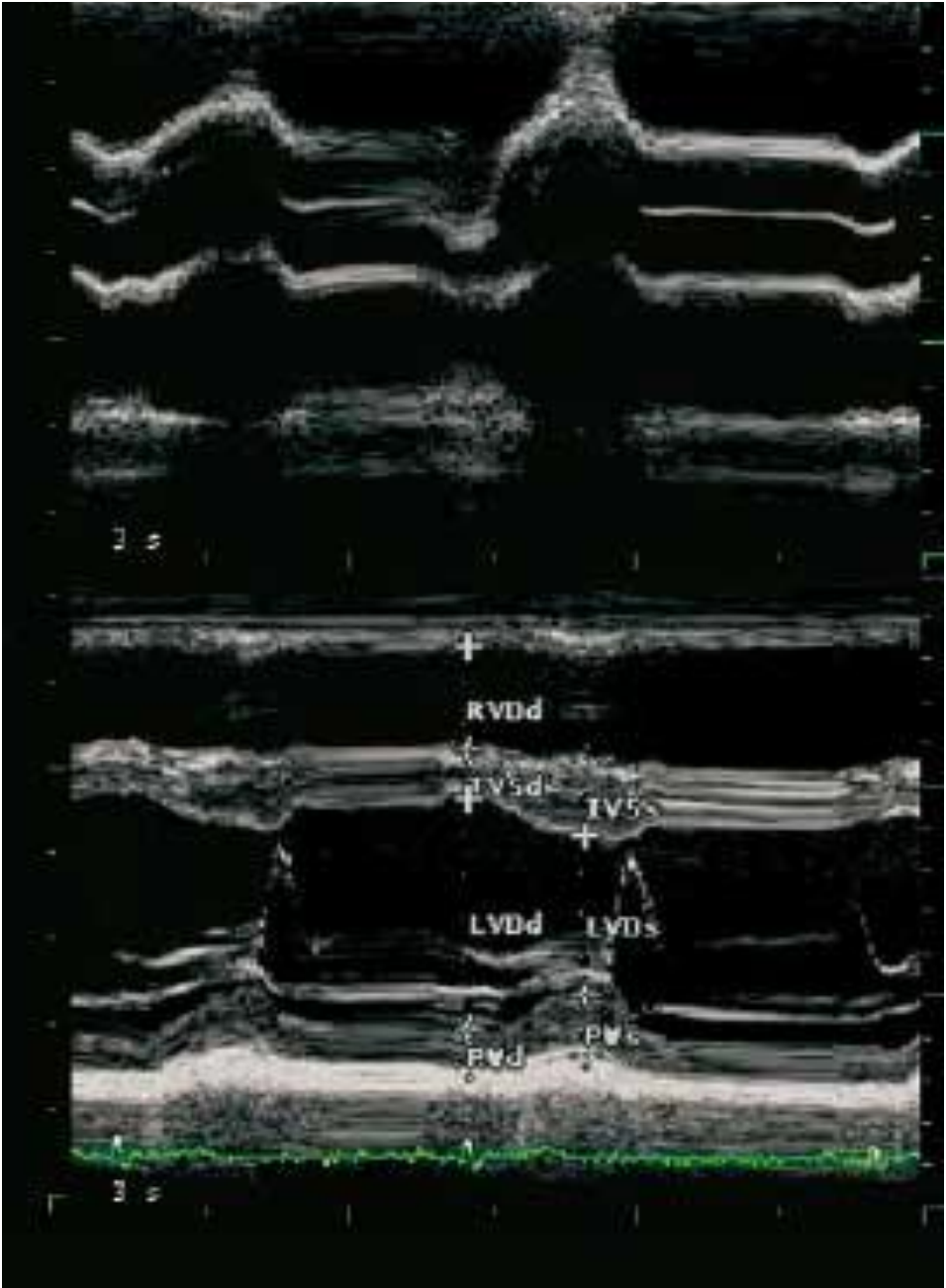
В том случае, когда в парастернальной позиции курсор *М-режима* располагается **строго перпендикулярно** изображению сердца, измерения могут быть проведены с большой точностью. Если изображение сердца и курсор расположены под углом, все размеры камер сердца будут значительно завышены и могут быть неправильно истолкованы. Поэтому следует проводить измерения в В-режиме в конце диастолы в том случае, если М-режим не может быть применен.

В настоящее время существует **анатомический М-режим**, позволяющий изменить угол курсора.

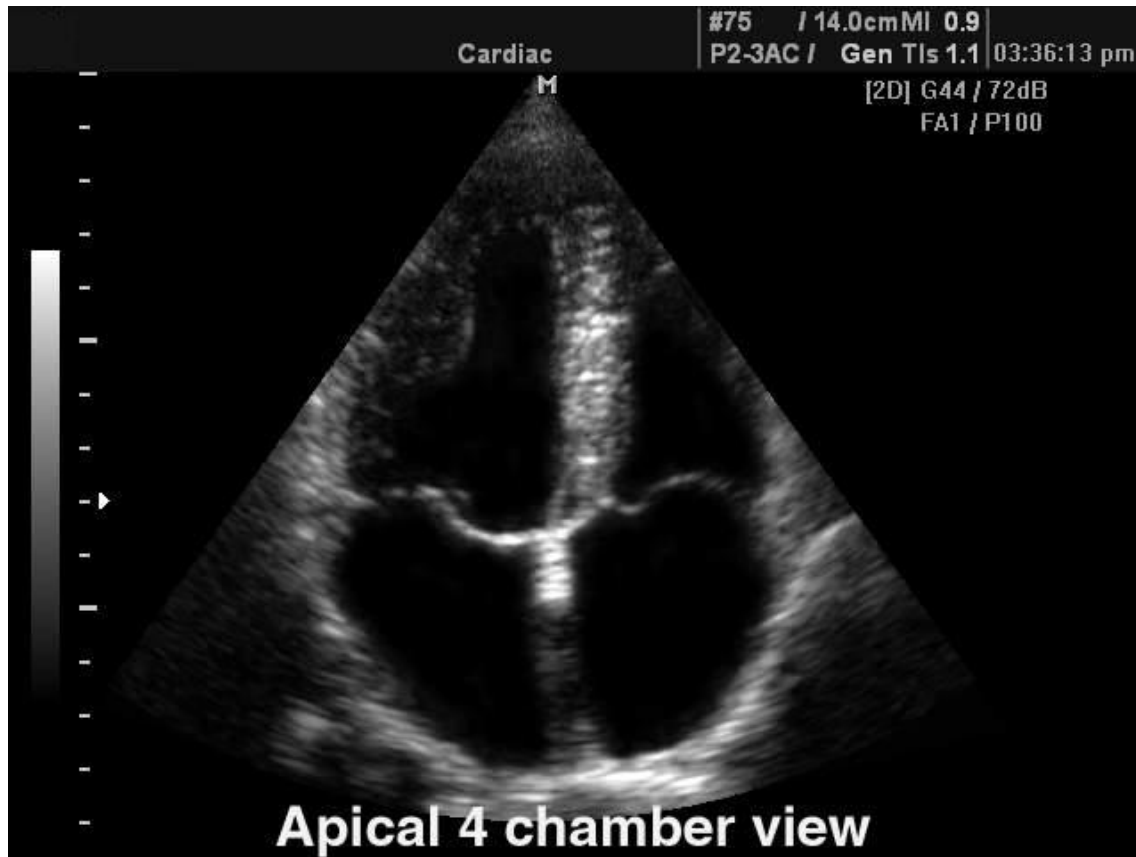
## Примеры изображений в М-режиме





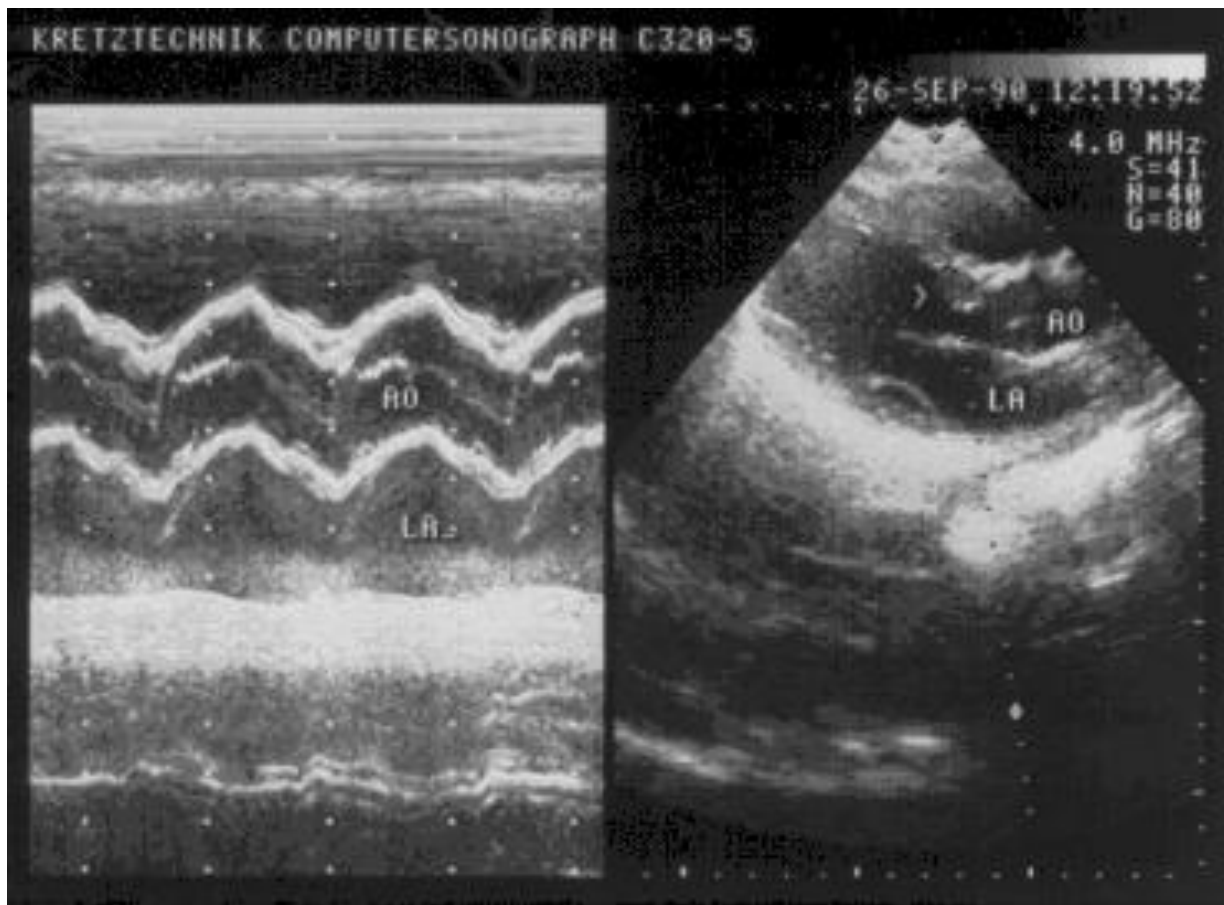


**Двухмерная эхокардиография** - изображение сердца по длинной или короткой оси в реальном времени. Двухмерная эхокардиография (**B-режим**) позволяет в реальном времени оценить размеры полостей сердца, толщину стенок желудочков, состояние клапанного аппарата, подклапанных структур, глобальную и локальную сократимость желудочков, наличие тромбоза полостей и т. д.

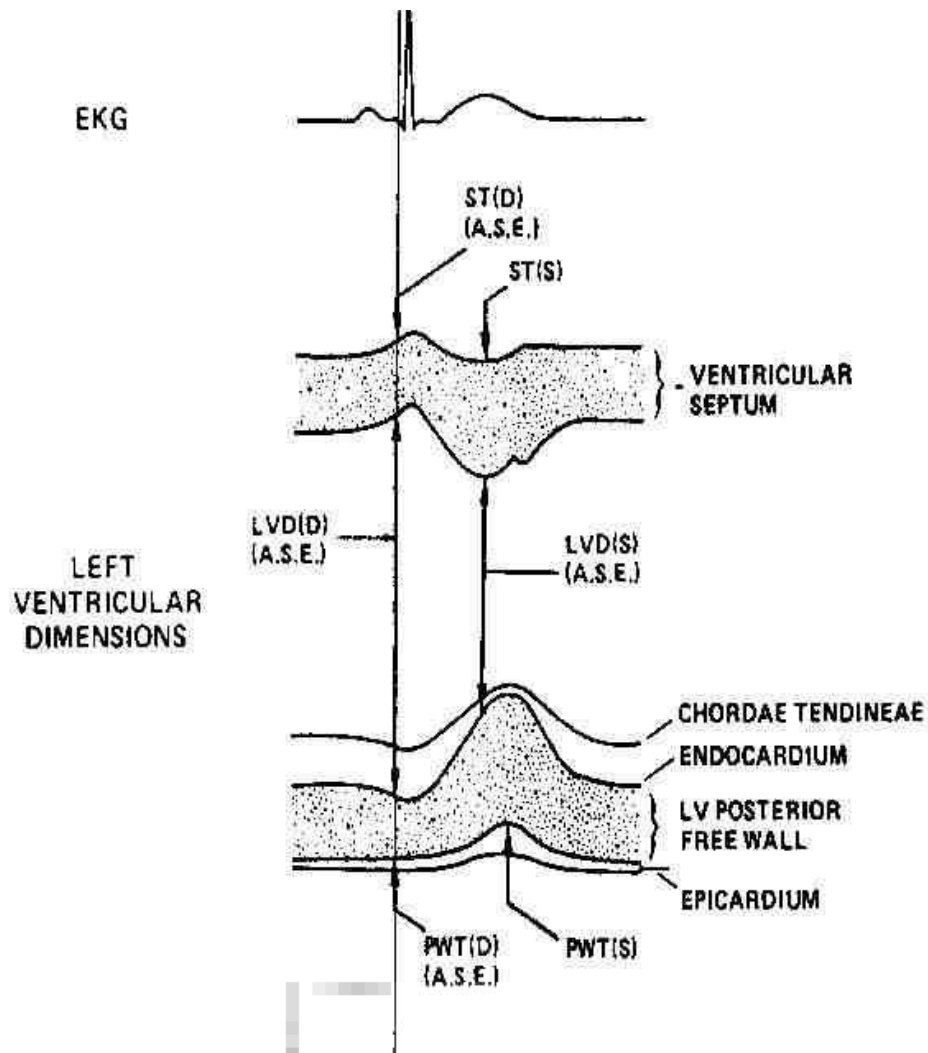


## Оценка параметров левого желудочка

Для оценки анатомического и функционального состояния ЛЖ используется левый парастернальный доступ, исследование проводится по длинной оси. Расположив курсор перпендикулярно к продольному сечению сердца на уровне хорд митрального клапана, включают М-режим.



**В данной позиции определяют размеры левого и правого желудочков, толщину и характер движения межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка**



SonoScape

Rybakova M.K.

3P1

M1 1.1

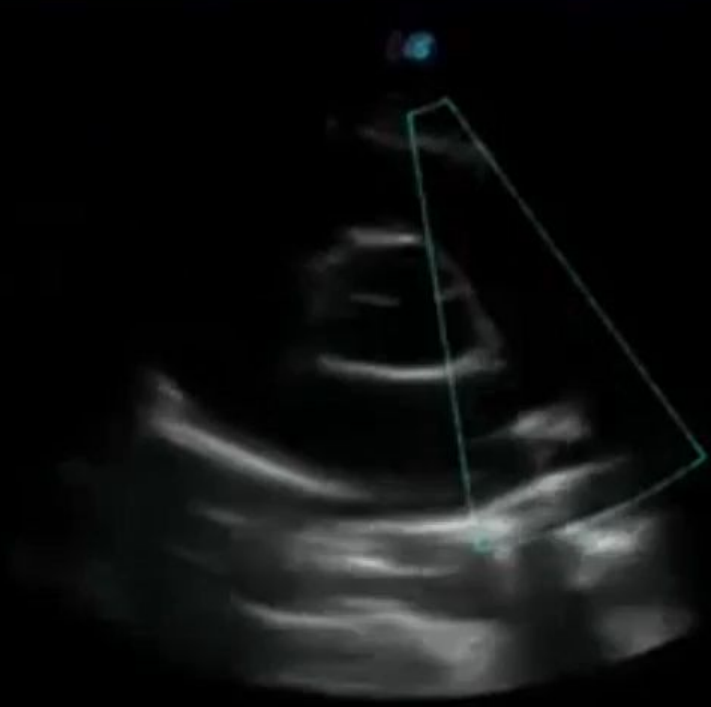
T10 0.5

REZAEVA

24/09/2015 18:22:45

FPS 30  
D/G 100/4  
GN 111  
I/P 0/0  
PWR60  
FRQ 3.2-5.1  
D 15.4cm

PRF 4.0  
WF 650  
GN 40  
C/P 1/0  
PWR70  
FRQ 3.0



13

Navigation and control icons including a left arrow, a trash can, a refresh icon, and a zoom icon.

T10

**конечно-диастолический диаметр левого желудочка (КДД)** - дистанция от левожелудочковой поверхности межжелудочковой перегородки до эндокардиальной поверхности задней стенки левого желудочка во время начала зубца R ЭКГ (в мм);

**конечно-систолический диаметр левого желудочка (КСД)** - определяют как наименьшую дистанцию между левожелудочковой поверхностью межжелудочковой перегородки и эндокардиальной поверхностью задней стенки левого желудочка (в мм);

**толщина межжелудочковой перегородки в диастолу (Тмжп)** - расстояние между передней и задней поверхностями перегородки синхронно зубцу R (в мм);

**толщина задней стенки левого желудочка в диастолу (Тзслж)** - дистанция от эндокардиальной до эпикардиальной поверхностей задней стенки левого желудочка в диастолу (в мм);

**диаметр правого желудочка (Дпж)** - расстояние от передней стенки правого желудочка до передней поверхности межжелудочковой перегородки.



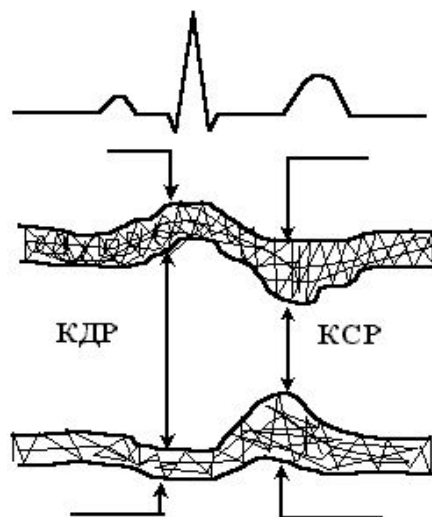
Для расчета конечного диастолического (КДО) и конечного систолического объема (КСО) левого желудочка предложено несколько формул.

Наиболее точной ? из них считается формула **L. Teichholtz (1972)**, основанная на предположении, что желудочек имеет эллипсоидную форму:

$$V = (7.0 / (2.4 + D)) \times D^3$$

где  $V$  — объем полости в миллилитрах;  $D$  — переднезадний размер полости ЛЖ в период систолы или диастолы в сантиметрах.

В норме  $V_d$  колеблется от 110 до 145 мл, а  $V_c$ —от 45 до 75 мл.



Разница конечного диастолического и конечного систолического объема определяет **ударный объем левого желудочка**.

**Минутный объем сердца** определяется как произведение ударного объема ЛЖ на ЧСС (число сердечных сокращений).

У здоровых лиц, его величина в среднем составляет 3,5-4,5 л/мин или 1,9-2,4 л/мин/м<sup>2</sup>.

Ударный объем (УО):

$$\text{УО} = \text{КДО} - \text{КСО} \text{ (в мл)}$$

Минутный объем кровообращения  
(МОК):

$$\text{МОК} = \text{УО} * \text{ЧСС}$$

Из полученных КСО и КДО легко рассчитать очень важный показатель – фракцию выброса (ФВ ЛЖ)

$$\text{ФВ} = (\text{КДО} - \text{КСО}) \times \text{КДО}$$

Снижение ФВ свидетельствует о неполном изгнании крови из полости желудочка и ассоциируется с увеличением КСО. Именно ФВ наиболее часто применяется в качестве критерия глобальной сократимости миокарда ЛЖ. Существует несколько вариантов расчета ФВ. Наиболее известна формула L. Teichholtz at all. , которая выглядит следующим образом:

$$\text{ФВ} = \{[7 \times (2,4 + \text{КДР})][\text{КДР}^3] - [7 \times (2,4 + \text{КСР})][\text{КСР}^3]\} \times \{[7 \times (2,4 + \text{КДР})][\text{КДР}^3]\}^{-1}$$

Однако применение этой формулы имеет свои ограничения – в случае наличия зон нарушения локальной сократимости точность вычисления ФВ значительно снижается. Несмотря на это (методика из-за своей простоты) по-прежнему продолжает использоваться для расчетов ФВ, особенно в нашей стране.

## Норма фракции выброса

Относительно **норм ФВ**, определенной с помощью эхокардиографического метода, окончательной ясности нет. Нижняя граница нормального значения ФВ, по данным различных исследований, колеблется от **45 до 60%**.

Наиболее распространенный вариант нижней границы нормы – **55%**.

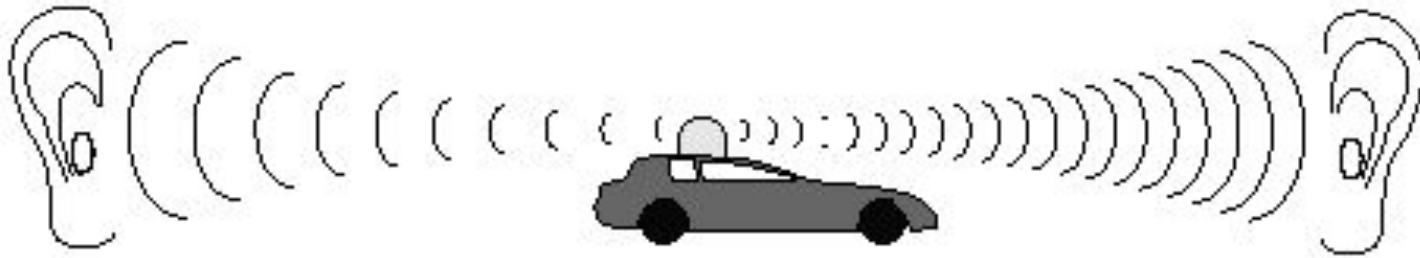
В то же время считается, что снижение ФВ ЛЖ ниже 40% указывает на **существенное снижение** систолической функции ЛЖ

# Доплеровские режимы исследования в эхокардиографии



# Эффект Доплера

Эффект Доплера описывает сдвиг частоты сигнала в зависимости от относительного движения источника и приемника. Так волна, посланная источником, который удаляется от приемника, будет приниматься им на меньшей частоте по сравнению с волной от неподвижного источника или от источника, приближающегося к приемнику. Если же приемник приближается к неподвижному источнику, то частота принимаемой им волны будет больше по сравнению с неподвижным приемником или приемником, удаляющимся от источника. Это явление обнаружил **Христиан Доплер** в 1842 году.





# Доплеровские режимы

Импульсный доплер (PW - pulsed wave) – спектральный доплеровский анализ

Импульсный высокочастотный доплер (HFPW - high frequency pulsed wave)

Постоянноволновой доплер (CW - continuouse wave)

Цветовой доплер (Color Doppler)

Цветовой М-модальный доплер (Color M-mode)

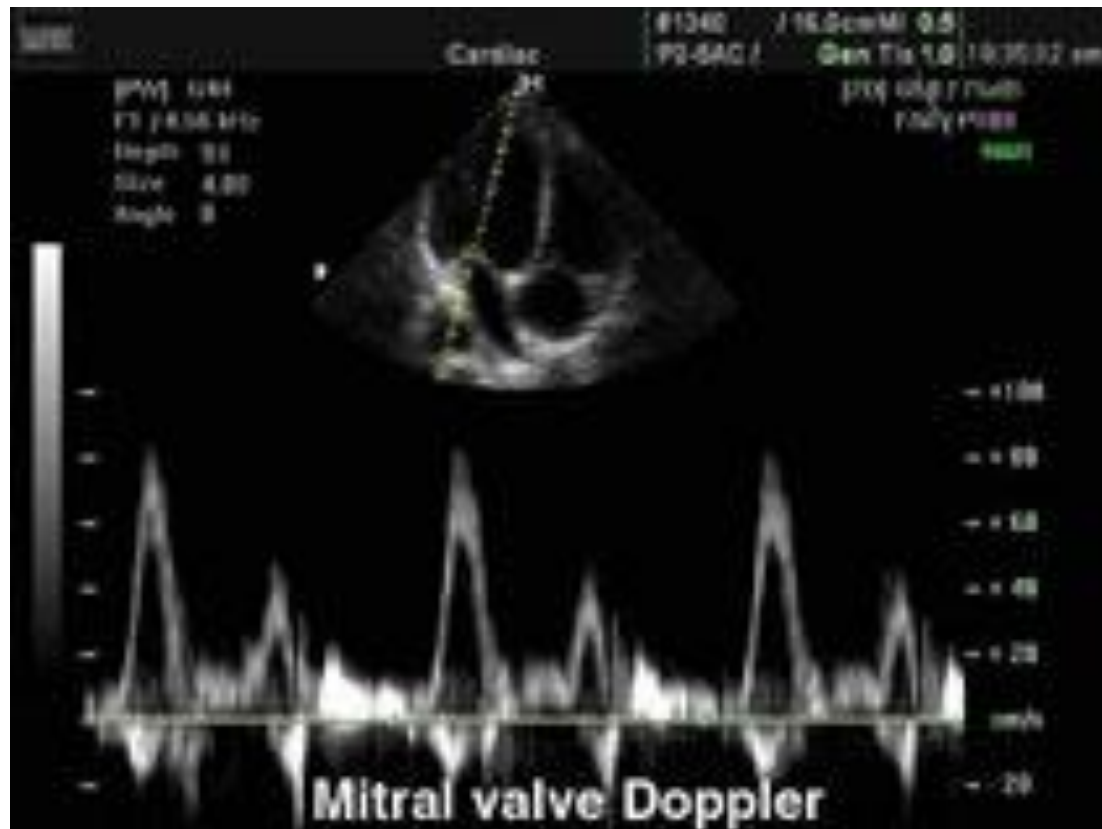
Энергетический доплер (Power Doppler)

Тканевой скоростной доплер (TissueVelocity Imaging)

Тканевой импульсный доплер (Pulsed Wave TissueVelocity Imaging)

## Импульсный доплер (Pulsed Wave, или PW)

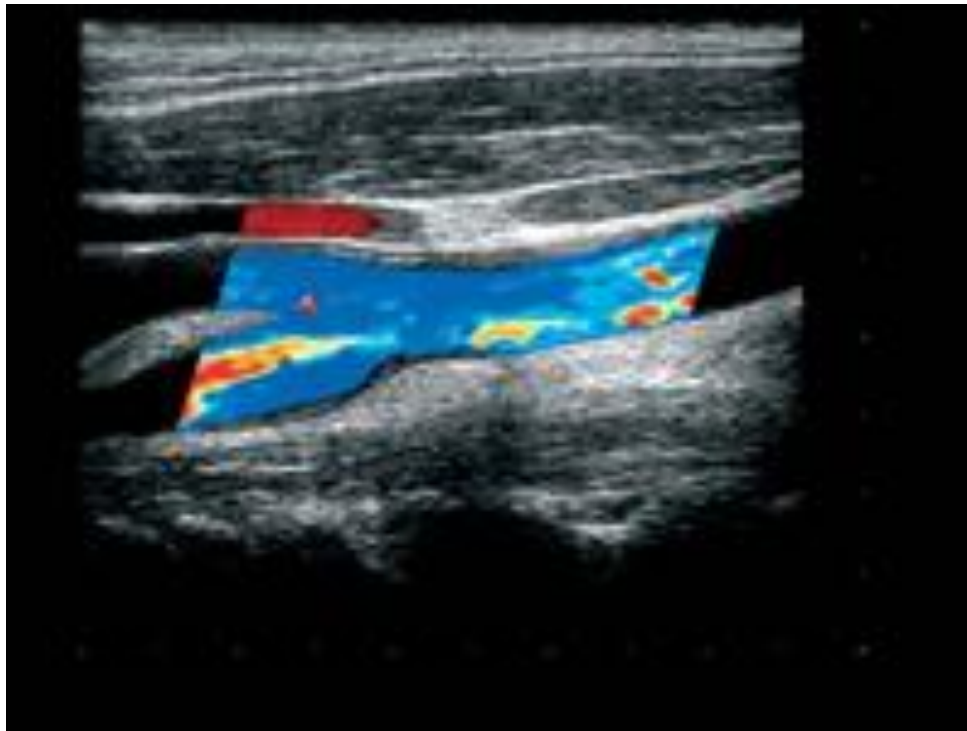
Графическая разверстка импульсно-волнового доплера отражает характер кровотока в конкретной данной точке, в месте установки контрольного объема. Точка установки контрольного объема называется базовой линией. По вертикали на графике откладывается скорость потока, по горизонтали - время.



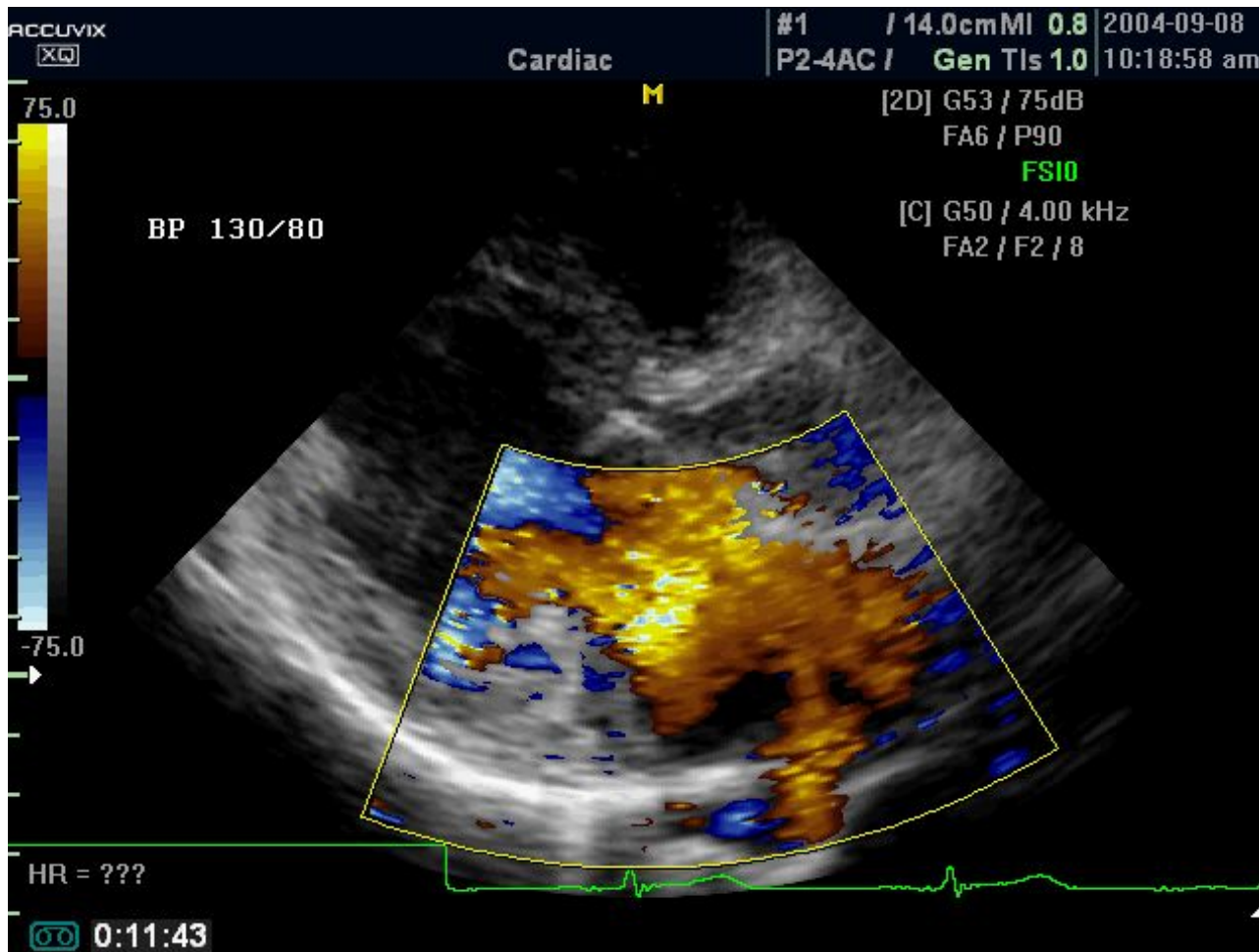
## Цветной доплер

Цветное доплеровское картирование кровотока (**ЦДК**) - это ультразвуковая технология визуализации кровотока, основанная на регистрации скоростей движения крови, кодировании этих скоростей разными цветами и наложении полученной картины на двухмерное черно-белое изображение исследуемого объекта.

В англоязычной литературе наиболее часто используются термины **Colour Doppler Imaging (CDI)** и **Colour Flow Imaging (CFI)**



Кровоток к датчику принято картировать **красным цветом**, от датчика - **синим цветом**. Турбулентный кровоток картируется сине-зелено-желтым цветом





**SonoScape**



## Энергетический доплер

**Энергетическое доплеровское картирование кровотока – ЭДК** (power doppler) - качественная оценка низкоскоростного кровотока, применяется при исследовании сети мелких сосудов (щитовидная железа, почки, яичник), вен (печень, яички) и др. Более чувствителен к наличию кровотока, чем цветовой доплер.

На эхограмме обычно отображается в **оранжевой палитре**, более яркие оттенки свидетельствуют о большей скорости кровотока. Главный недостаток - отсутствие информации о направлении кровотока.

В настоящее время энергетический доплер используют в сочетании с контрастными веществами (левовист и др.) для изучения **перфузии миокарда**.



# Энергетический доплер



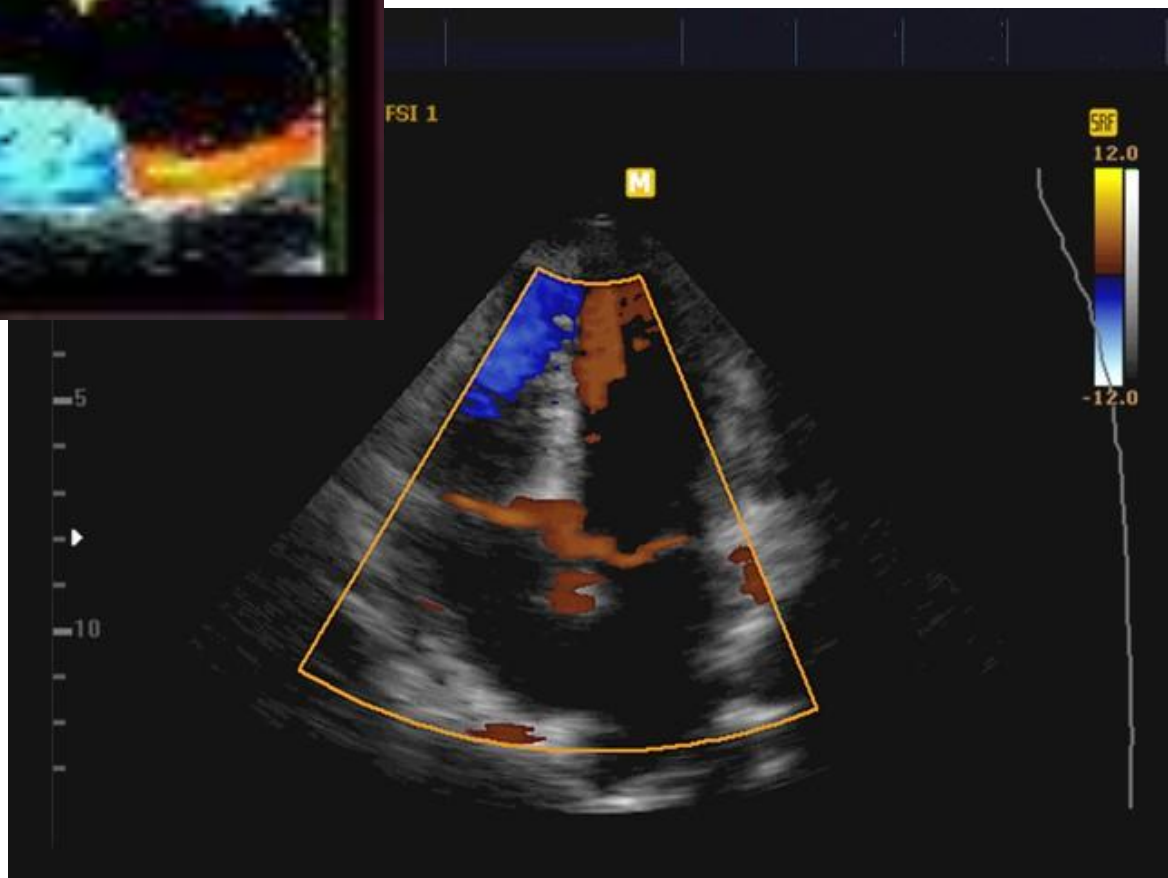
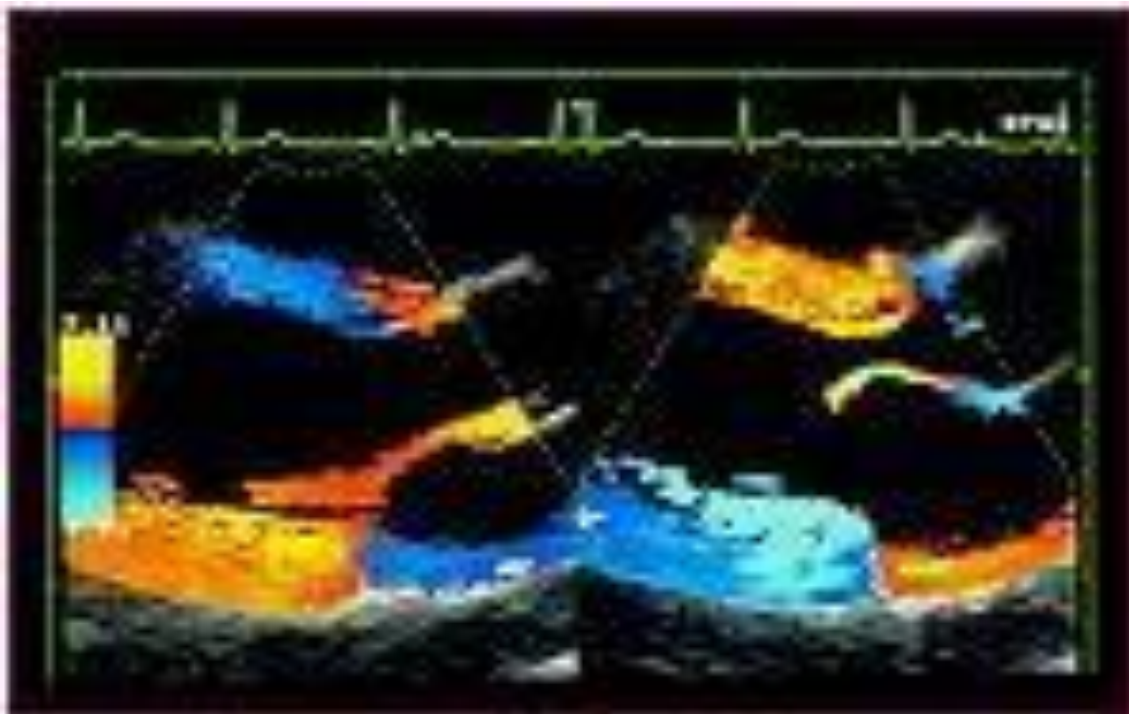
## Тканевой доплер

**Тканевой доплер** – или тканевая цветовая доплерография (Tissue Velocity Imaging) основан на картировании направления **движения тканей** определенным цветом. Применяется совместно с импульсным доплером в эхокардиографии для оценки сократительной способности миокарда.

Красным цветом обозначают движение к датчику, синим – от датчика. Изучая направления движения стенок левого и правого желудочков в систолу и диастолу с помощью TVI можно обнаружить скрытые зоны нарушения локальной сократимости. Совмещение двухмерного исследования в режиме TVI с M-модальным увеличивает точность диагностики.

**Тканевой импульсный доплер** (Pulsed Wave Tissue Velocity Imaging). Позволяет оценить графически характер движения стенки желудочков в **конкретной данной точке**. Выделяют систолический компонент, ранний и поздний диастолический компоненты. Данный вариант доплера позволяет проводить картирование миокарда и увеличивает точность диагностики у больных с ишемической болезнью сердца.

# Тканевой доплер



# Области применения ДЭХОКГ:

Выявляет регургитантные потоки

Выявляет и количественно оценивает шунтовые потоки

Выявляет и количественно оценивает величину препятствия току крови (градиент обструкции)

Позволяет более точно оценить систолическую и диастолическую функции камер сердца

Уточняет топоку порока, в том числе пороков не визуализируемых с помощью двухмерного ЭхоКГ исследования.

# Наиболее информативно использование всех трех режимов эхокардиографического исследования

Двухмерная Эхо-КГ (В-режим) обеспечивает достаточно большую область сканирования, поиск наиболее оптимального направления ультразвукового луча и определение распространенности поражения.

Одномерная эхокардиограмма (М-режима), отличающаяся высокой разрешающей способностью, дает возможность измерить конкретные показатели, характеризующие анатомическое и функциональное состояние тех или иных структур.

Наконец, доплерэхокардиограмма позволяет оценить величину и направление кровотока, показатели диастолической и систолической функции и др.

## Стресс-эхокардиография

Возможности ультразвукового метода исследования в диагностике ИБС существенно расширяются при использовании метода **стресс-эхокардиографии** - регистрации нарушений локальной сократимости миокарда с помощью двухмерной эхокардиографии во время нагрузки.

Чаще используют **динамическую физическую** нагрузку (тредмил или велоэргометрия в сидячем или лежащем положении), пробы с дигипиридамом, добутамином или чреспищеводную электростимуляцию сердца (ЧПЭС).

Способы проведения нагрузочных тестов и критерии прекращения пробы не отличаются от таковых, используемых при классической электрокардиографии.

## **Показаниями для стресс-эхокардиографии являются следующие ситуации:**

Неинформативная электрокардиографическая проба с физической нагрузкой при подозрении на ишемическую болезнь сердца (стенокардию).

Наличие на ЭКГ изменений, которые могут препятствовать правильной оценке результатов обычной пробы с физической нагрузкой (нарушение внутрисердечной проводимости, выраженная гипертрофия левого желудочка сердца, длительный прием таких лекарственных препаратов, как дигоксин).

Оценка результатов аортокоронарного шунтирования и других операций на сердечных сосудах и сердце.

Решение вопроса о жизнеспособности сердечной мышцы, сократимость которой нарушена по данным обычной эхокардиографии.

Определение группы риска после перенесенного инфаркта миокарда.

**Однако к методу существуют многочисленные противопоказания!**



## Стресс-эхокардиография: методика

Двухмерные эхокардиограммы регистрируют в **горизонтальном положении** пациента до начала исследования и сразу после окончания нагрузки (60–90 с).

Для выявления нарушений локальной сократимости миокарда используют специальные компьютерные программы, позволяющие оценить **степень изменения движения миокарда и его утолщения** во время нагрузки (“стресса”) в 16 предварительно визуализированных сегментов ЛЖ.

Результаты исследования практически **не зависят от вида нагрузки**, хотя более удобной является ЧПЭС и дипиридамоловая или добутаминовая пробы, поскольку все исследования проводятся в горизонтальном положении пациента. Чувствительность и специфичность стресс-эхокардиографии в диагностике ИБС достигает **80–90%**.

## **Чреспищеводная эхокардиография**

ЧПЭхоКГ - метод, при котором ультразвуковой (УЗ) датчик располагается в пищеводе в непосредственной близости от левого предсердия (расположенного спереди от пищевода) и нисходящей аорты (расположенной сзади от пищевода).

Применение ЧПЭхоКГ в клинической практике доказало его значимость в диагностике заболеваний аорты, инфекционного эндокардита, врожденных пороков сердца, новообразований сердца и средостения, а также при оценке состояния клапанных протезов, для выявления внутрисердечных источников эмболий и т.д.

Учитывая полуинвазивный характер исследования и неудобства, причиняемые пациенту показания к проведению ЧПЭхоКГ должны быть обоснованы результатами предварительного тщательного эхокардиографического обследования.

## Чреспищеводная эхокардиография

Этот метод исследования дает максимальное разрешение структур сердца. В частности, только методом чреспищеводной эхокардиографии можно выявить наличие тромбов в ушках предсердий.

Значительно лучше, чем при трансторакальном исследовании, при чреспищеводной эхокардиографии обнаруживаются образования в камерах сердца (тромб, опухоль), детально описываются их размеры, конфигурация, место прикрепления.

Чреспищеводная эхокардиография является лучшим методом для обнаружения и описания вегетаций на створках клапанов сердца, врожденных и приобретенных пороков сердца, состояния протезов сердечных клапанов.



## Ургентные состояния в эхокардиографии

1. **Тампонада** сердца.
2. **Разрыв** МЖП – визуализация дефекта в В-режиме, патологический шунтирующий систолодиастолический поток крови при импульсно-волновом, непрерывноволновом и цветовом доплеровских режимах. Большой шунт – дилатация правых отделов сердца (см. ДМЖП)
3. **Посттравматический** острый инфаркт миокарда
4. **Отрыв** хорд, папиллярных мышц клапана.
5. Диагностика **инородных тел** в полостях сердца (электрод, катетер).
6. Диагностика **аневризмы** грудного отдела аорты.