

**ДВУХМЕРНАЯ
ЭХОКАРДИОГРАФИЯ:
методика исследования,
исследование сердечных
структур в норме**

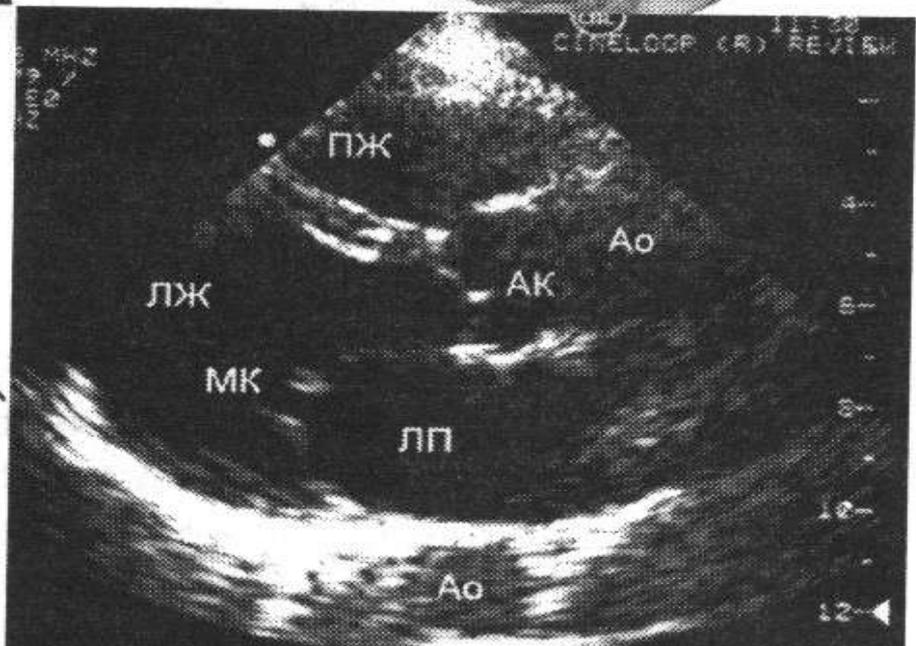
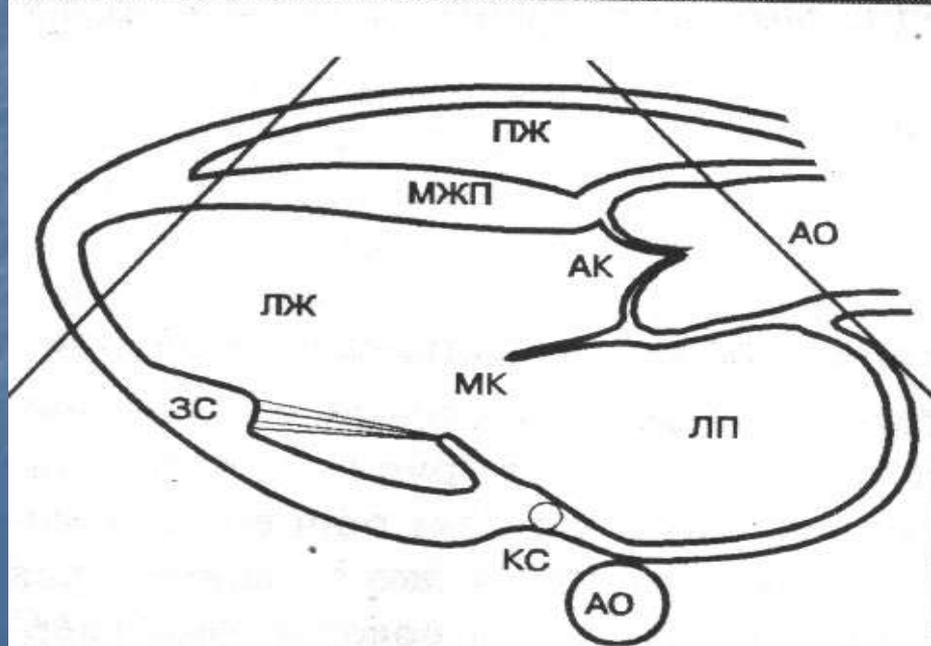
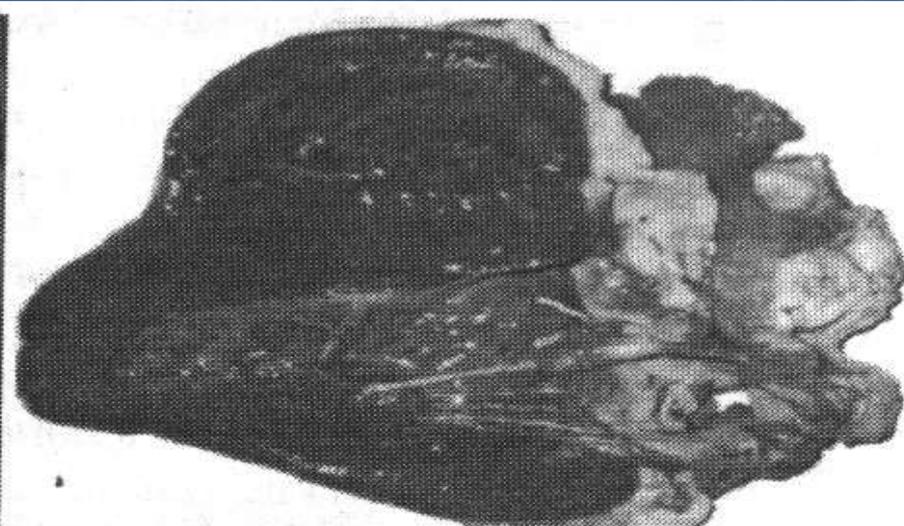
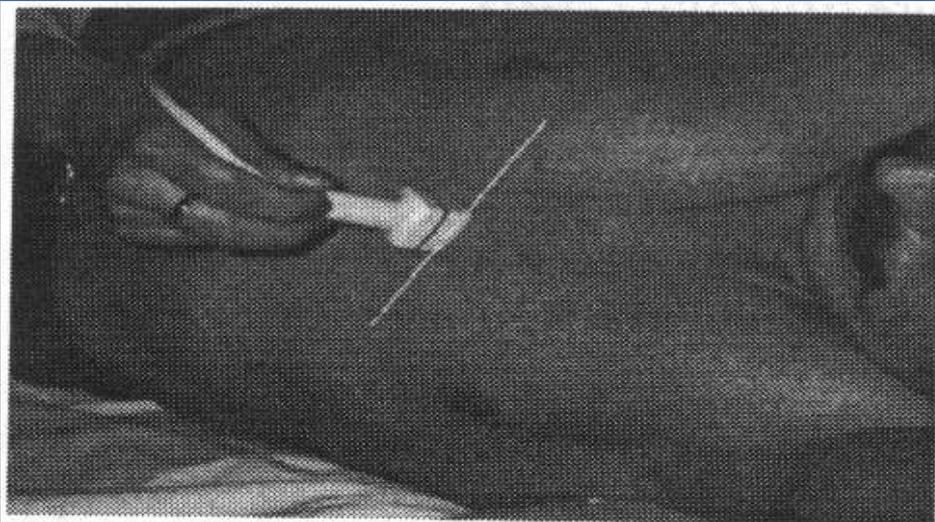
Доц. С.В. Поташев

**Кафедра кардиологии и функциональной
диагностики НМАПО им. П.Л. Шупика**

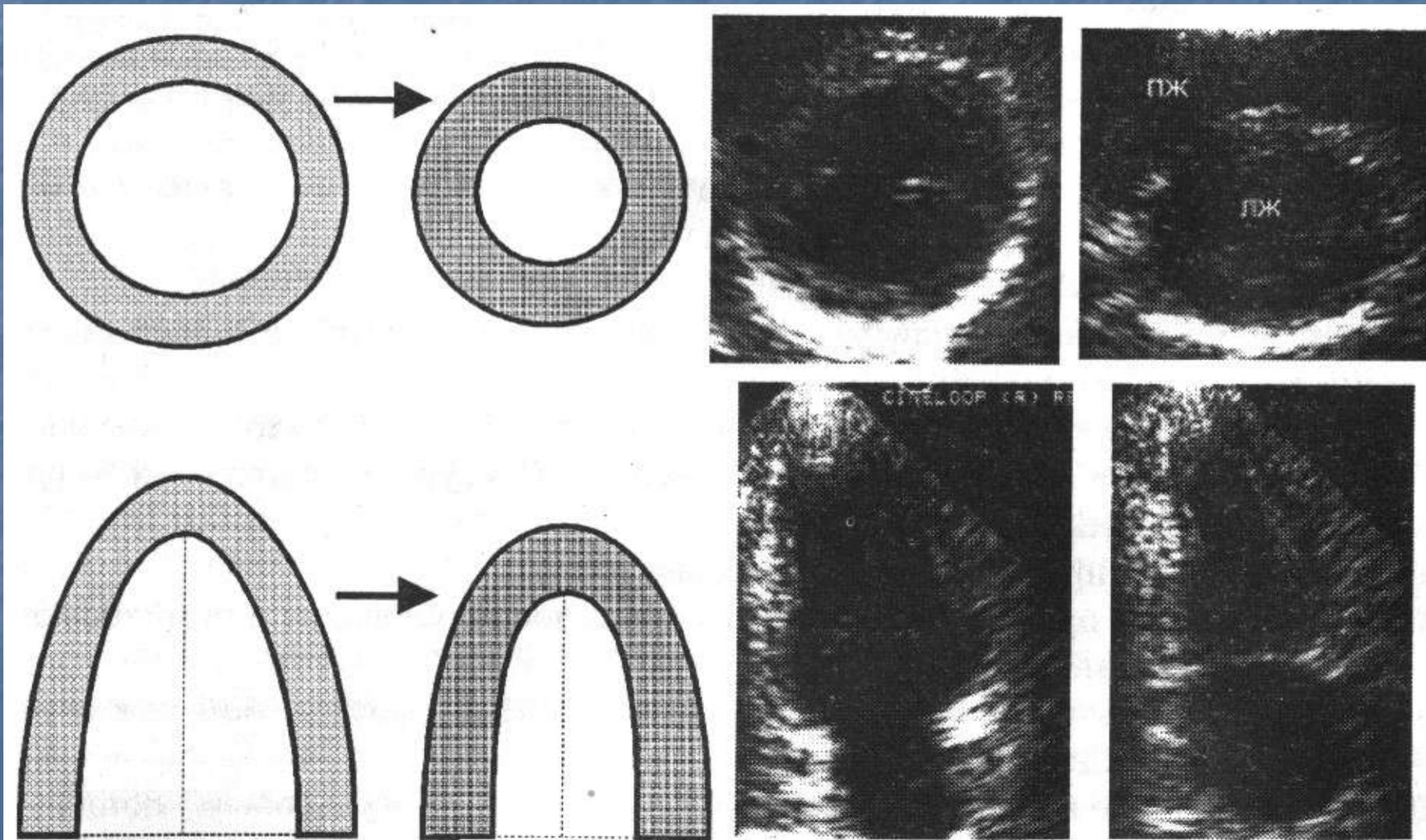
Доступы для получения ультразвукового изображения сердца:

1. парастернальный;
2. верхушечный;
3. субкостальный (подреберный);
4. супрастернальный (надгрудинный или яремный)

Изображение сердца из парастернального доступа по длинной оси



Схематическое изображение левого желудочка по его короткой и длинной оси в конце диастолы и систолы

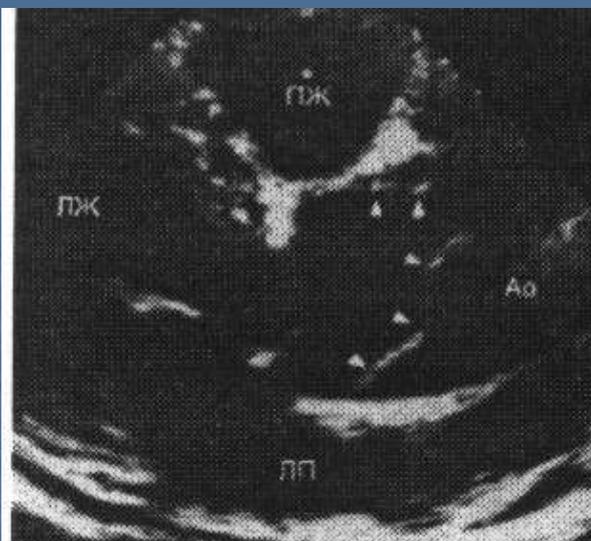


Ультразвуковой срез из парастернального доступа по длинной оси левого желудочка дает возможность:

- выявить патологию корня аорты (расширение, расслоение);
- выявить патологию аортального клапана (аномалии, кальциноз, вегетации, утолщение);
- выявить подклапанную обструкцию выхода из левого желудочка (мембранозный или мышечный стенозы);
- оценить функцию левого желудочка;
- отметить движение, амплитуду движения и толщину МЖП и задней стенки;

- выявить структурные изменения или расстройства функции митрального клапана или его поддерживающих структур (сухожильных хорд или папиллярных мышц);
- выявить расширение коронарного синуса;
- оценить левое предсердие и выявить объемное образование в нем (тромб, миксома или мембрана);

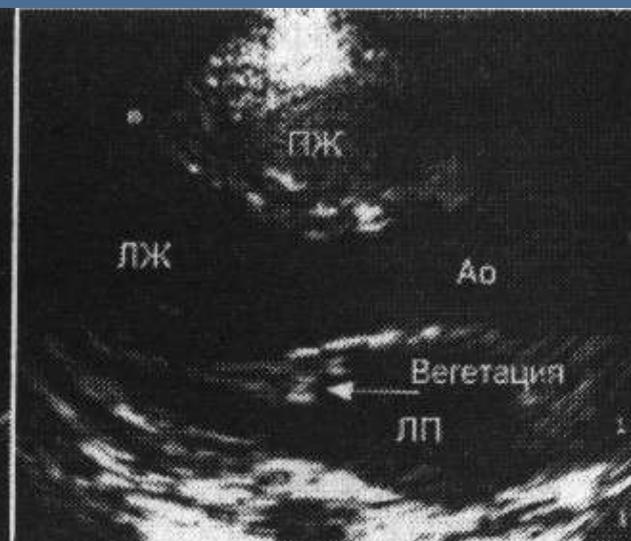
- провести качественную доплеровскую оценку митральной или аортальной недостаточности;
- выявить мышечные дефекты МЖП цветным (или пульсовым) доплеровским методом и измерить величину систолического градиента давления между желудочками (постоянным доплеровским методом).



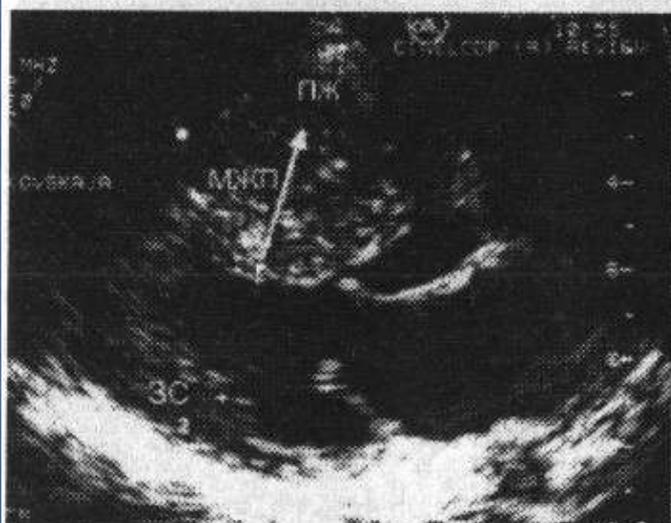
а



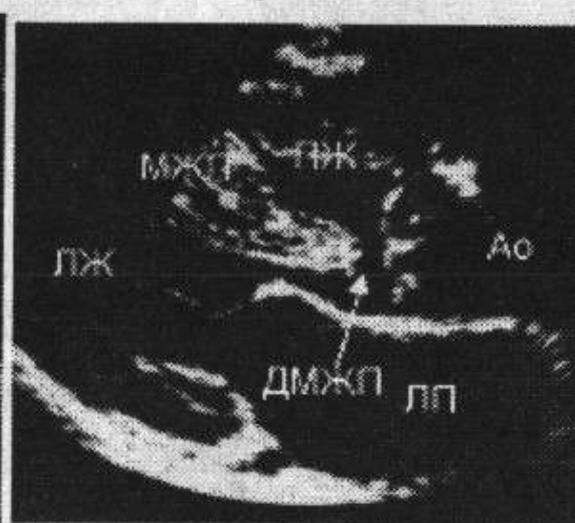
б



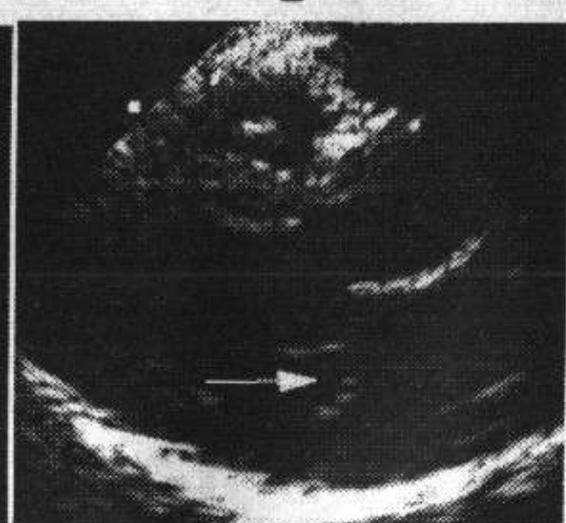
в



г



д

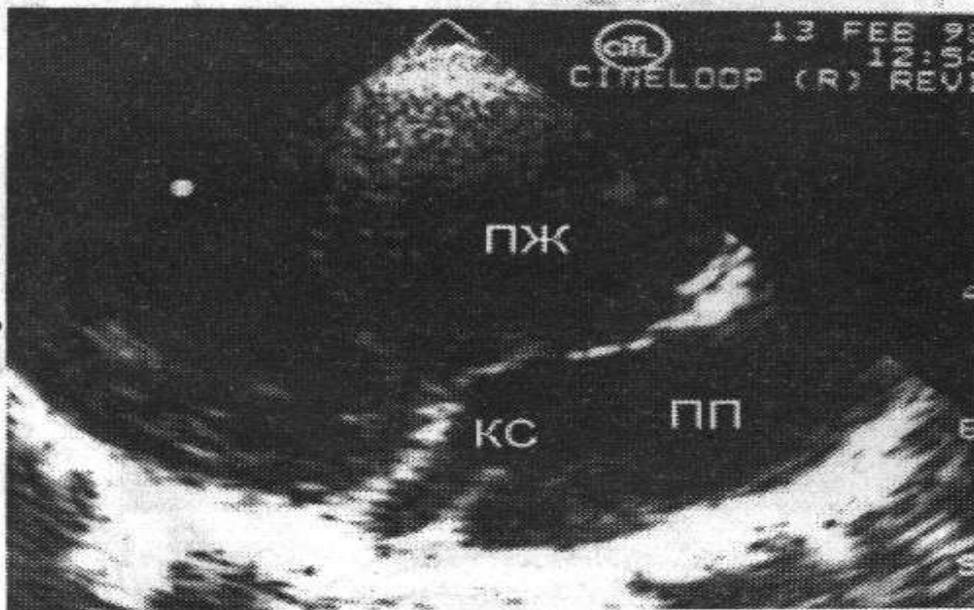
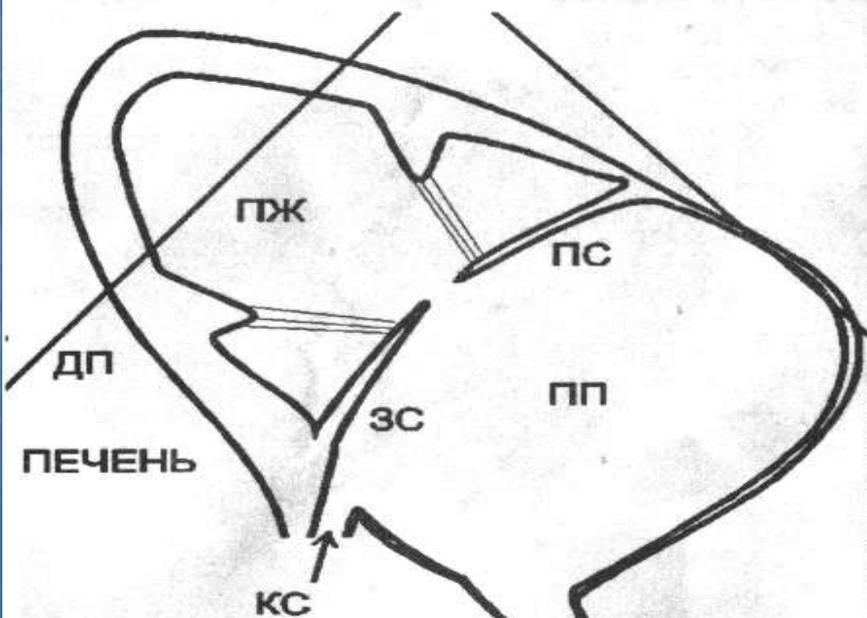
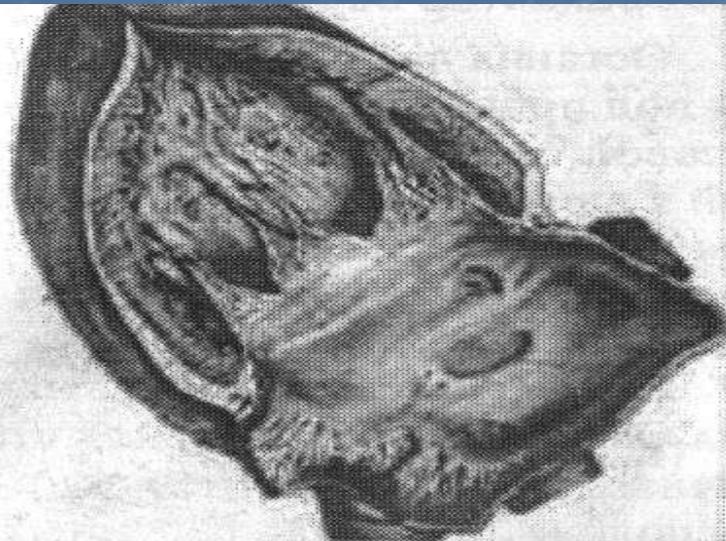
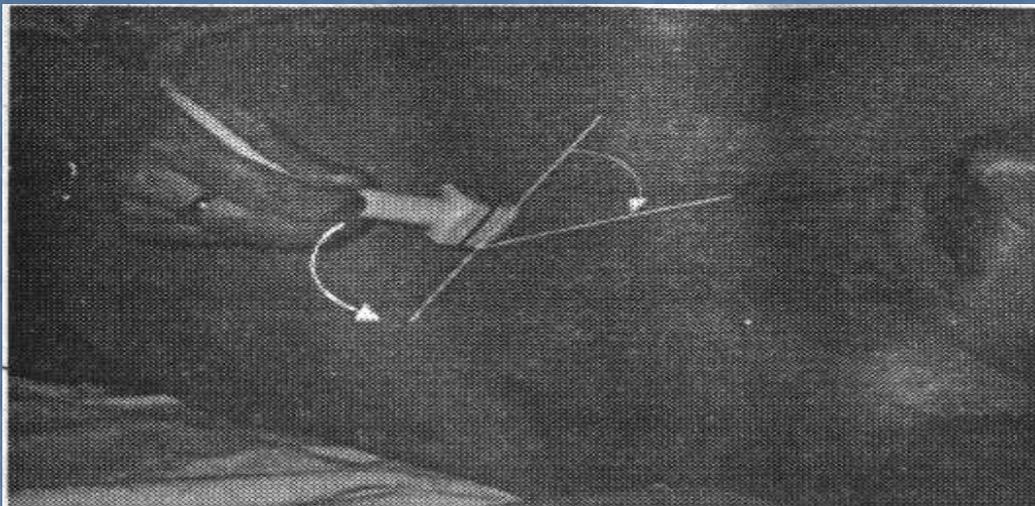


е

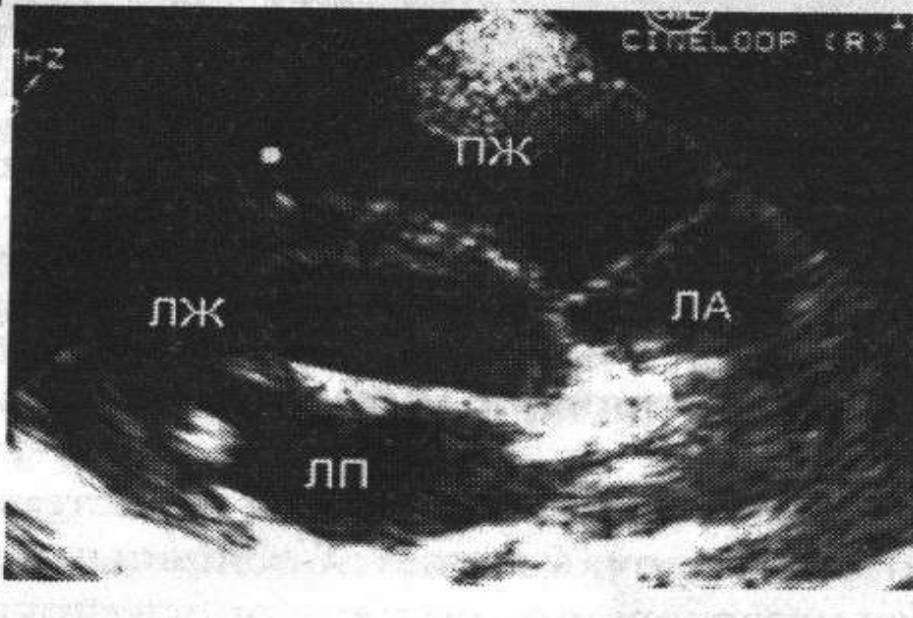
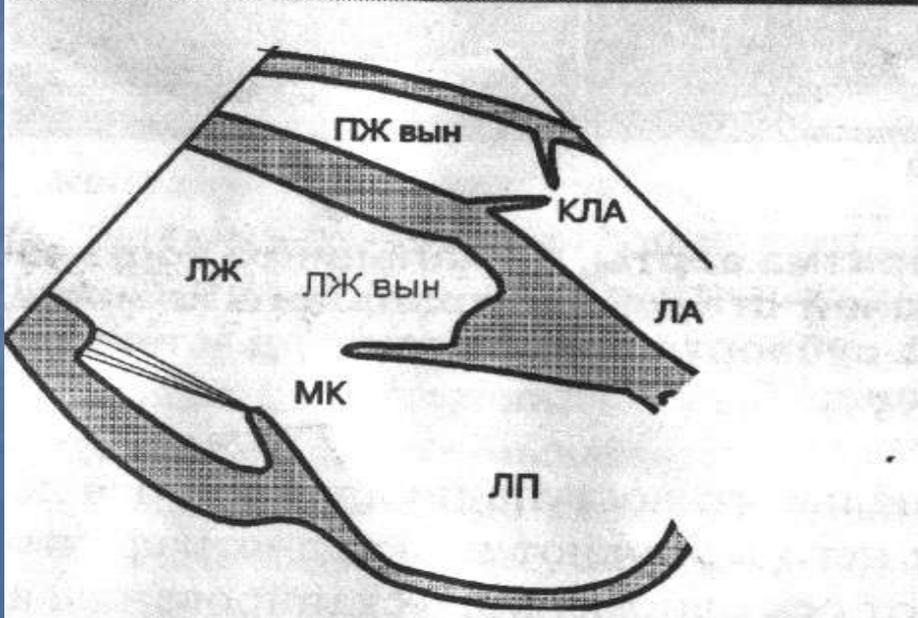
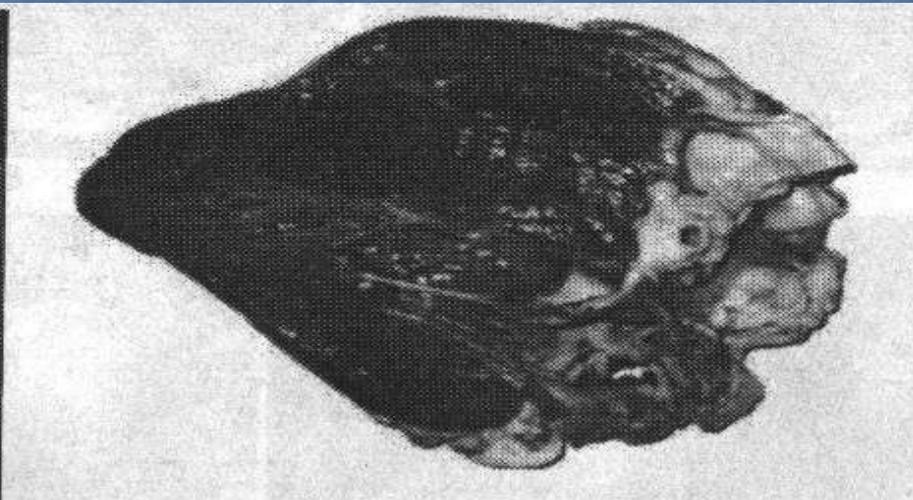
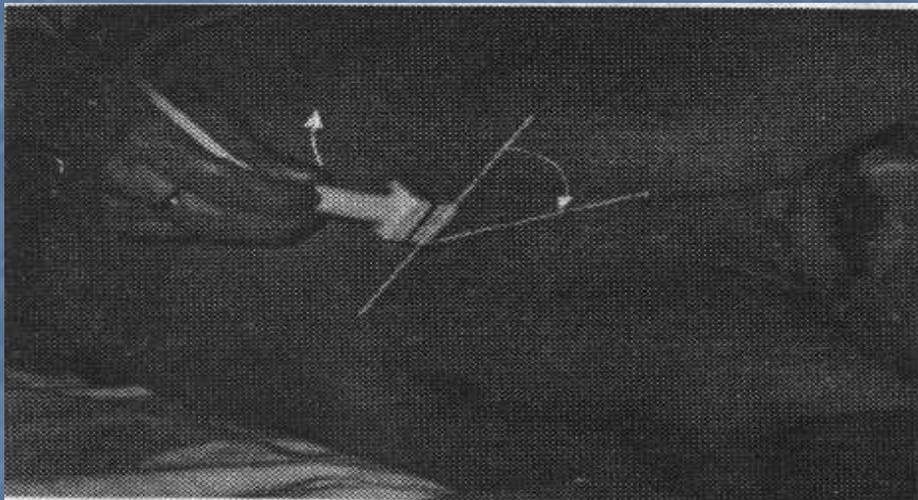
Ультразвуковой срез клапана ЛА и выносящего тракта ПЖ дает ВОЗМОЖНОСТЬ:

1. оценить выносящий тракт правого желудочка;
2. определить движение и состояние створок клапана легочной артерии;
3. увидеть проксимальный отдел легочной артерии;
4. проводить измерения доплеровских показателей потока крови через клапан легочной артерии.

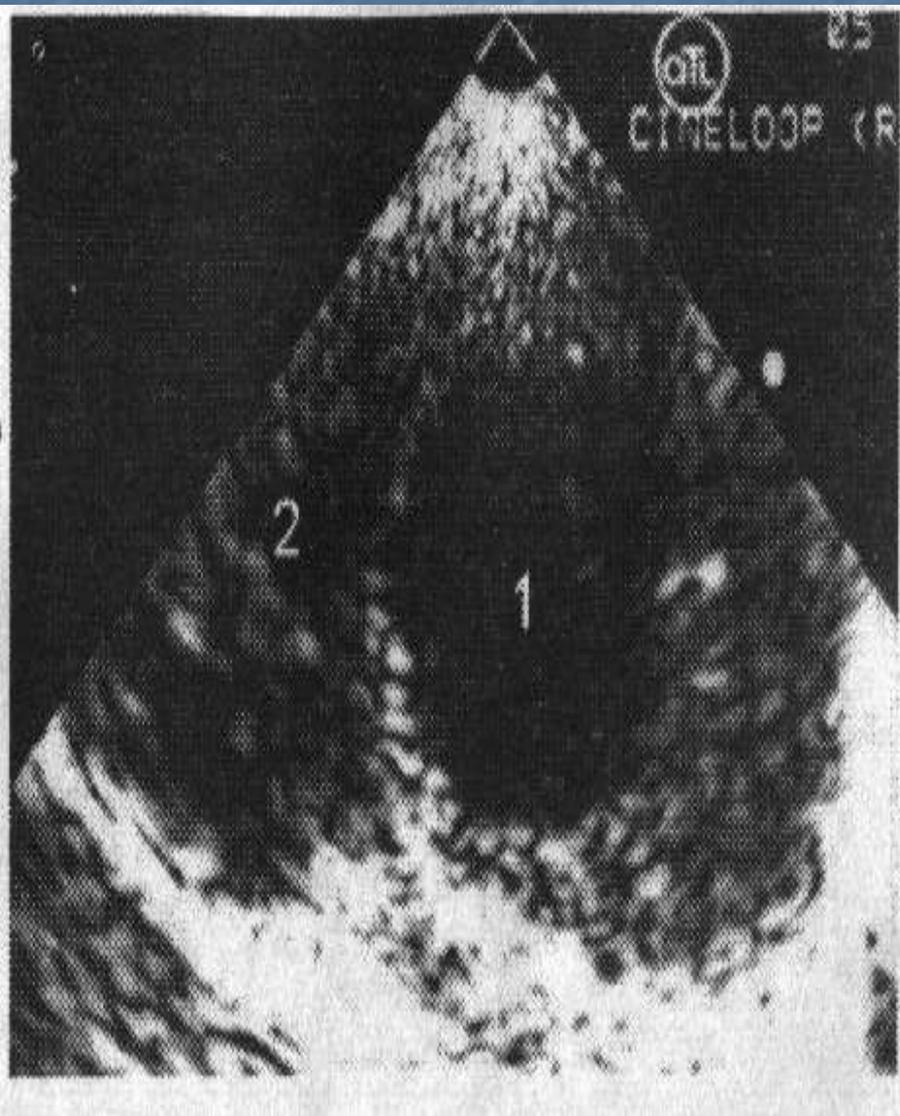
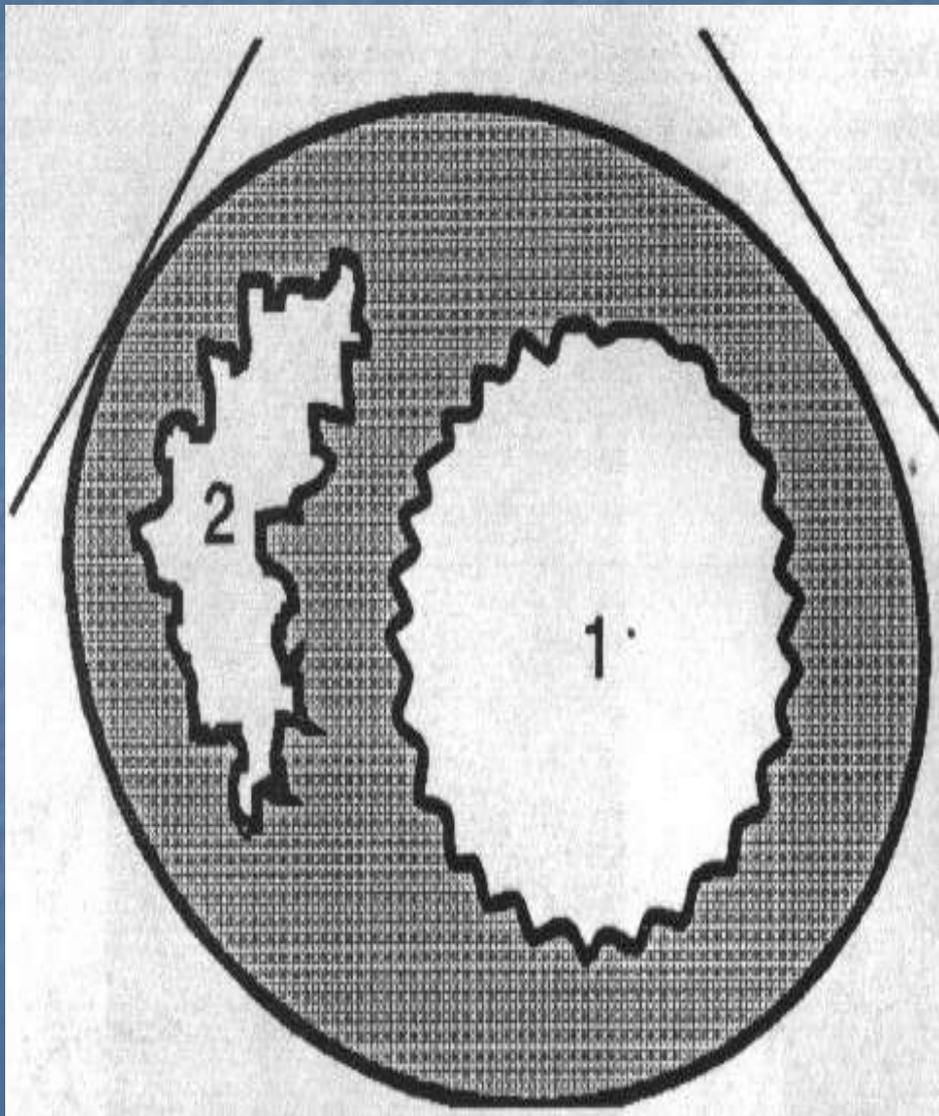
Парастернальное изображение входного тракта правого желудочка по длинной оси



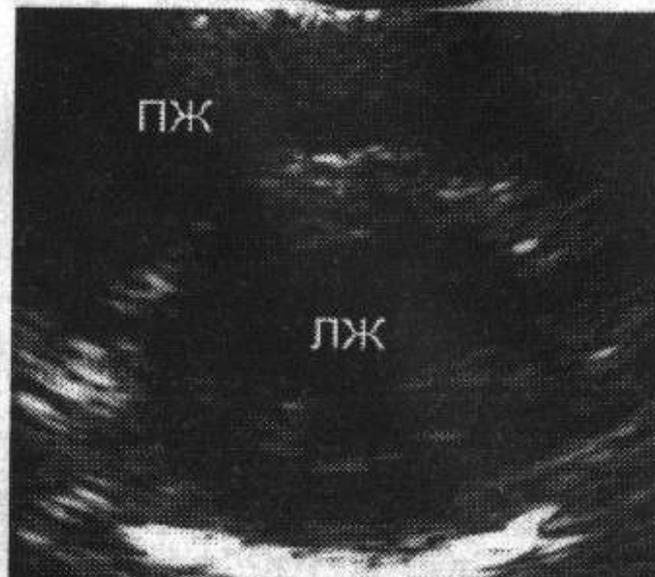
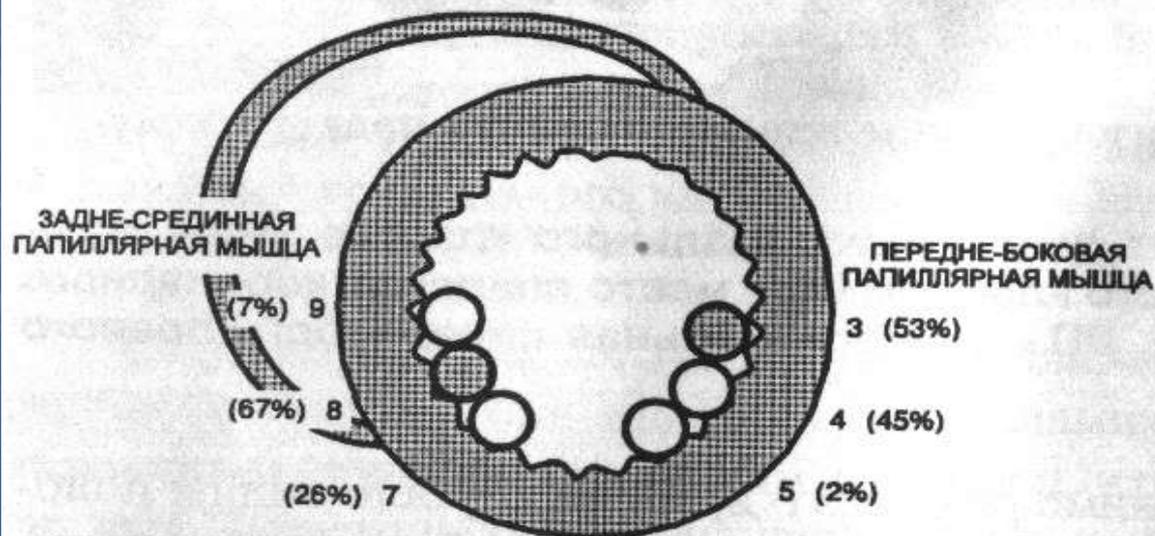
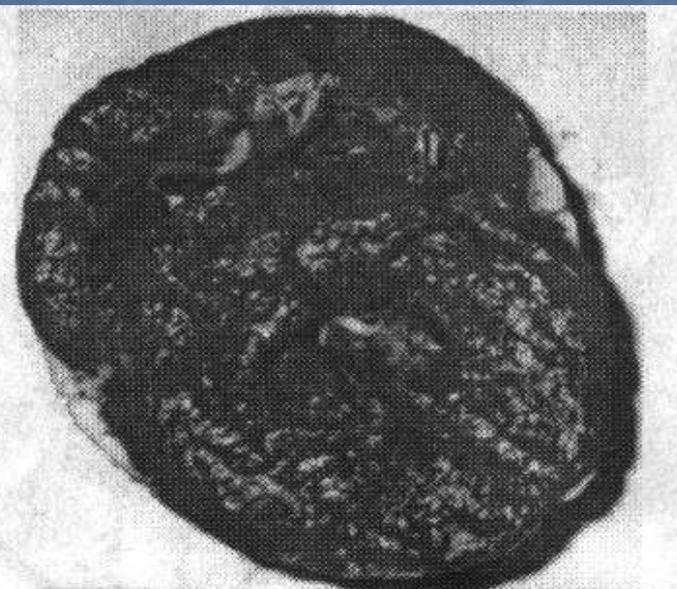
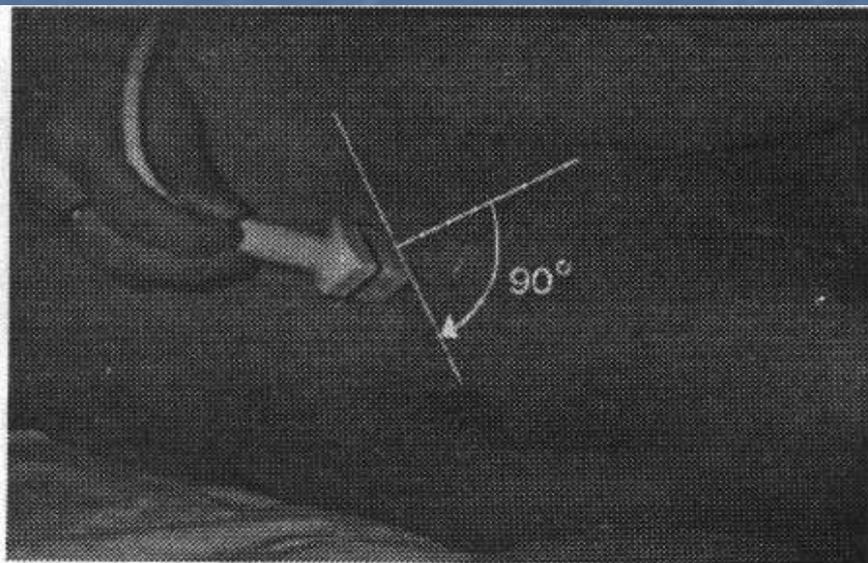
Выносящий тракт правого желудочка из парастернального доступа по длинной оси



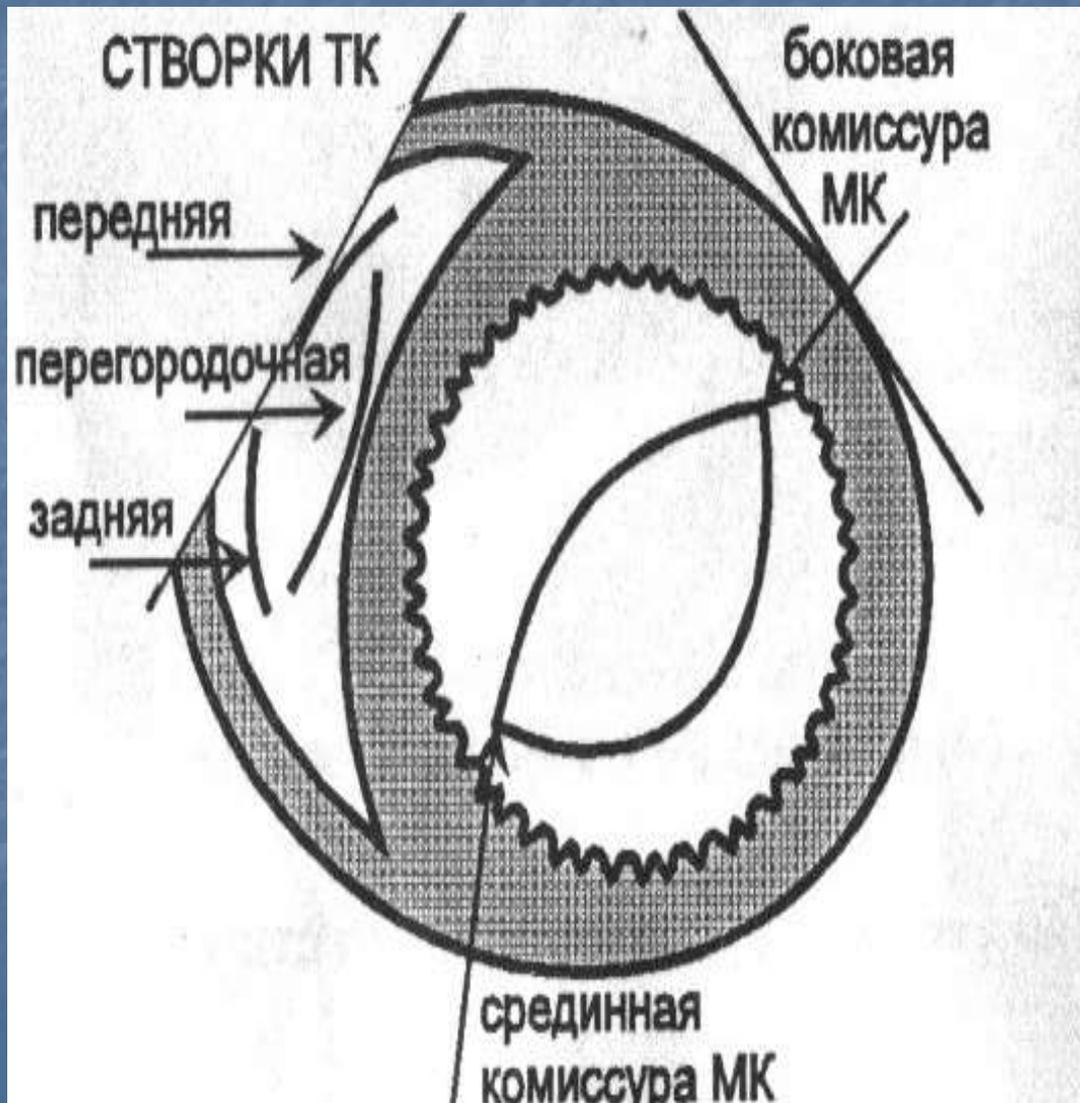
Срезы из парастернального доступа по короткой оси



Срезы из парастернального доступа по короткой оси



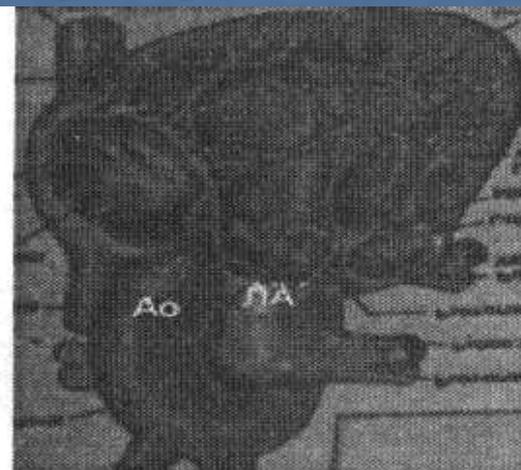
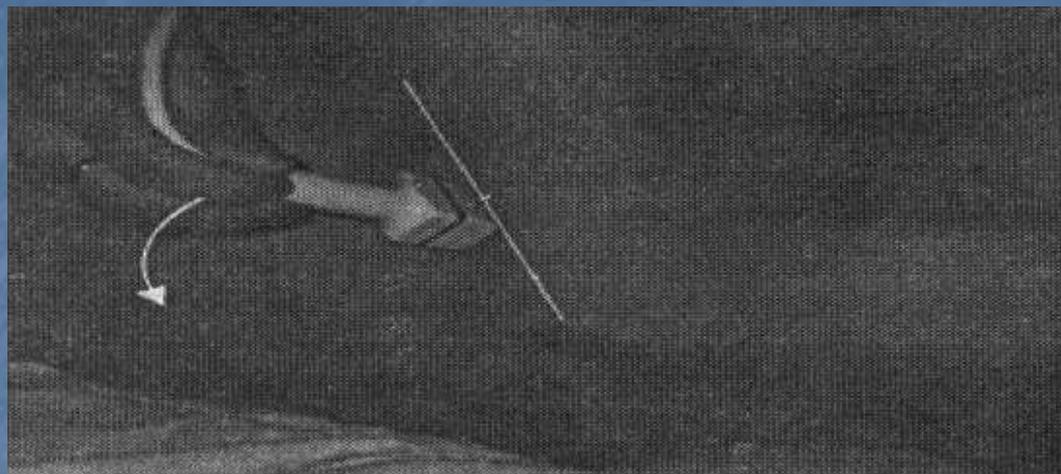
Срезы из парастернального доступа по короткой оси



Уровень митрального клапана

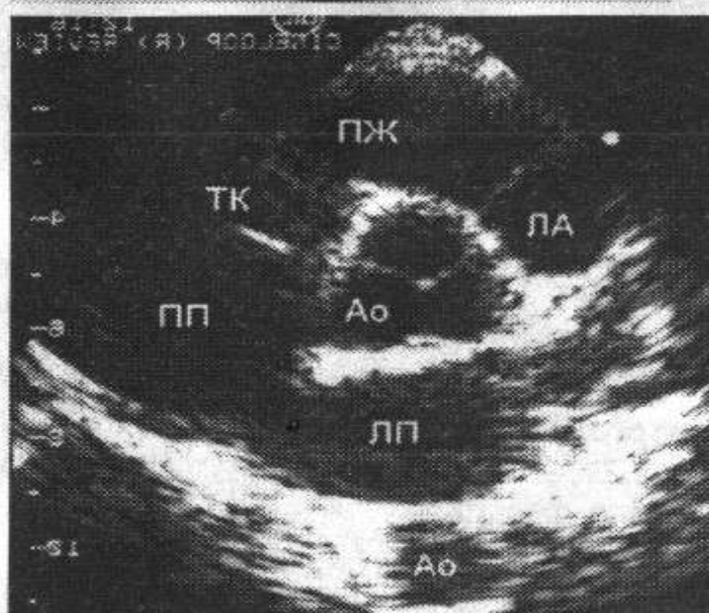
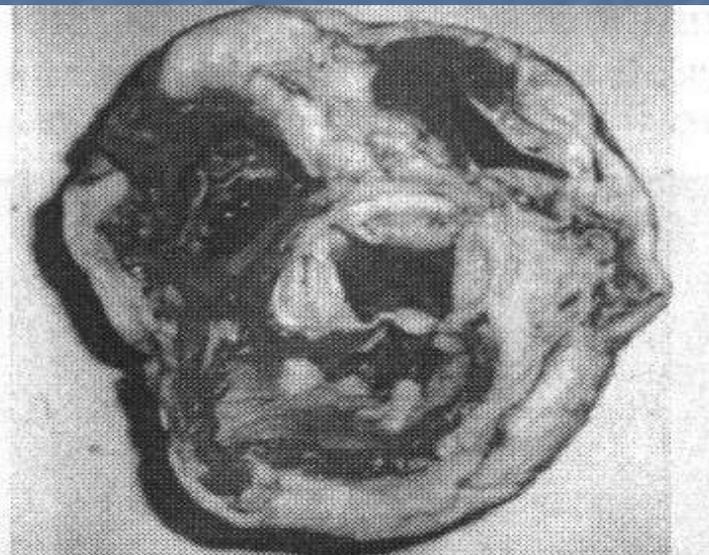
- 1) нормальное движение створок митрального и трикуспидального клапанов;
- 2) равномерная циркулярная сократимость левого желудочка: все его стенки сокращаются, приближаясь к центру на одинаковое расстояние, одновременно утолщаясь;
- 3) МЖП принимает участие в систоле левого желудочка;
- 4) правый желудочек имеет серповидную или приближенную к треугольнику форму, его стенка сокращается в том же направлении, что и МЖП.

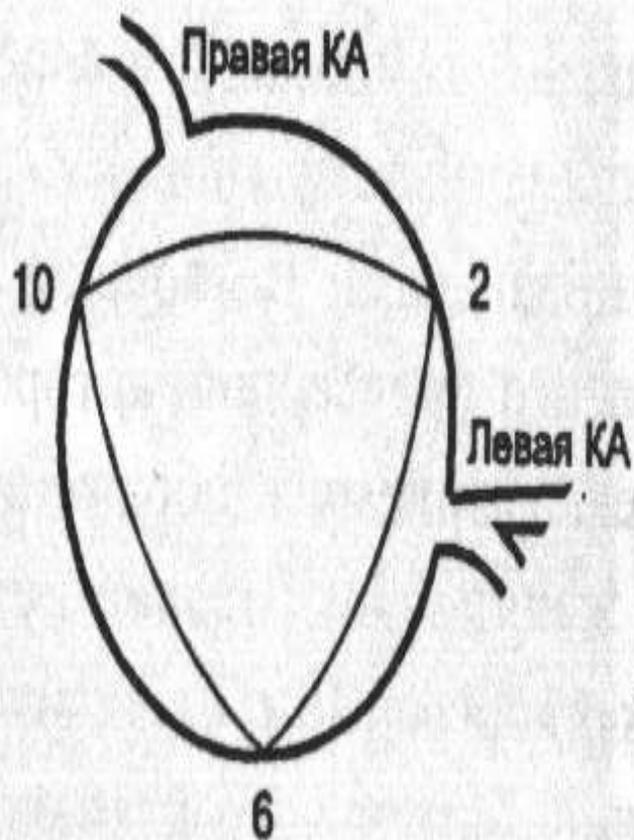
Срезы из парастернального доступа по короткой оси (аорта/легочная артерия)



- Диагностика Боталлова протока. Визуализация тромбоемболов

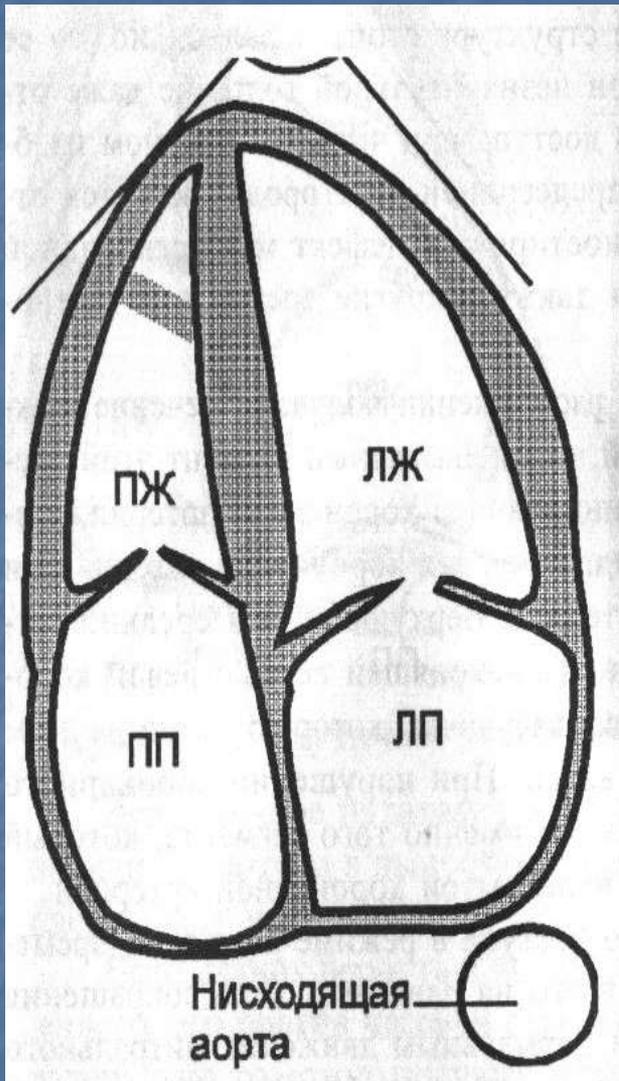
Срезы из парастернального доступа по короткой оси (аорта/легочная артерия)





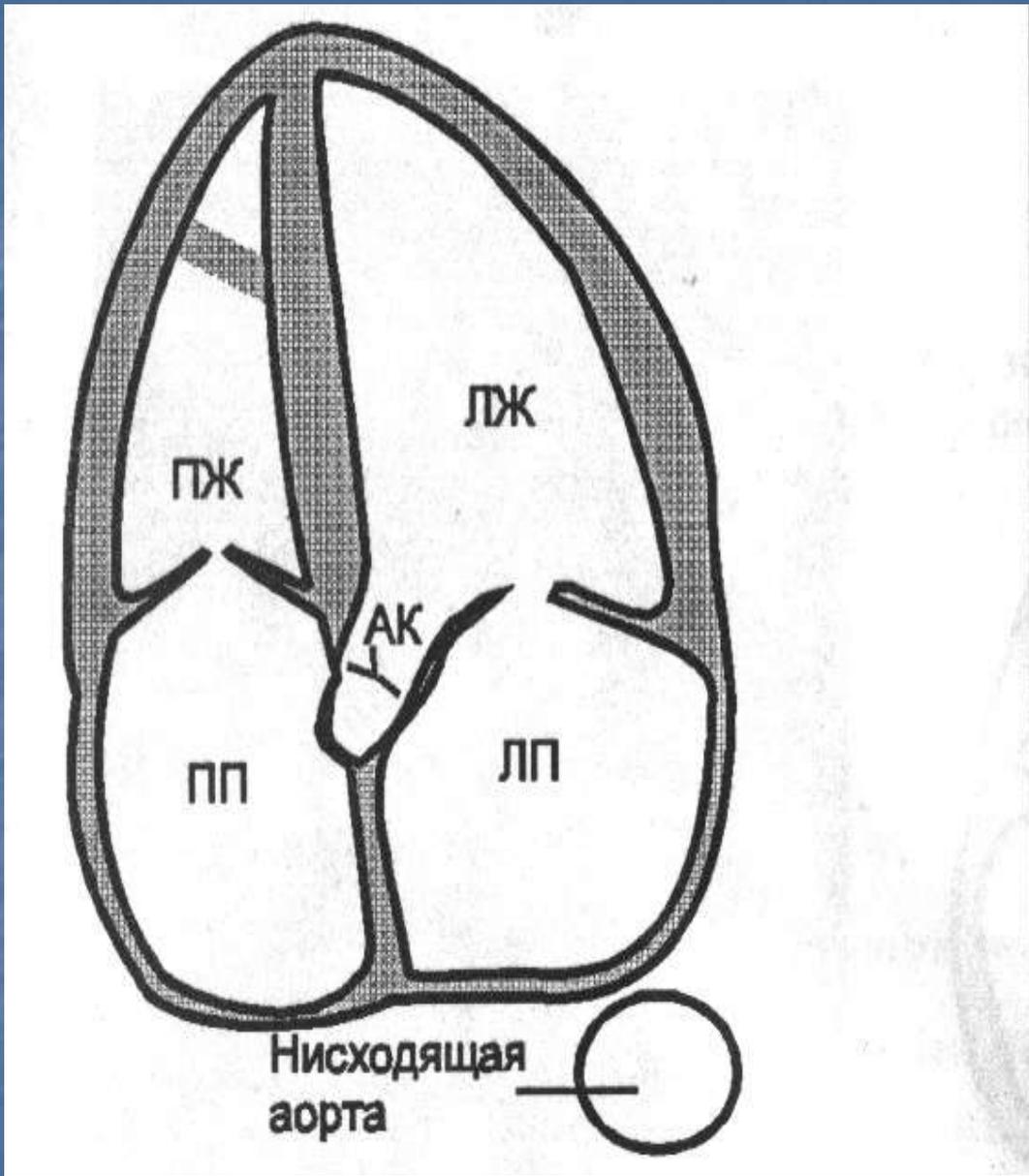
Парастернальное изображение сердца по короткой оси на уровне аортального клапана.

Верхушечные изображения

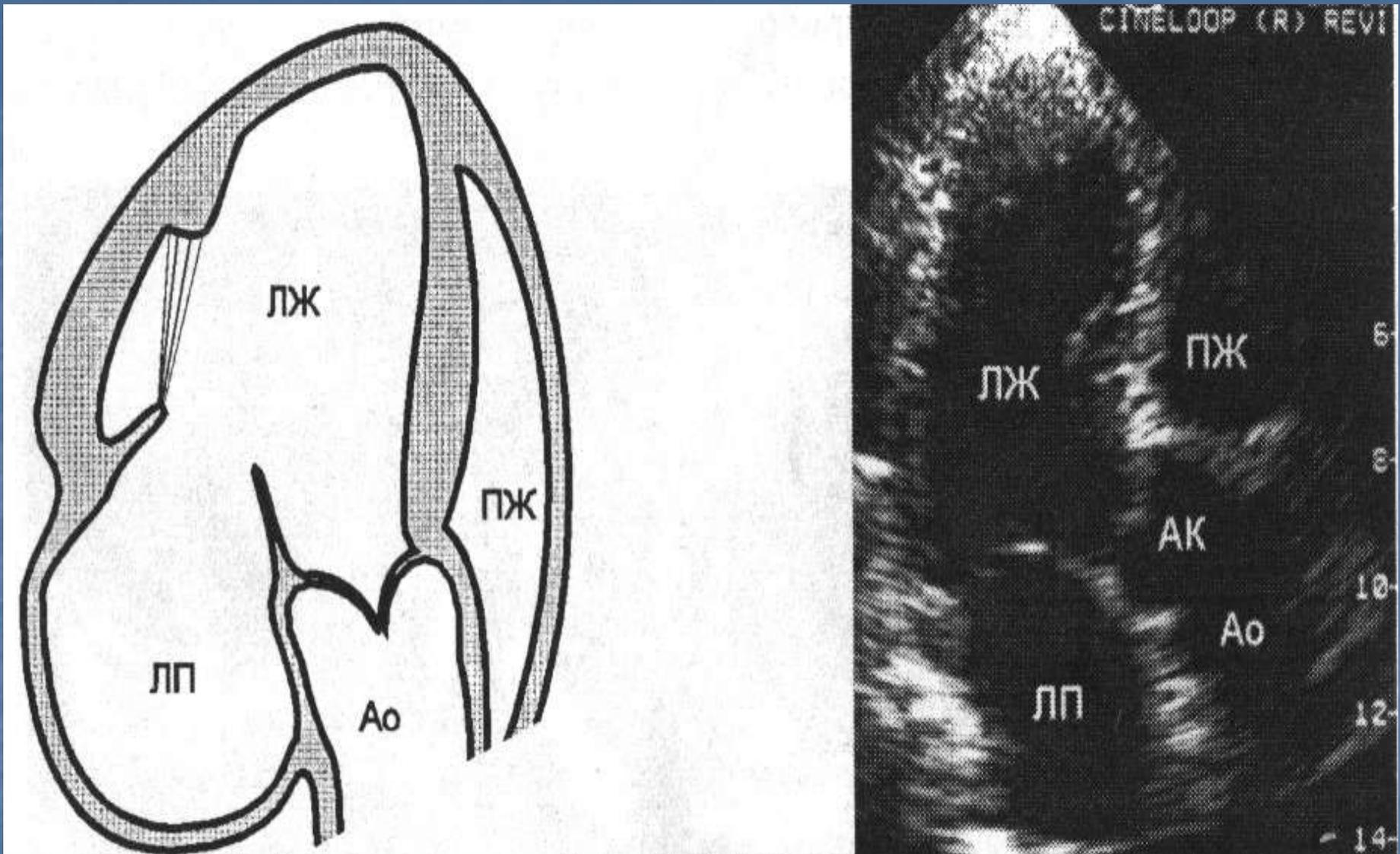


- Пациент на левом боку
- Датчик над верхушечным толчком, параллельно ребрам, «нацелен» на правую лопатку.

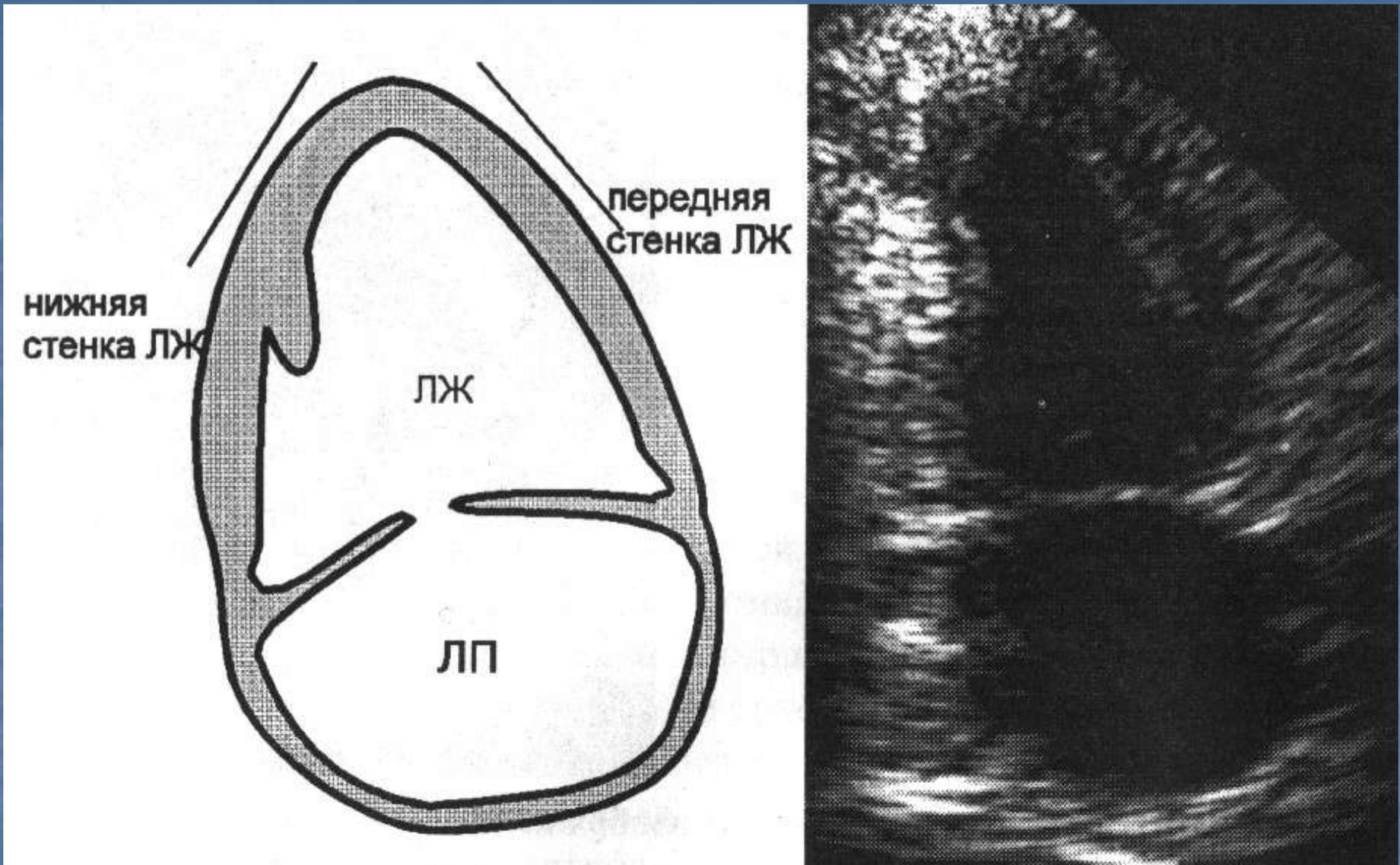
* Недостоверность доступа для выявления перегородочных дефектов



Верхушечное пятикамерное изображение.



**Верхушечное 3-камерное изображения ЛЖ по
длинной оси**



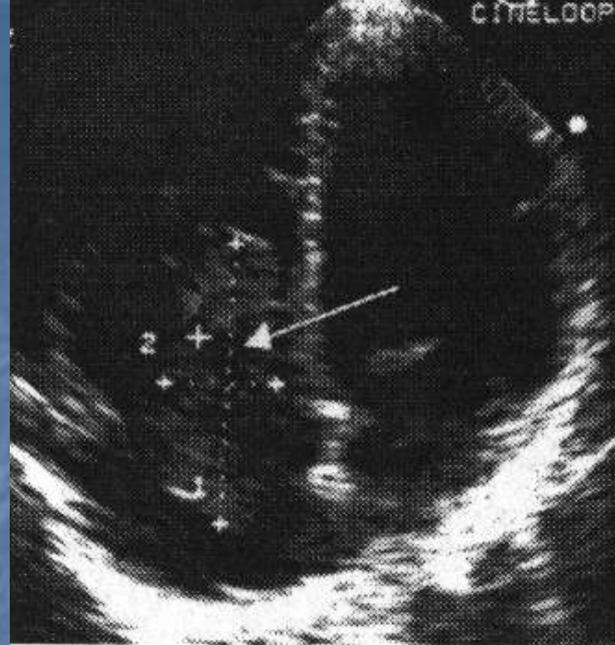
**Верхушечные 2-камерное изображения ЛЖ по
длинной оси**

■ Отличия правого желудочка от левого при 4-камерном сечении апикального доступа:

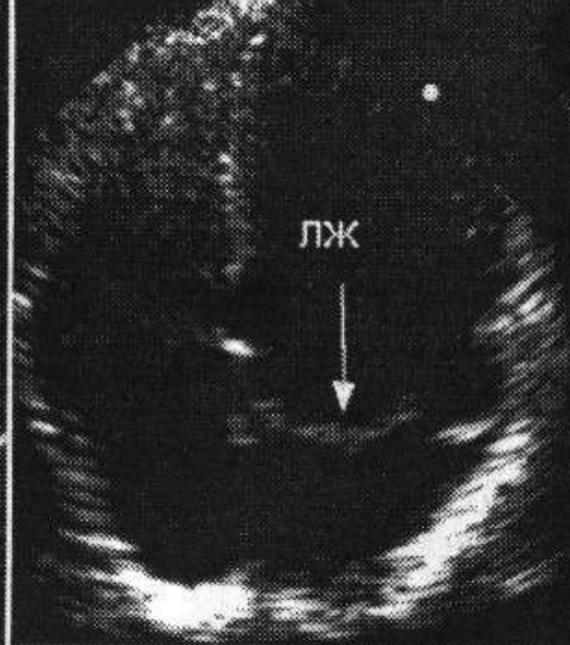
- Перегородочная створка ТК прикрепляется к стенке сердца ближе к верхушке, чем передняя створка МК.
- В полости ПЖ определяется т.н. **модераторный тяж** (перегородочно-краевая трабекула).
- В ПЖ более выражена трабекулярная структура.
- Ниже ЛП удастся получить изображение нисходящего отдела аорты по короткой оси, а также заметить ниже легочные вены, впадающие в ЛП.

Диагностическое значение верхушечных изображений

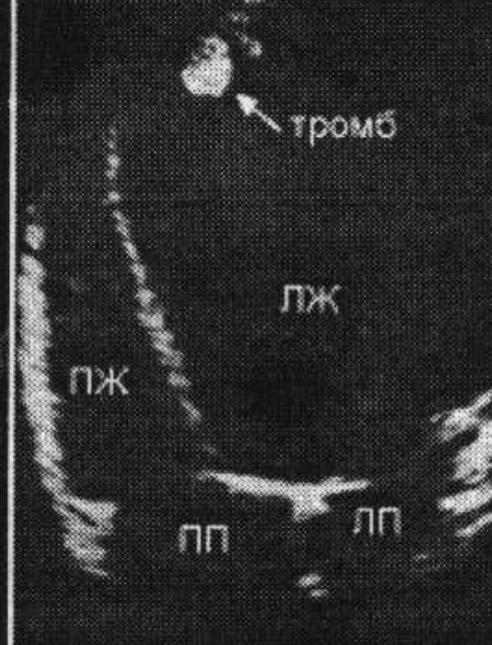
- Распознавание врожденных пороков сердца у детей и взрослых.
- Оценка сегментарной сократимости миокарда при ишемической болезни.
- Определение состояния митрального, аортального и трикуспидального клапанов.
- Оптимальные условия для доплеровской оценки кровотока через клапаны (потоки крови идут параллельно или почти параллельно направлению хода ультразвуковых лучей, что обеспечивает высокую точность измерений). – Возможность измерения скоростей кровотока и градиентов давления на клапанах.



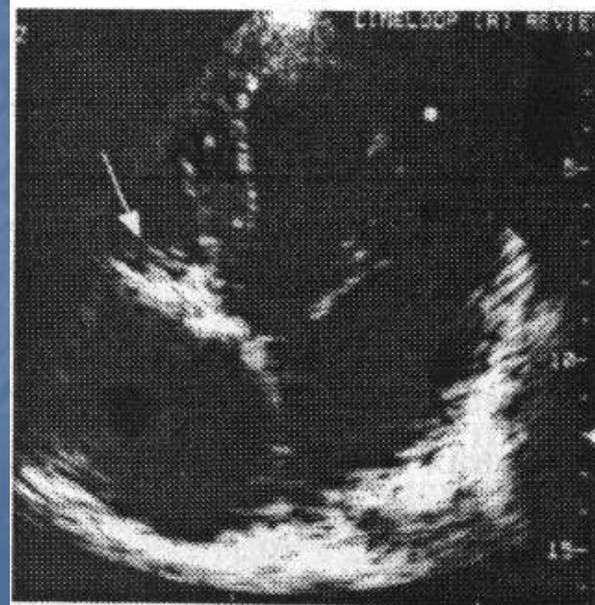
а



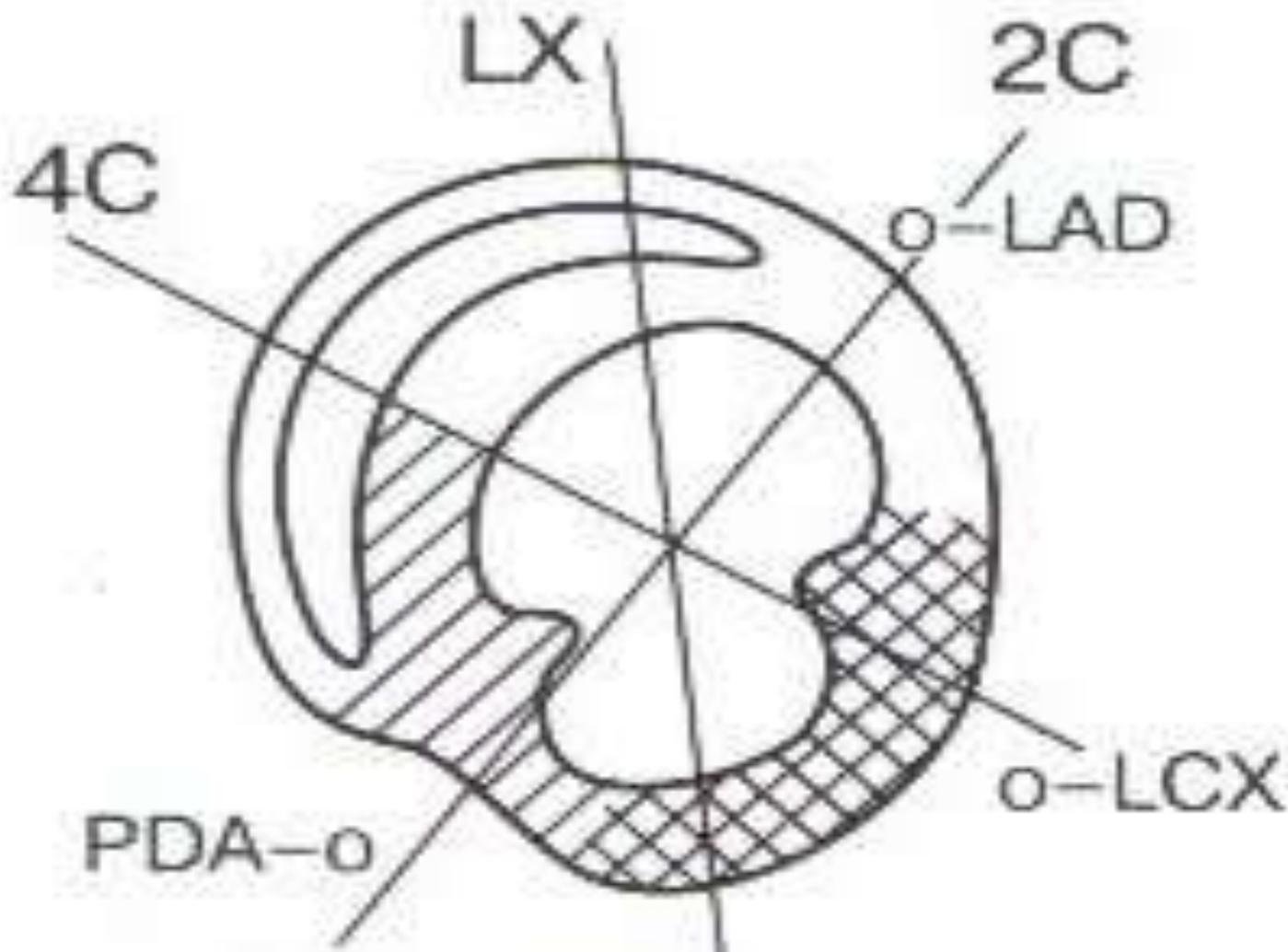
б



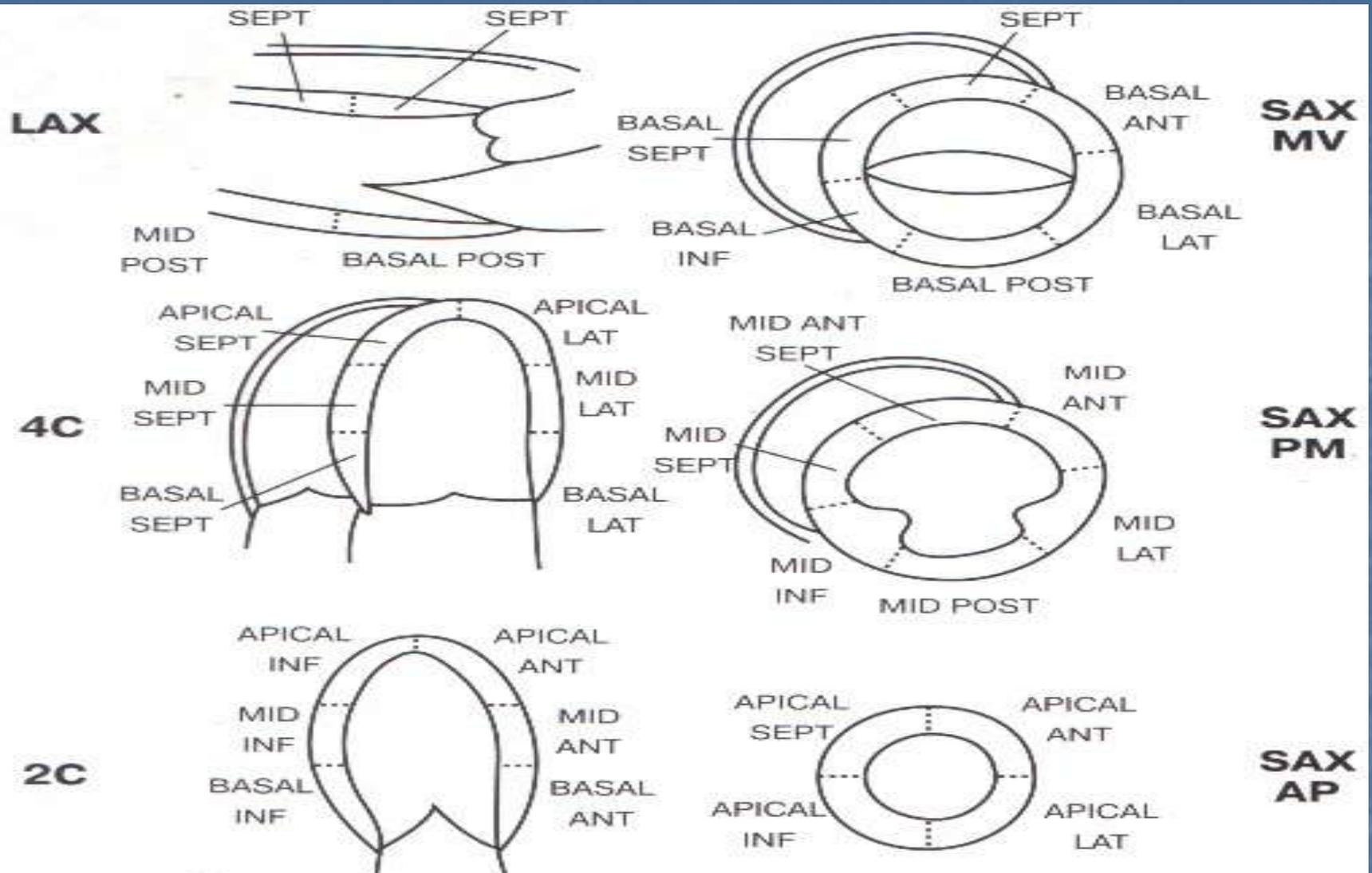
в



Короткая ось

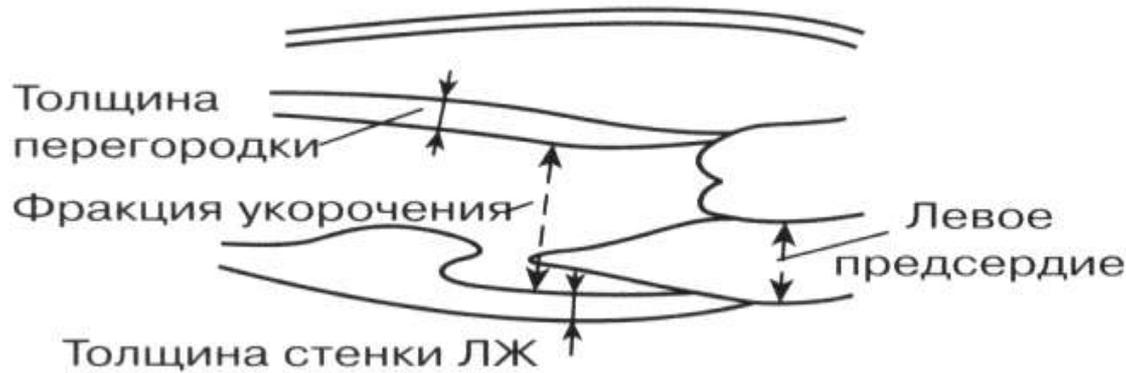


«Система Бейли» ЭхоКГ



Схема, показывающая деление левого желудочка на 16 сегментов. Можно идентифицировать эти сегменты в серии позиций по длинной оси (LAX, 4C, 2C) или в серии позиций по короткой оси (SAX MV, SAX PM, SAX AP). Позиции по длинной и по короткой оси частично подтверждают и дополняют друг друга.

Длинная ось



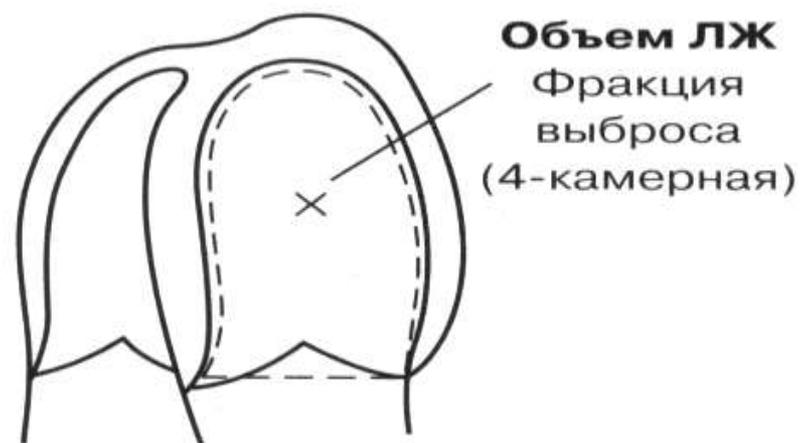
Короткая ось



Две камеры

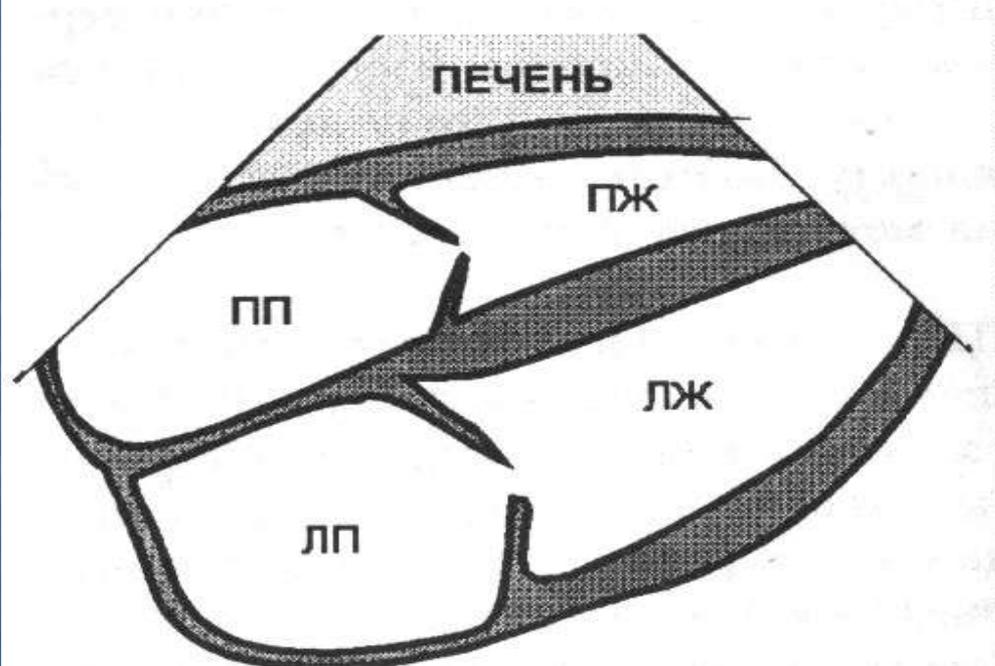
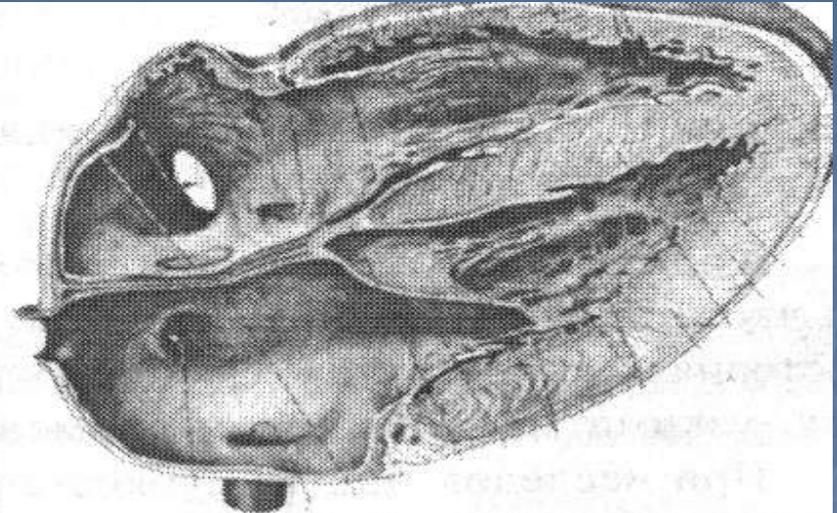
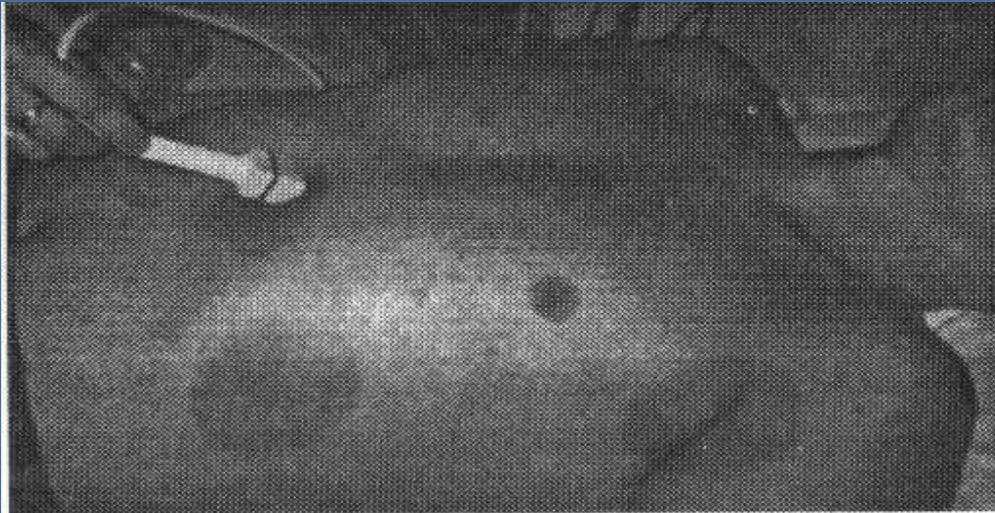


Четыре камеры



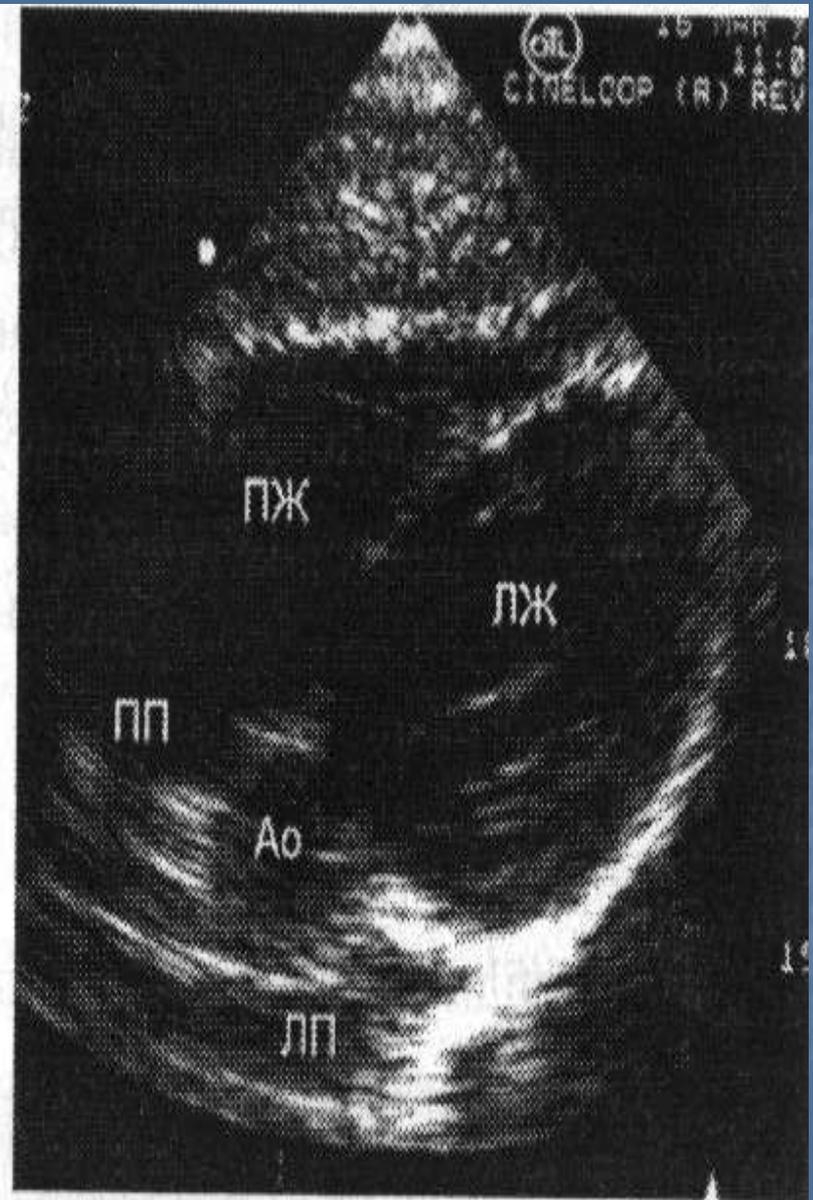
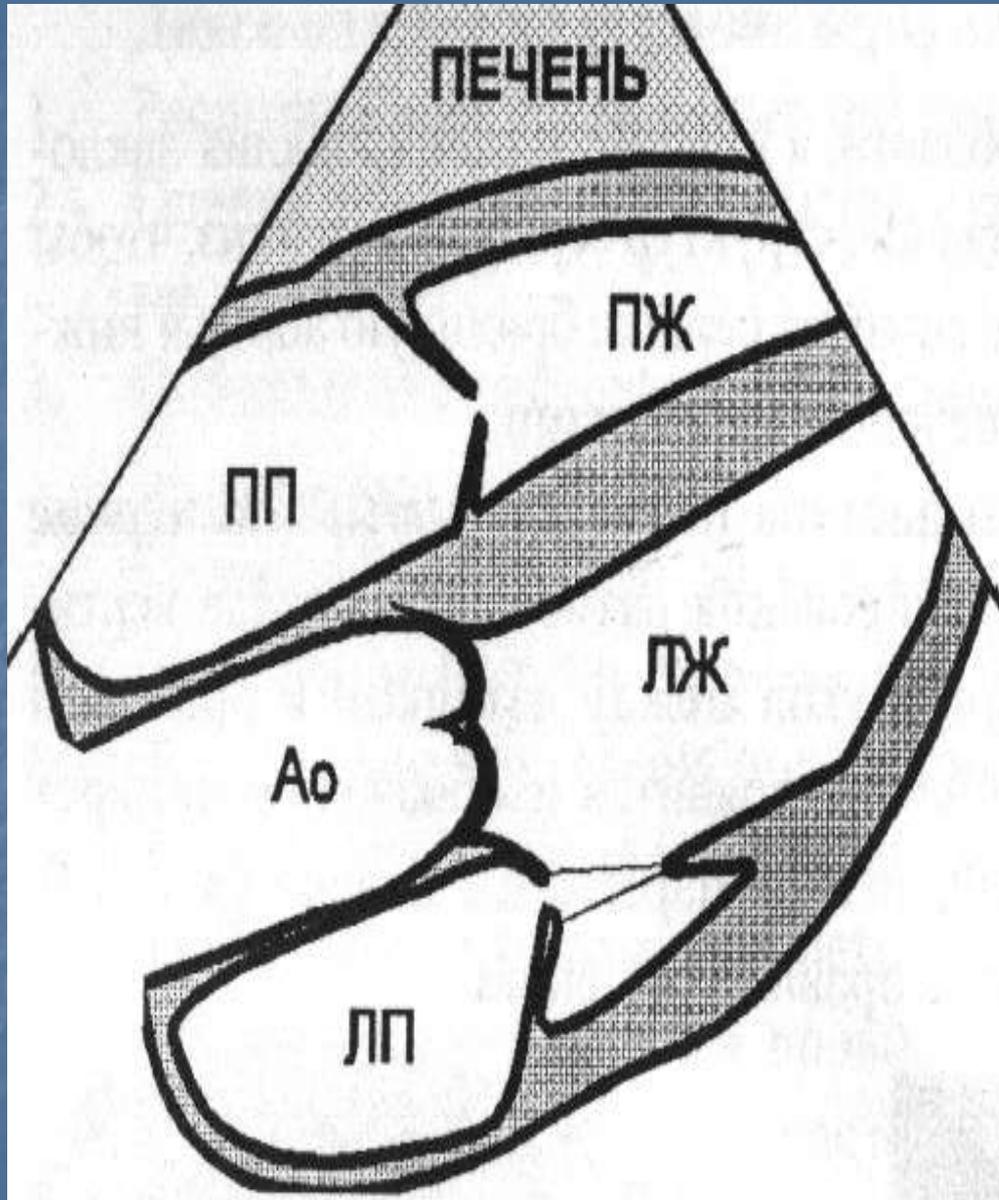
Схемы, иллюстрирующие некоторые количественные измерения, которые могут быть получены при двухмерной эхокардиографии.

Субкостальный доступ



- *четырехкамерное изображение*

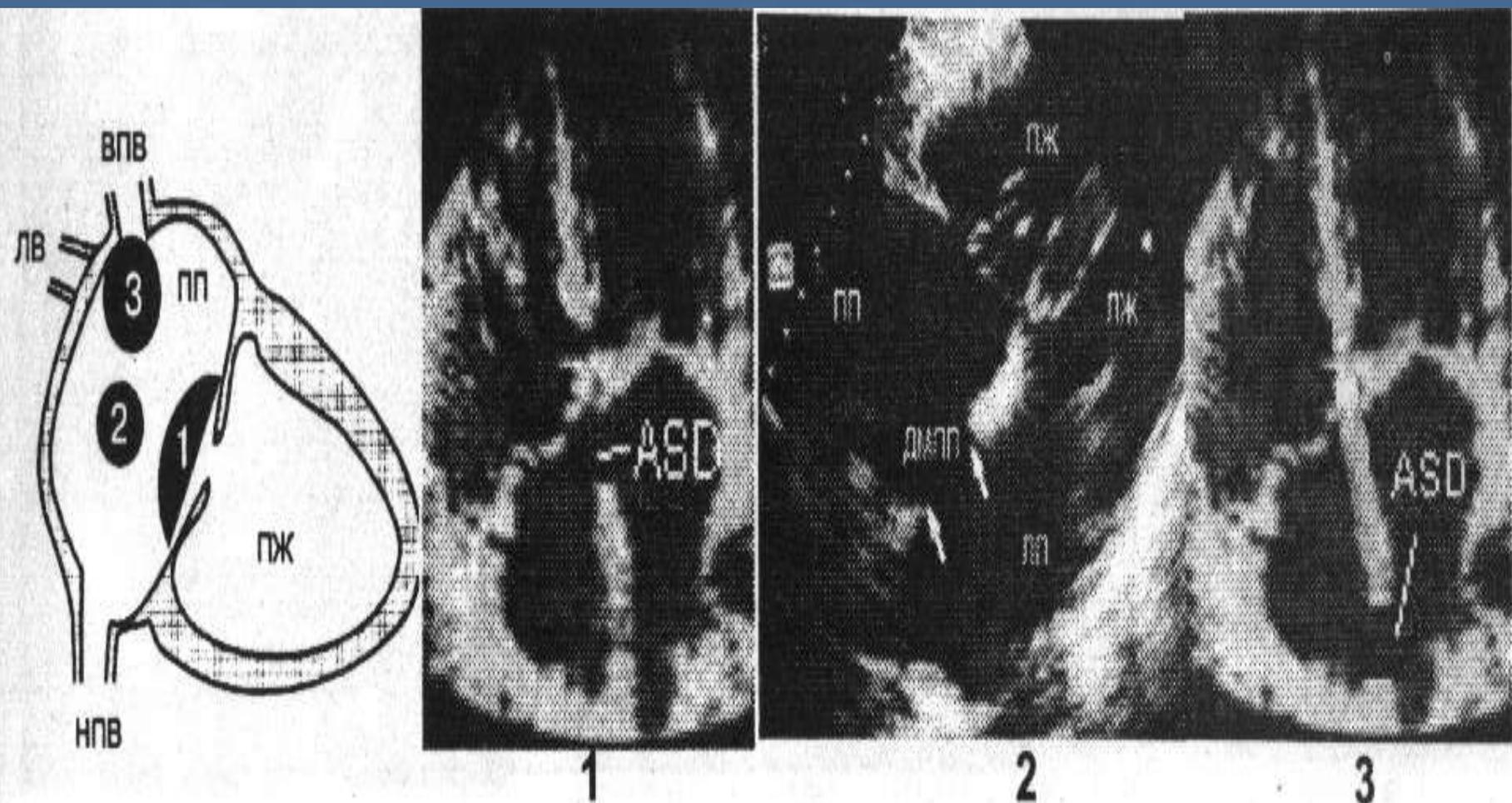
Субкостальный доступ



• *Пятикамерное изображение*

Типы дефектов МПП по эмбриологическому возникновению и локализации

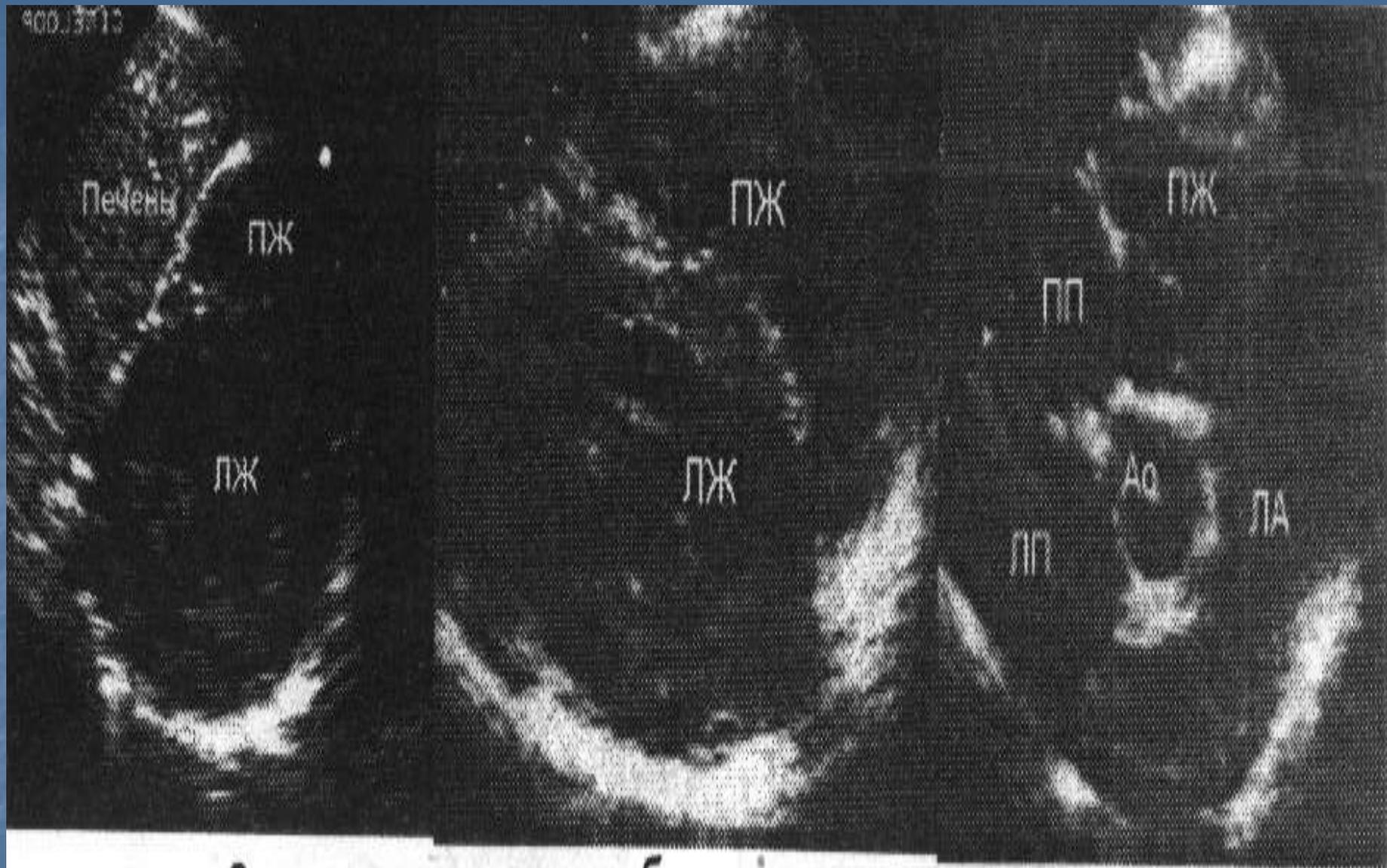
- 1. Первичные** - в нижней части, где МПП сходится с МЖП и основой передней створки митрального клапана (никогда не бывают изолированной врожденной аномалией сердца. Чаще они сопровождаются расщеплением передней митральной створки).
- 2. Вторичные** - в центральной части в области овальной ямки.
- 3. Дефекты венозного синуса** - около места впадения верхней полой вены в правое предсердие. Как правило, сочетаются с аномальным дренажем одной или нескольких легочных вен в правое предсердие или в верхнюю полую вену.
- 4. ДМПП ниже и сзади от овальной ямки** (рядом с коронарным синусом) и сочетается с отсутствием коронарного синуса и впадением верхней полой вены в левое предсердие – крайне редкий.



Локализация различных типов дефектов МПП.

Обозначения: 1 – первичный дефект, 2 – вторичный дефект, 3 – дефект венозного синуса. ВПВ – верхняя полая вена, НПВ – нижняя полая вена, ЛВ – легочная вена (впадает в левое предсердие).

400.13713

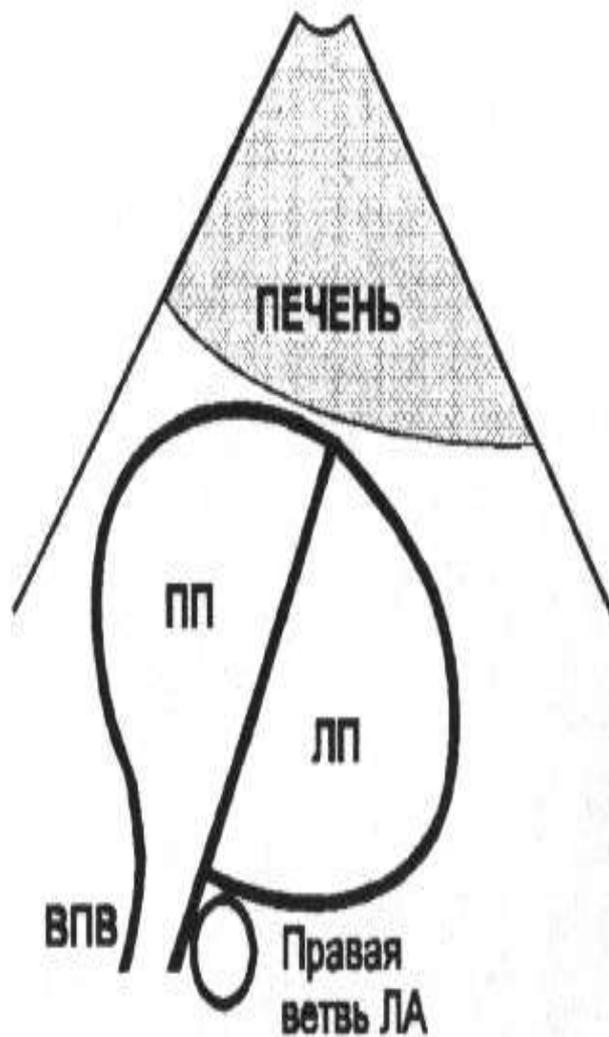


а

б

в

Субкостальные срезы по короткой оси.

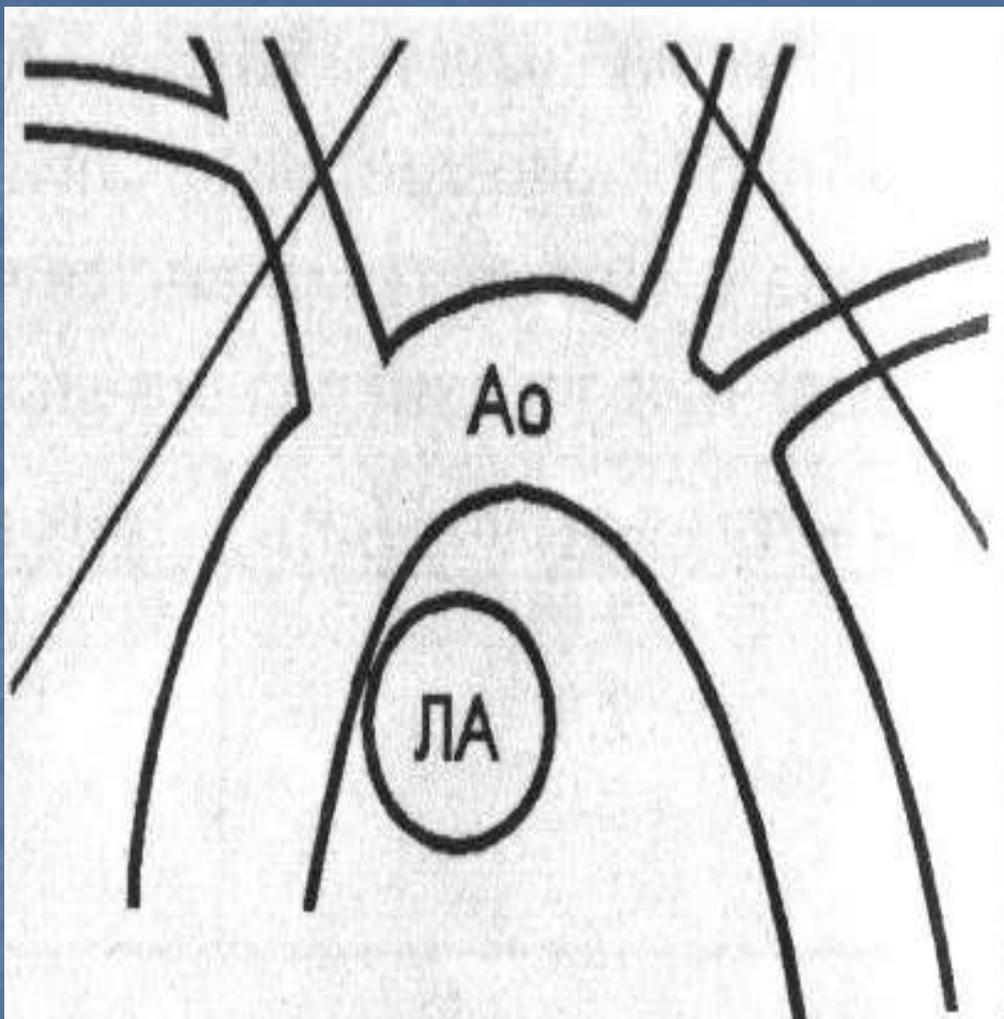


Субкостальное изображение места впадения верхней полой вены в правое предсердие.

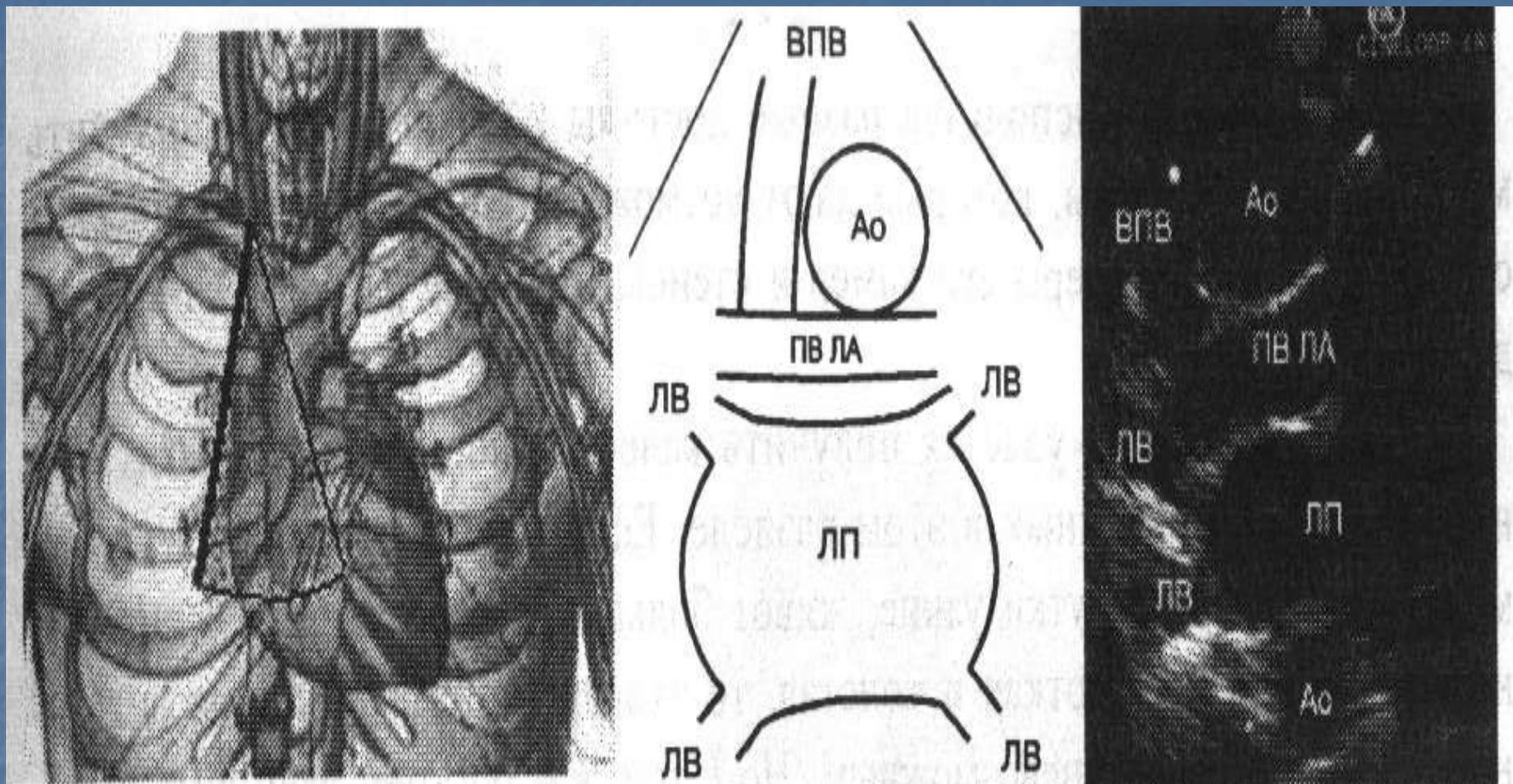
Определение давления в правом предсердии на основании исследования нижней полой вены

Диаметр на выдохе (см)	Процент спадения на вдохе	Давление (мм рт.ст.)
<2,0	100 %	<5
<2,0	>50 %	5-10
>2,0	25-50 %	10-15
>2,0	<25 %	15-20

Супрастернальный доступ



Супрастернальный доступ



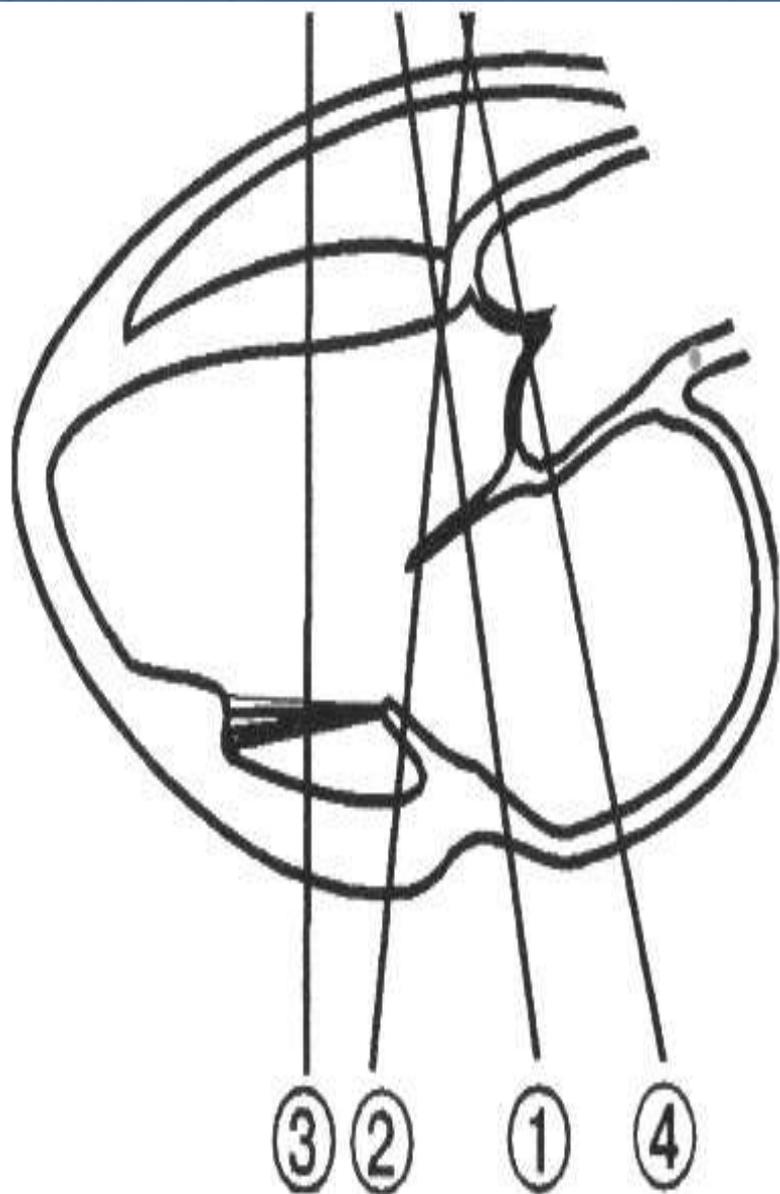
Супрастернальное сечение по короткой оси дуги аорты.

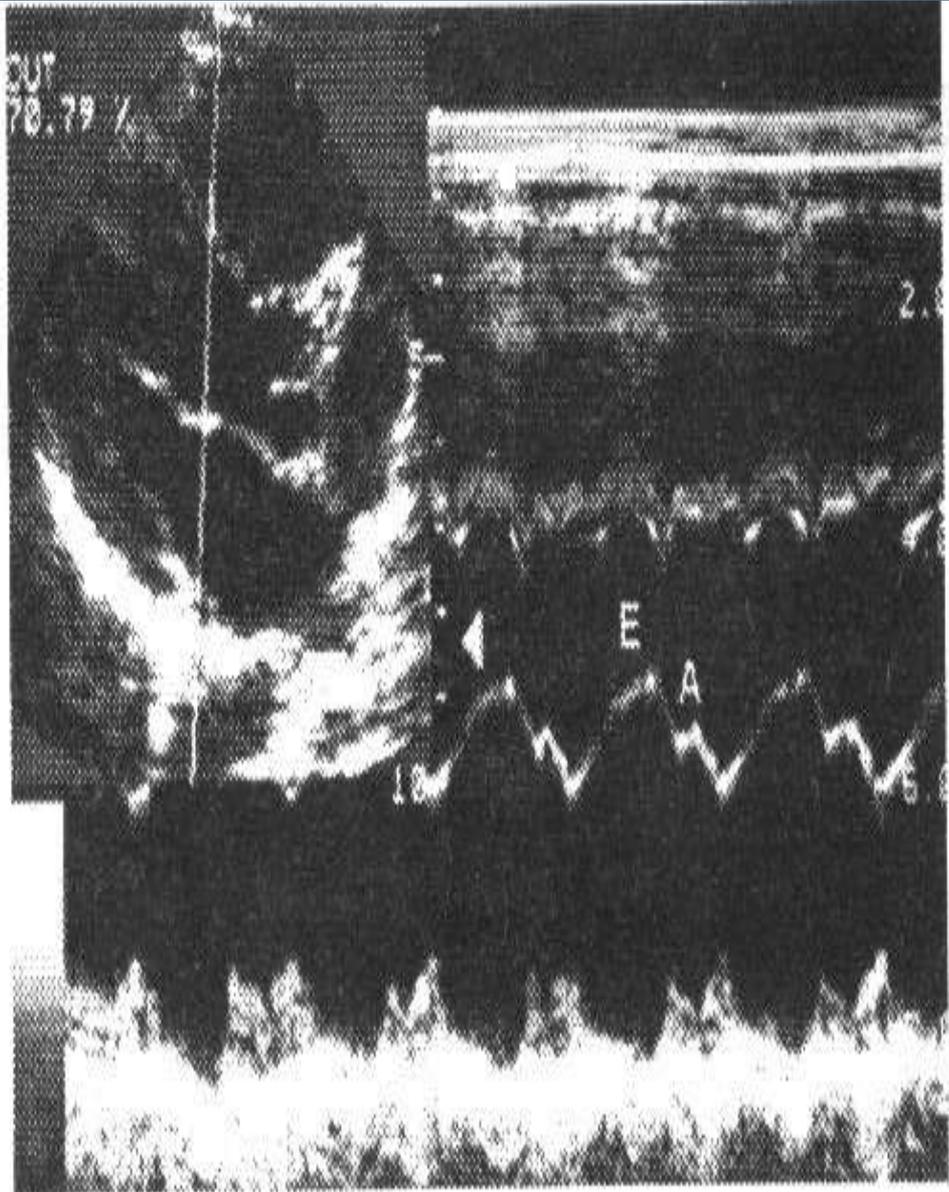
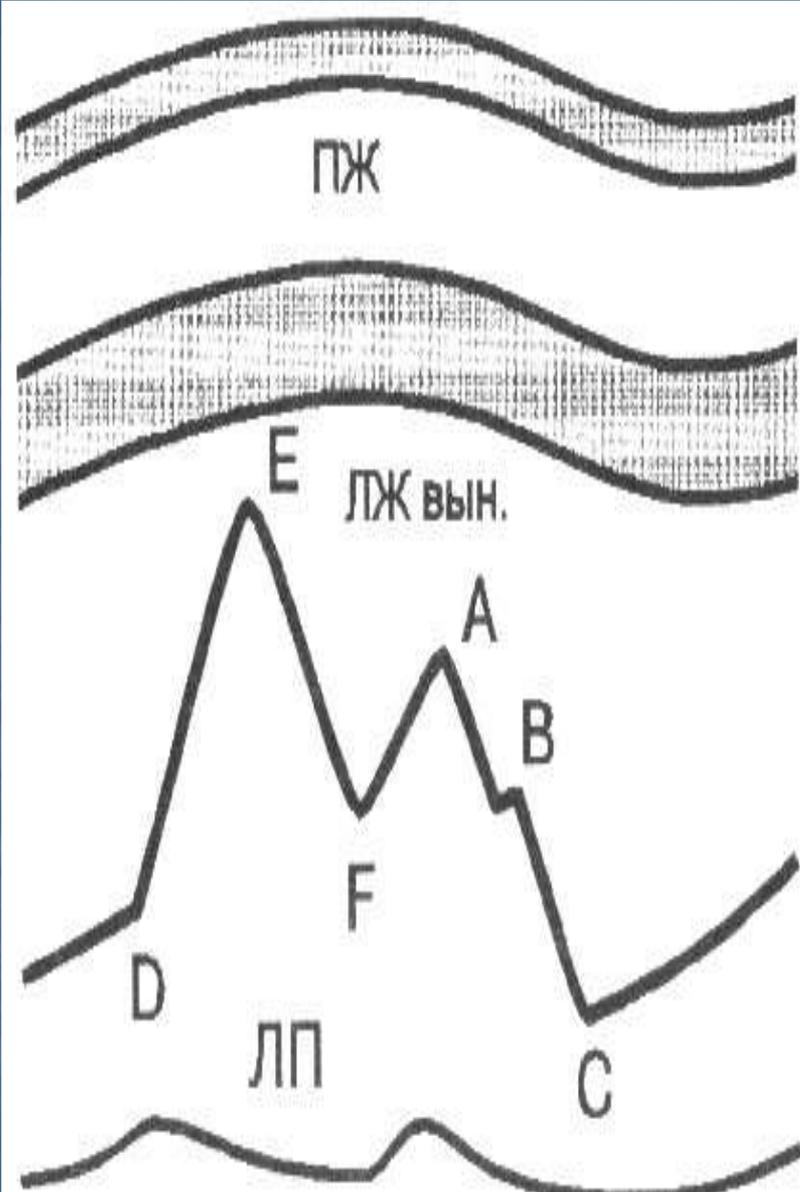
Обозначения: ПВ ЛА – правая ветвь легочной артерии, Ao – дуга аорты, ЛВ – легочные вены, ВПВ – верхняя полая вена.

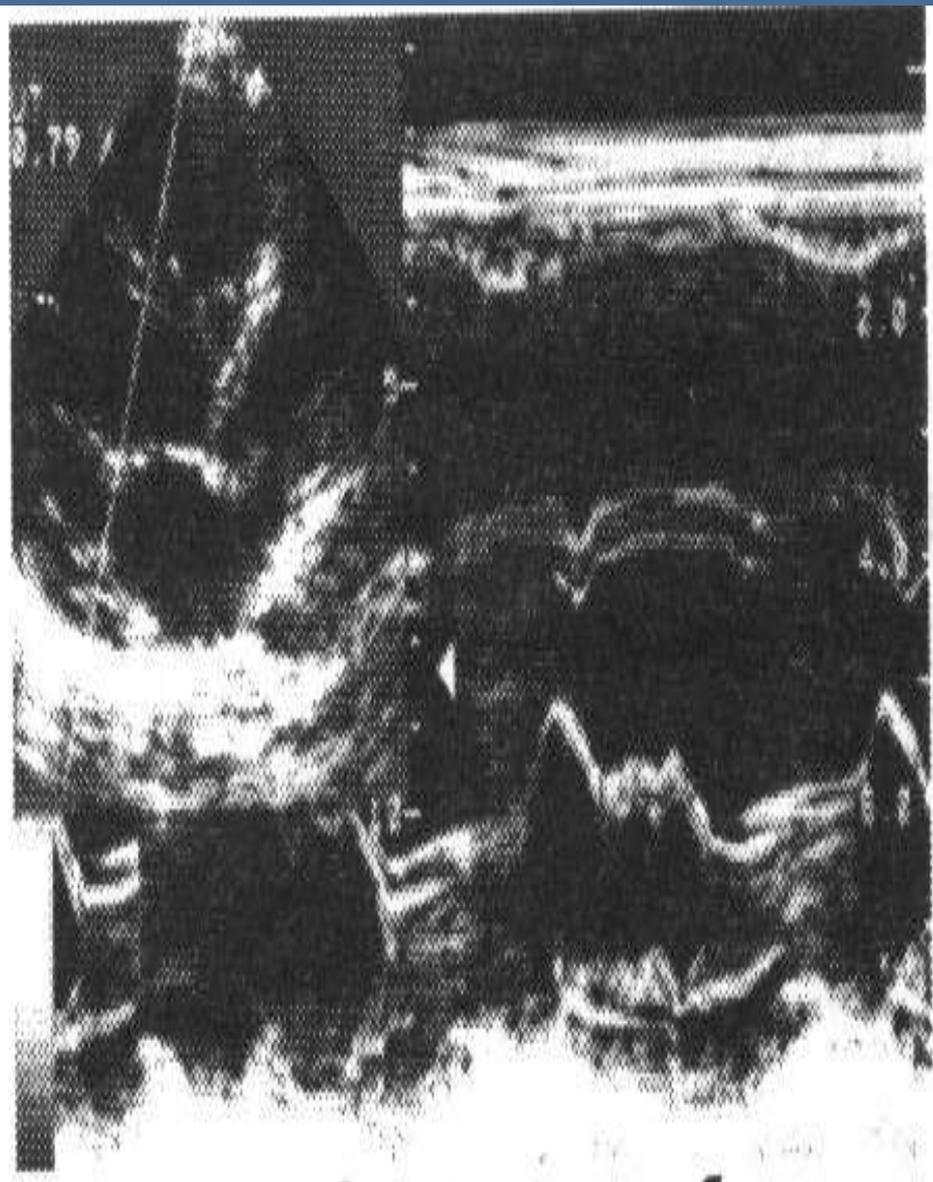
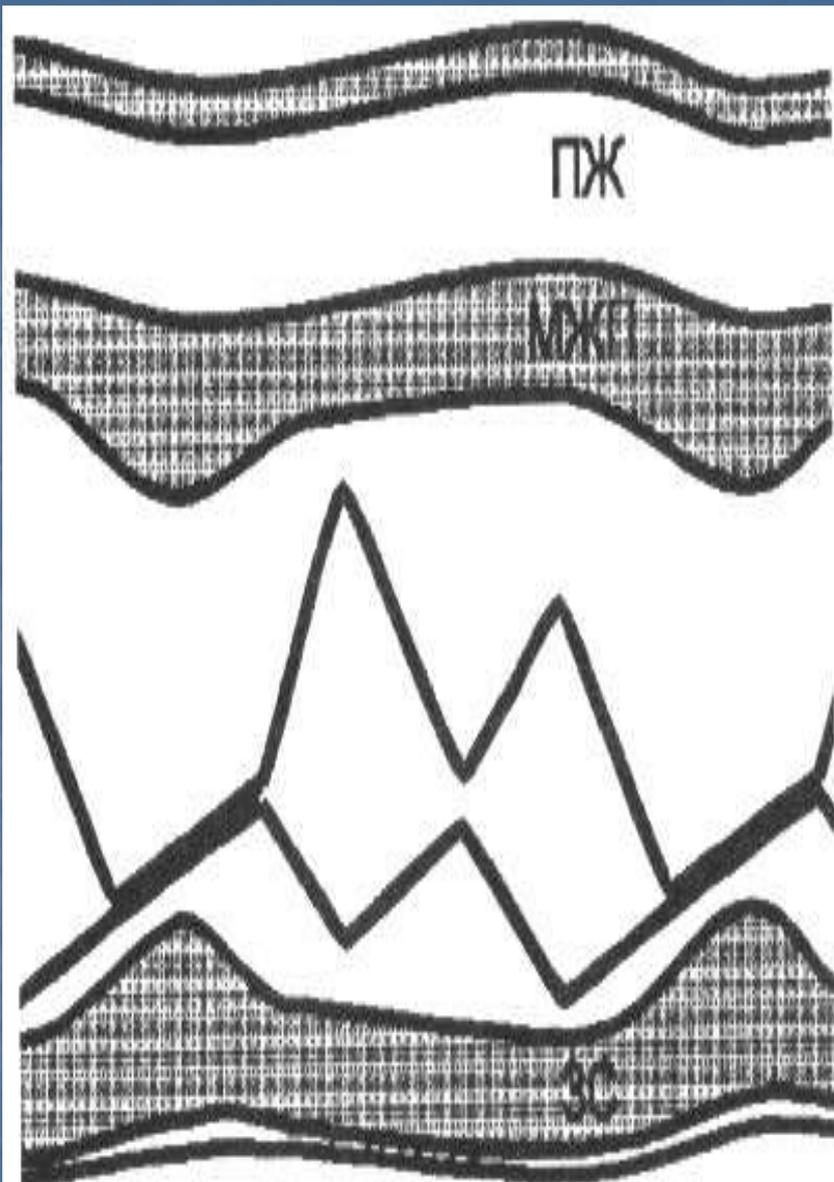
Контрастирование сердца

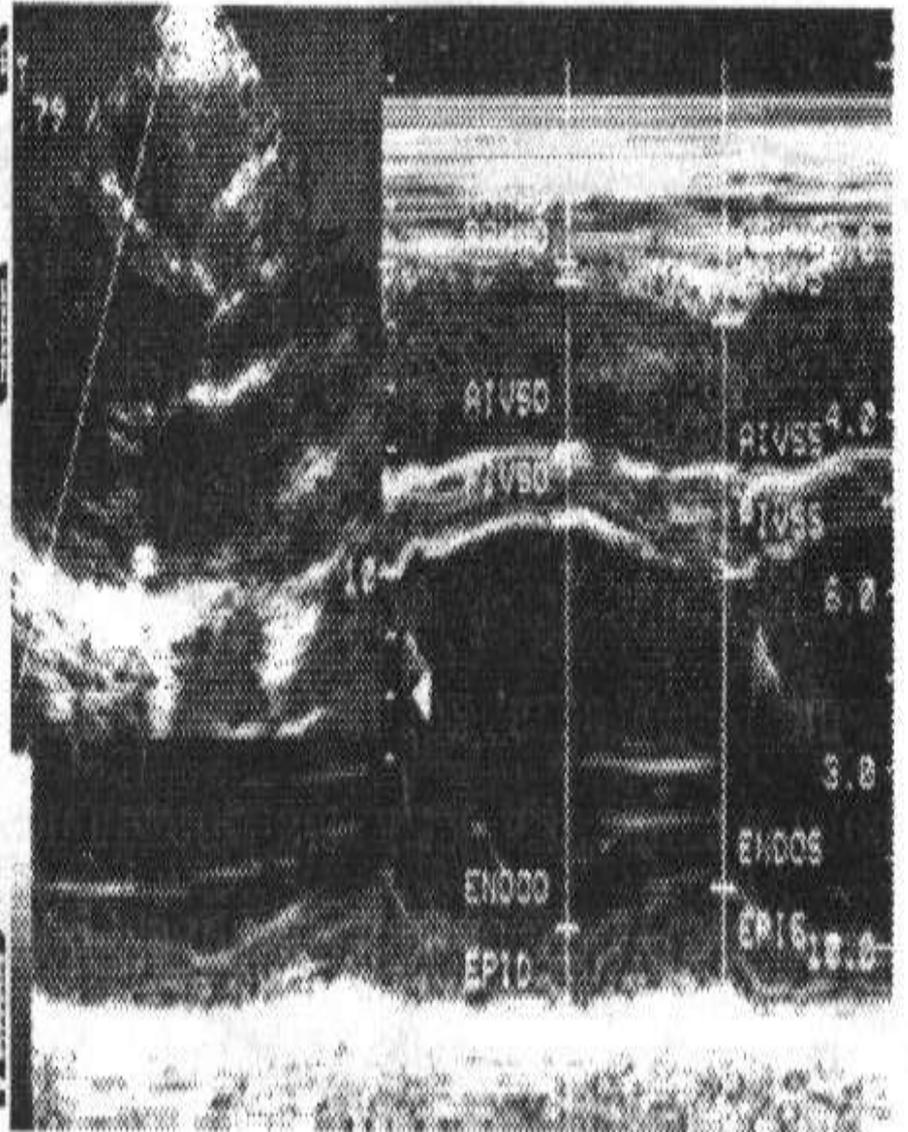
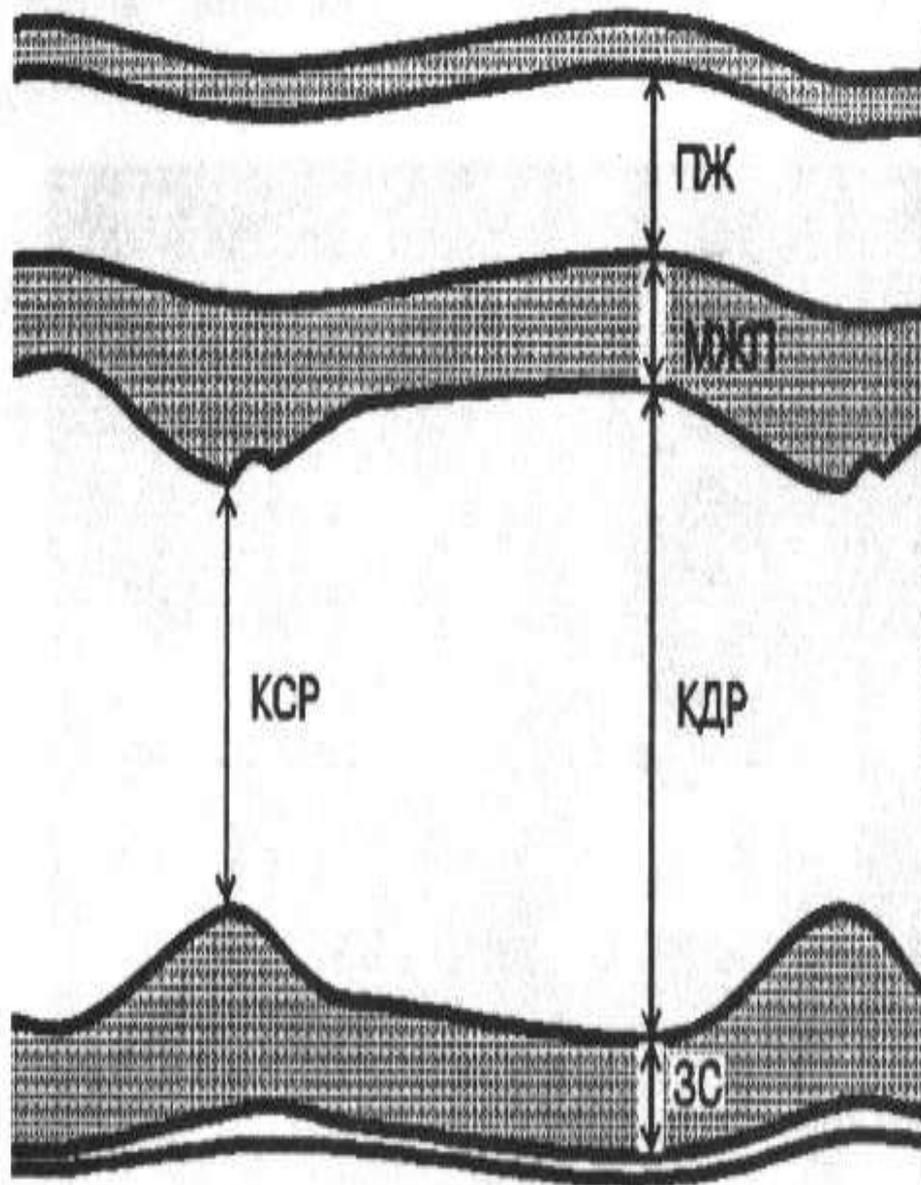
- Выявление сброса крови на уровне МПП (изотонический раствор, Альбунекс).
Усиление контрастирования эндокарда левого желудочка и улучшение оценки систолической функции левого желудочка в покое и при нагрузке (Альбунекс, Левовист, Эхоген).
- Контрастирование миокарда с целью оценки его перфузии, выявления ишемизированных и рубцовых зон (т.н. **денситометрия**).
- Усиление как двумерного изображения, так и доплеровского сигнала, дольше и в большей степени.

Позиции выведения изображения в М-режиме









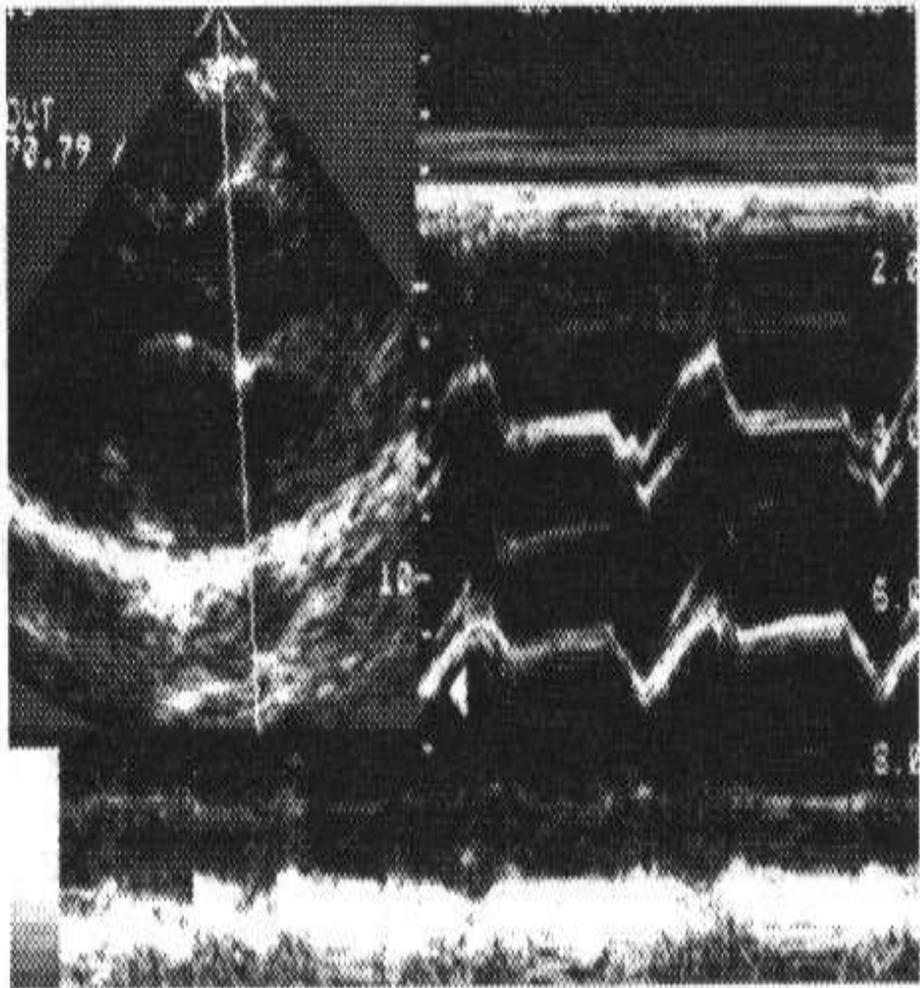
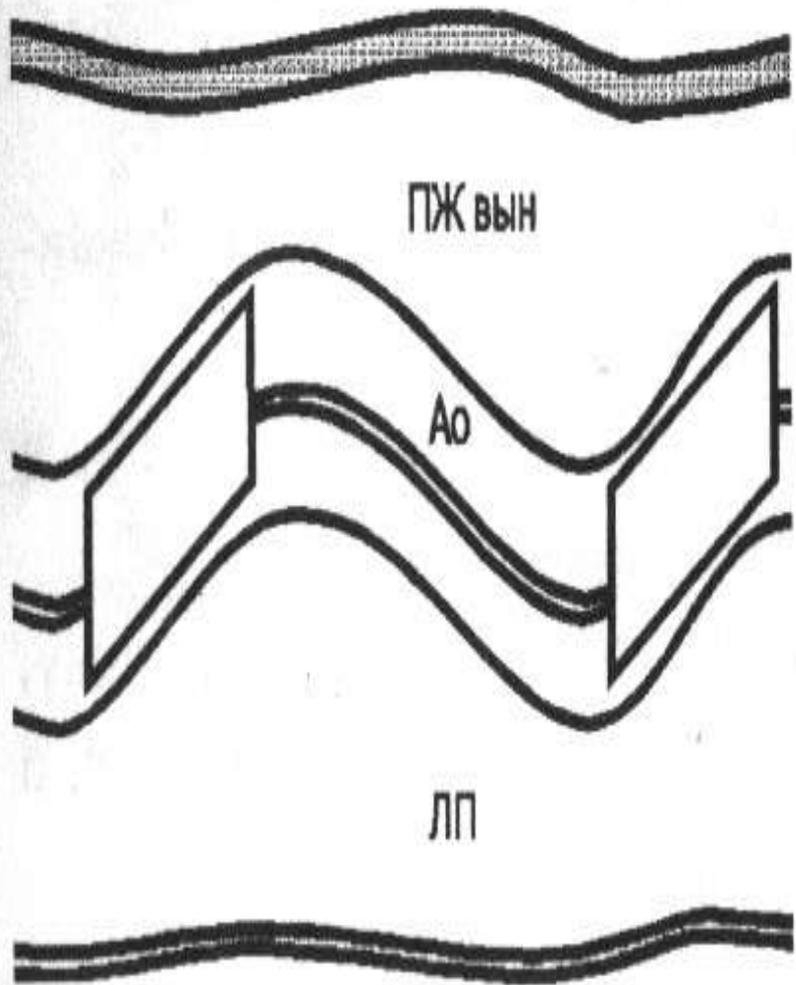


Схема одномерного эхокардиографического изображения при четвертой позиции сканирующего луча.

- **Показатели сократительной способности ЛЖ:**
- 1) **ФВ** (ejection fraction, EF)
 - $EF = [(КДО - КСО) / КДО] \cdot 100\%$
 - N - 55-78%, в среднем - 65%.
- 2) **Фракционное укорочение** (fractional shortening, FS): $FS = [(КДР - КСР) / КДР] \cdot 100\%$
 - N - 28-44%, в среднем - 36%.
- 3) **Скорость циркулярного укорочения волокон** (circumferential shortening, Vcf):
 $Vcf = (КДР - КСР) / (КДР \cdot dt)$, где dt - период изгнания крови из левого желудочка
 - N - 1,02-1,94 сек-1, в среднем 1,3 сек-1.
- * **формула L. Teicholtz: $V = 7 / (2,4 + D) \cdot D^3$, где V - объем, D - размер.**

■ Косвенные признаки снижения сократительной способности ЛЖ при одномерной эхокардиографии:

- расстояние между точкой E на графике движения передней створки митрального клапана и левой поверхностью межжелудочковой перегородки >20 мм \rightarrow ФВ ЛЖ $< 30\%$;
- преждевременное закрытие митрального клапана, когда точка C наступает одновременно или перед комплексом QRS электрокардиограммы;
- преждевременное открытие аортального клапана еще до появления комплекса QRS электрокардиограммы.

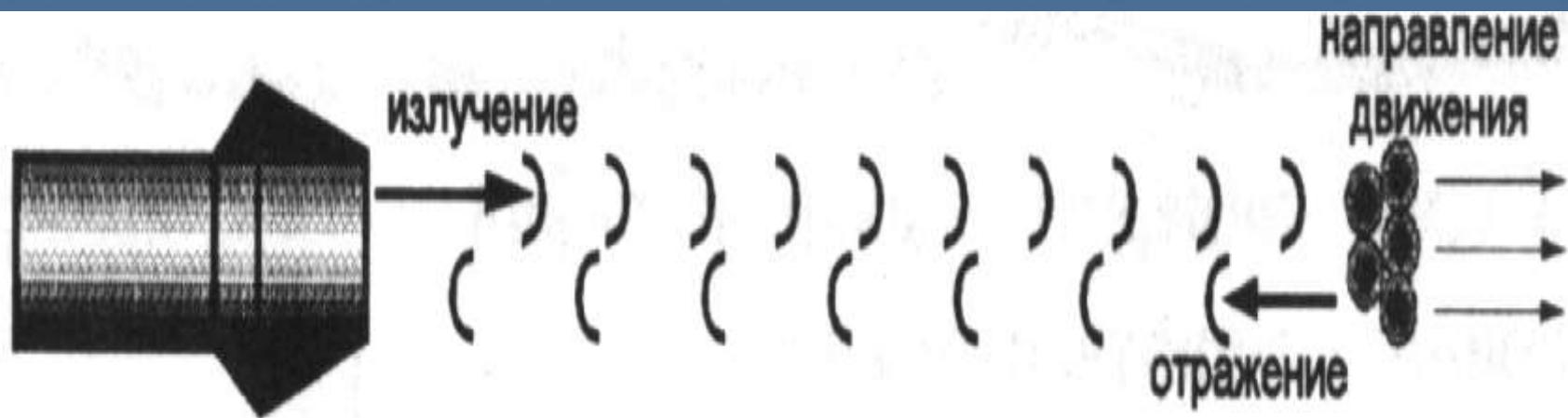
Нормальные эхокардиографические размеры у взрослых

Стенка ПЖ (см)	< 0,5
ПЖ, диастола (см)	0,9-3,0
Восходящая аорта (см)	2,0-3,8
ЛП, систола (см)	2,0-4,0
МЖП, диастола (см)	0,6-1,1
Стенка ЛЖ, диастола (см)	0,6-1,1
КДР ЛЖ (см)	3,5-5,7
КДО ЛЖ (мл)	51-160
КСР ЛЖ (см)	2,3-3,8
КСО ЛЖ (мл)	18-62

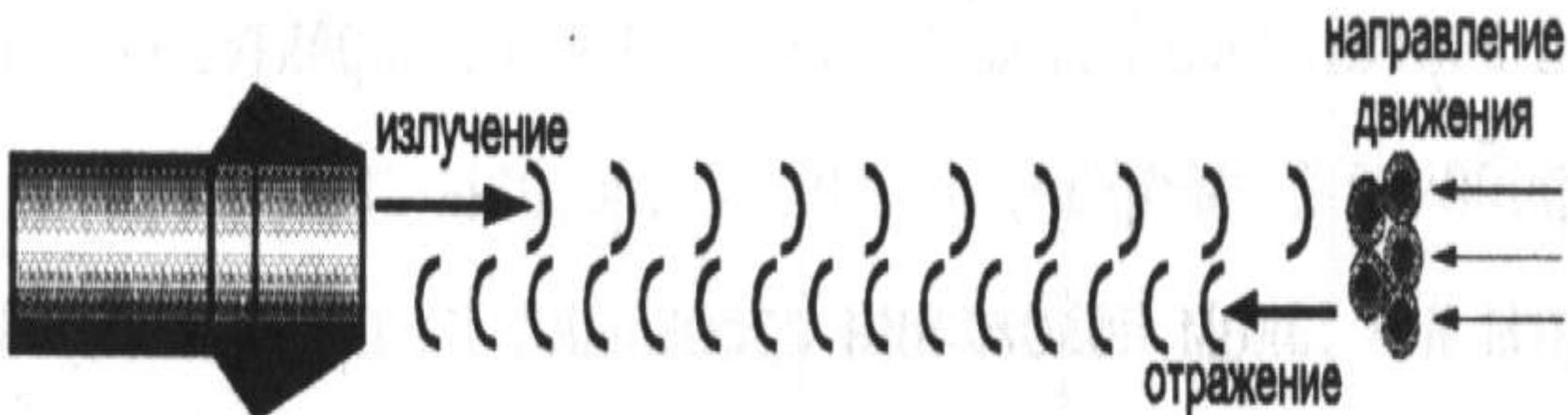
ДОППЛЕРОВСКАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

При анализе изменения частоты ультразвука, отраженного от движущегося объекта, можно определить:

- **скорость объекта:** она тем большая, чем большей является разница в частоте посланного и отраженного ультразвука;
- **направление движения объекта:** если объект приближается к датчику, то частота отраженного ультразвука будет большей, чем исходная, а если объект отдаляется, то частота будет меньше
- **Угловая коррекция** посылаемого луча относительно потока



А (кровь от датчика)



Б (кровь к датчику)

Виды доплеровского исследования сердца и сосудов включает такие виды:

- **Непрерывной волной (= CW = постоянный доплер);**
- **Импульсной волной (= PW Doppler = пульсовой доплер);**
- **Цветной доплер;**
- **Доплеровское исследование движения тканей (TDI = тканевой доплер);**
- **Энергетический доплер.**

Сравнительная характеристика доплеровского исследования постоянной и импульсной волной

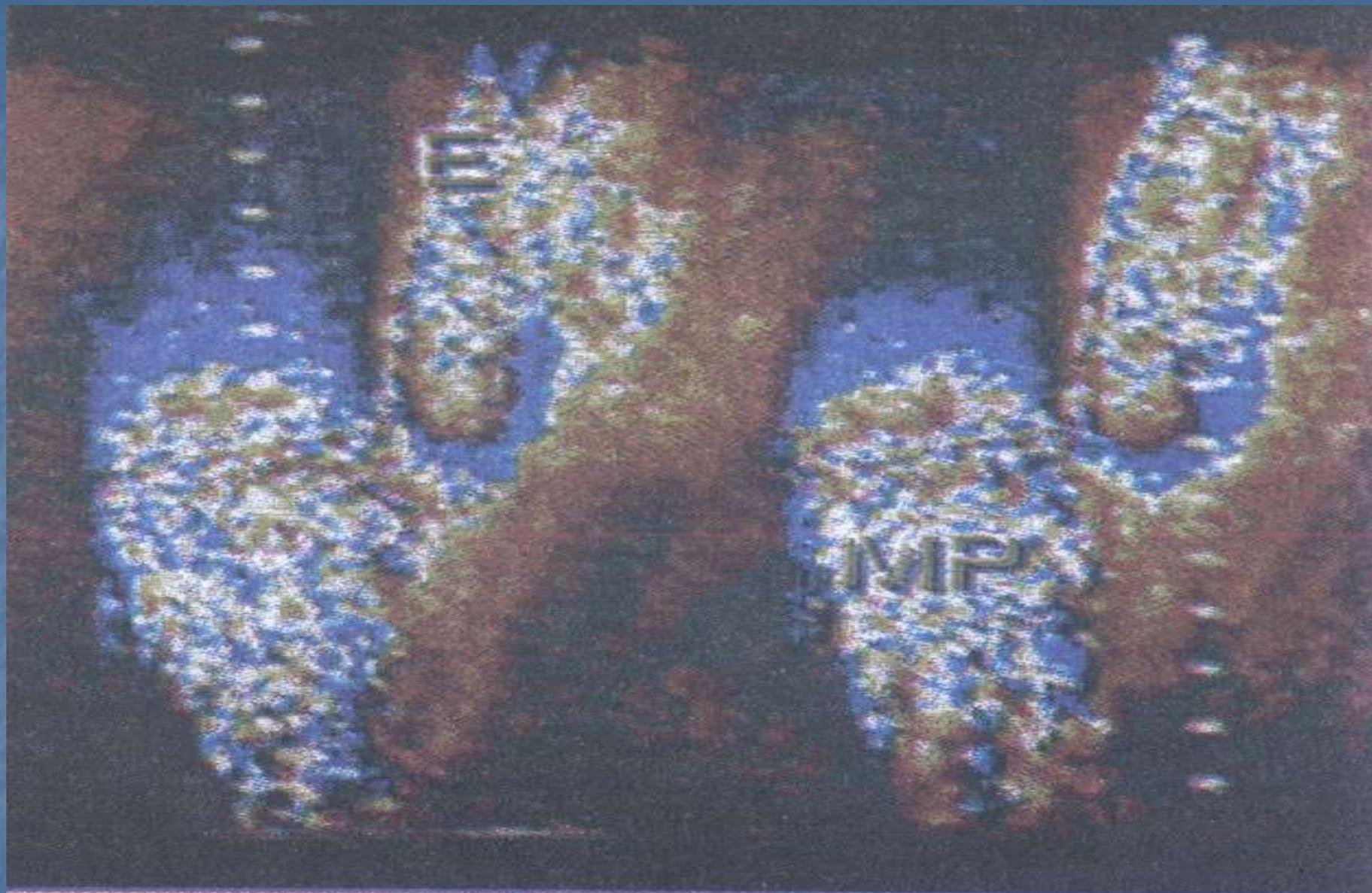
	Импульсный доплер	Постоянный доплер - представление о спектре всех скоростей по ходу луча
Преимущества	Оценка потока в определенной точке	Измерение высокой скорости потока
Недостатки	Невозможно измерить высокую скорость	Невозможна оценка потока в определенной точке

Допплеровское исследование позволяет:

- определить градиент давления в месте стенозирования ($P = 4 * V^2$)
- площадь отверстия (МК) по времени полуснижения градиента давления ($S = 220 / P_{HT}$)
- определить градиент давления между ЛЖ и ПЖ при ДМЖП с расчетом давления в ПЖ – «бескровное зондирование».

■ Цветной М-режим

- Одновременно на одном и том же графике отображается скорость и направление потока крови (цветной доплер) и изображение, соответствующее обычному М-режиму.
- Этот метод часто используется для определения начала и продолжительности турбулентного (патологического) потока, а также для его локализации внутри сердца.
- В последнее время с помощью цветного М-режима проводится оценка диастолического расслабления миокарда.



**Цветной М-режим,
митральная регургитация.**

Энергетический доплеровский метод

- Проводится анализ отраженного движущимися эритроцитами эхосигнала для оценки интенсивности потока (а не его скорости или направления).
- Информация подается на экран монитора в виде золотисто-оранжевого цвета, который накладывается на двумерное черно-белое изображение органа, выявляя сосудистое русло.
- Этот способ доплеровского исследования совсем недавно пришел в практическую медицину и нашел широкое применение там, где нужно оценить кровенаполнение органов и степень их перфузии (например, почечный трансплантат).

■ **Спектр применения энергетического доплера в кардиологии и ангиологии:**

- **тромбоз глубоких вен голени;**
- **дифференциация окклюзии внутренней сонной артерии от стеноза со слабым кровотоком;**
- **выявление хода позвоночных артерий;**
- **изображение сосудов с извилистым ходом;**
- **четкое контурирование бляшек, которые сужают просвет сосудов;**
- **транскраниальное изображение сосудов головного мозга;**
- **проходимость сосудов портальной системы;**
- **тромбоз нижней полой вены.**

- **Допплеровское изображение тканей**
- Принцип аналогичен цветному доплеровскому исследованию, но в роли движущегося объекта выступают стенки миокарда.
- В кардиологии этот метод оказался чрезвычайно ценным для оценки **региональной сократимости миокарда** и выявления ишемии, что используется при проведении стресс-эхокардиографии.



**Цветной доплер,
диастола.**



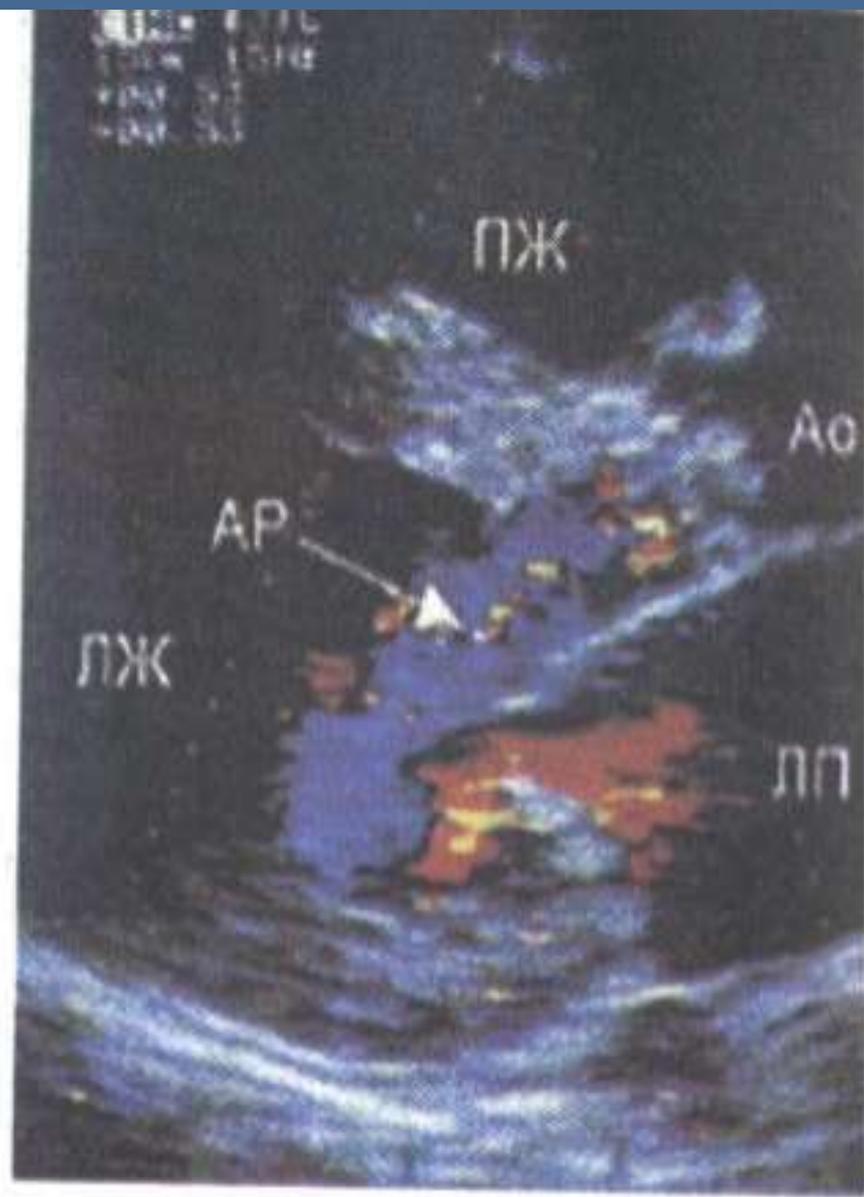
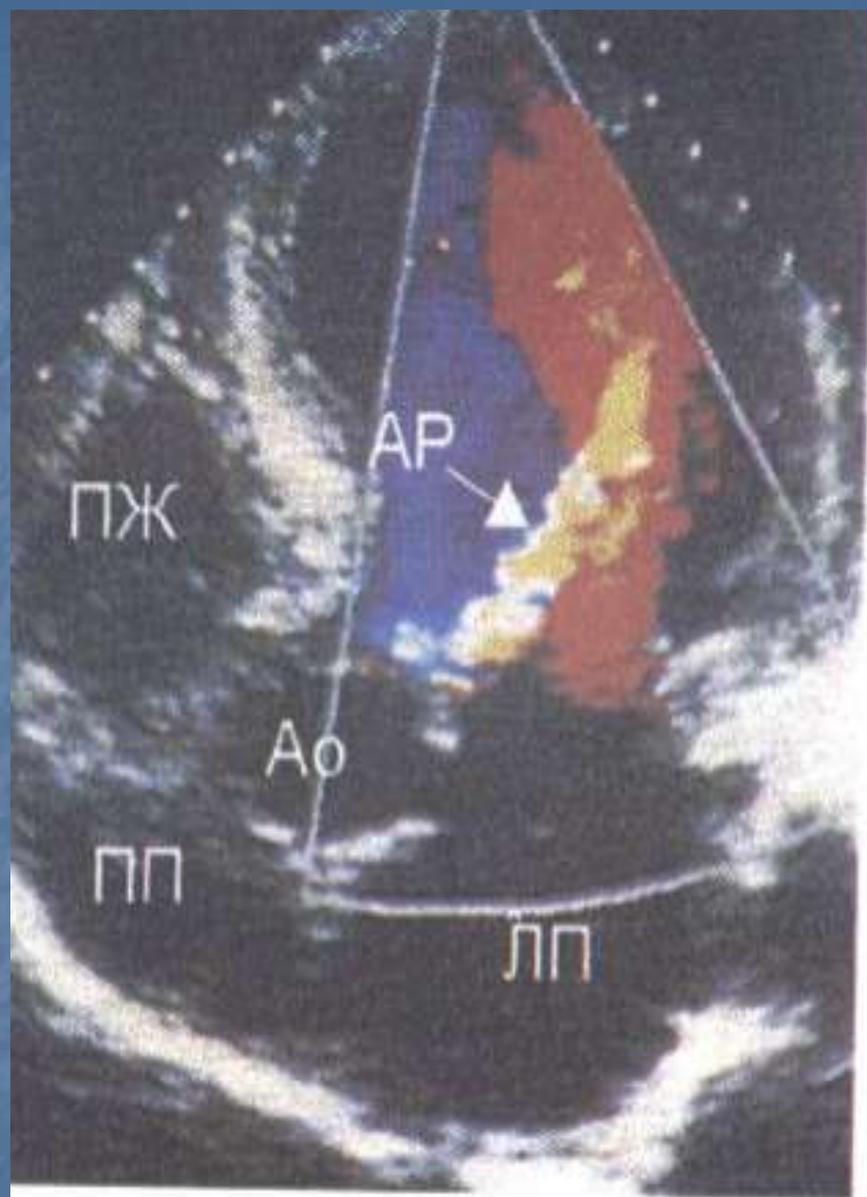
**Цветной доплер,
систола.**



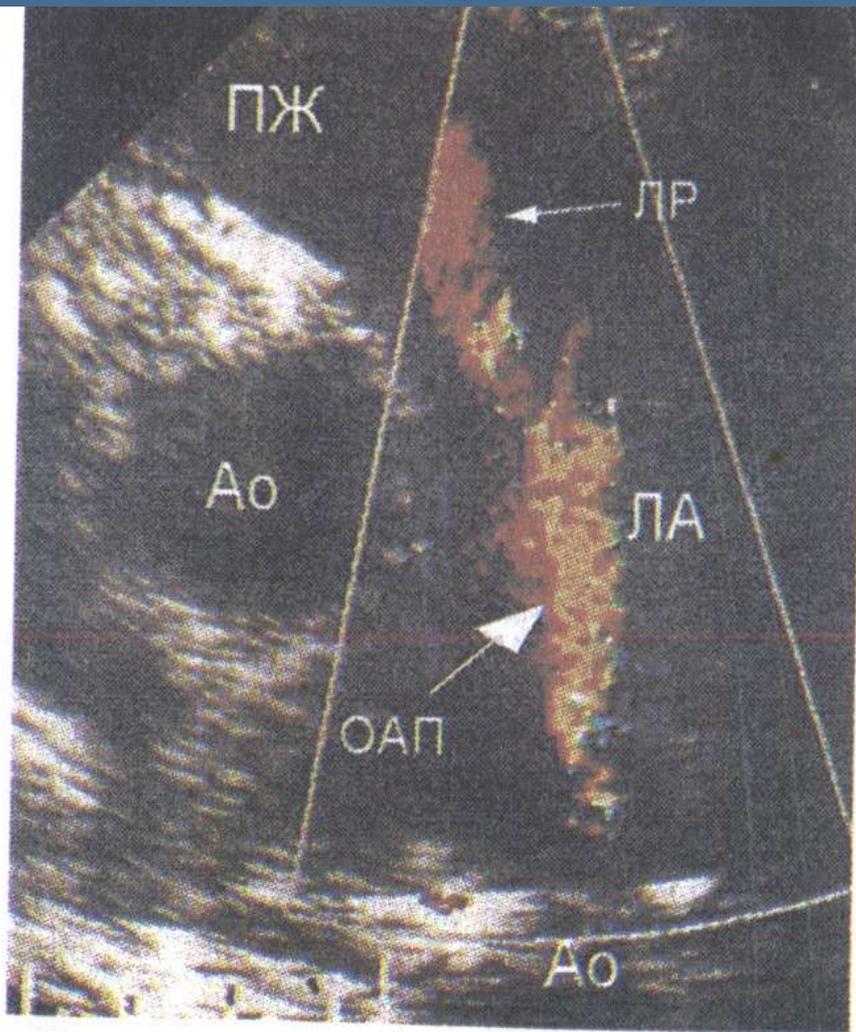
**Митральная и
трикуспидальная регургитации.**



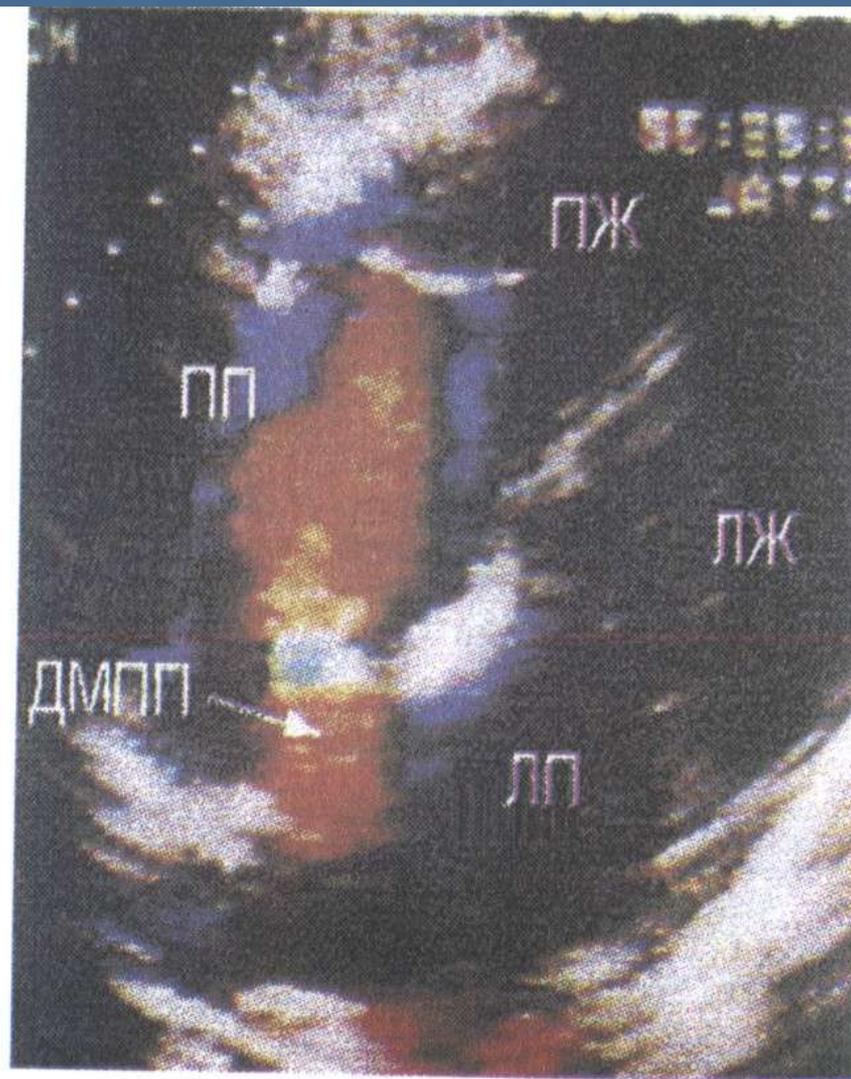
**Митральная
регургитация.**



**Аортальная
регургитация.**



**Открытый
артериальный проток и легочная
регургитация.**



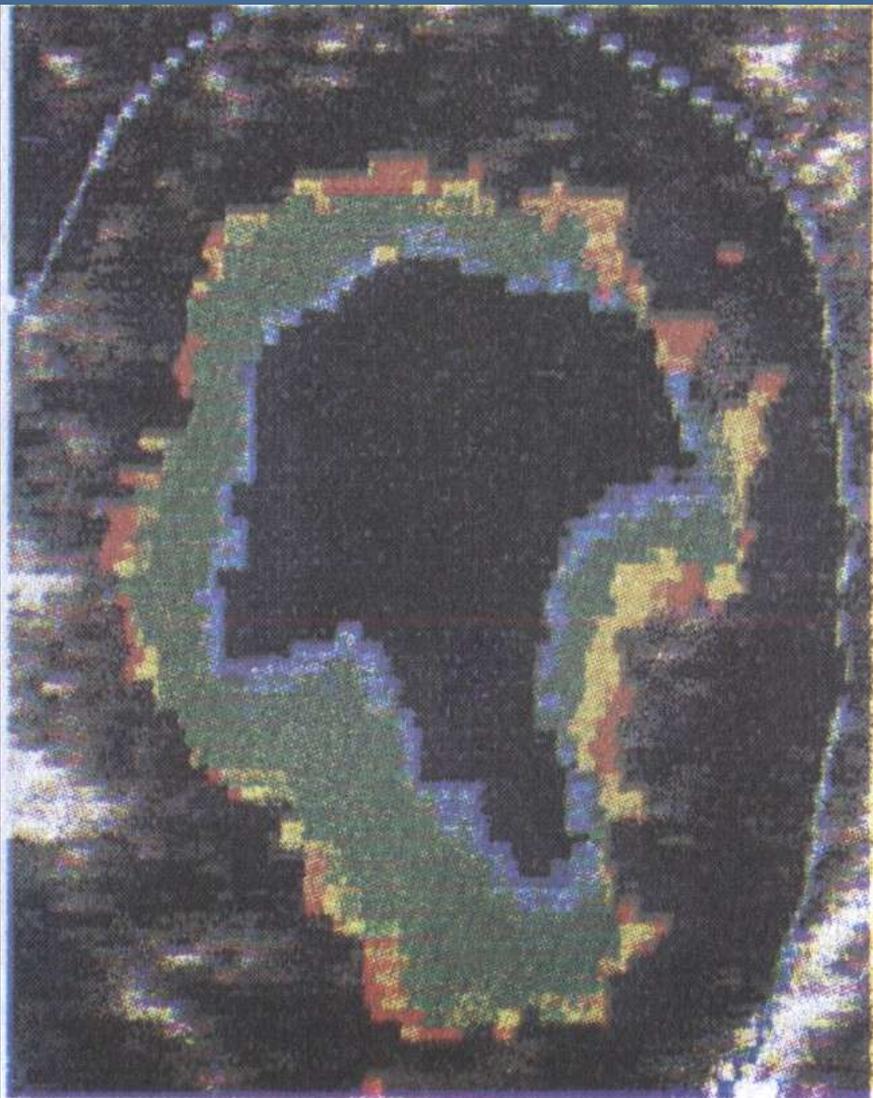
**Вторичный дефект
межпредсердной перегородки.**



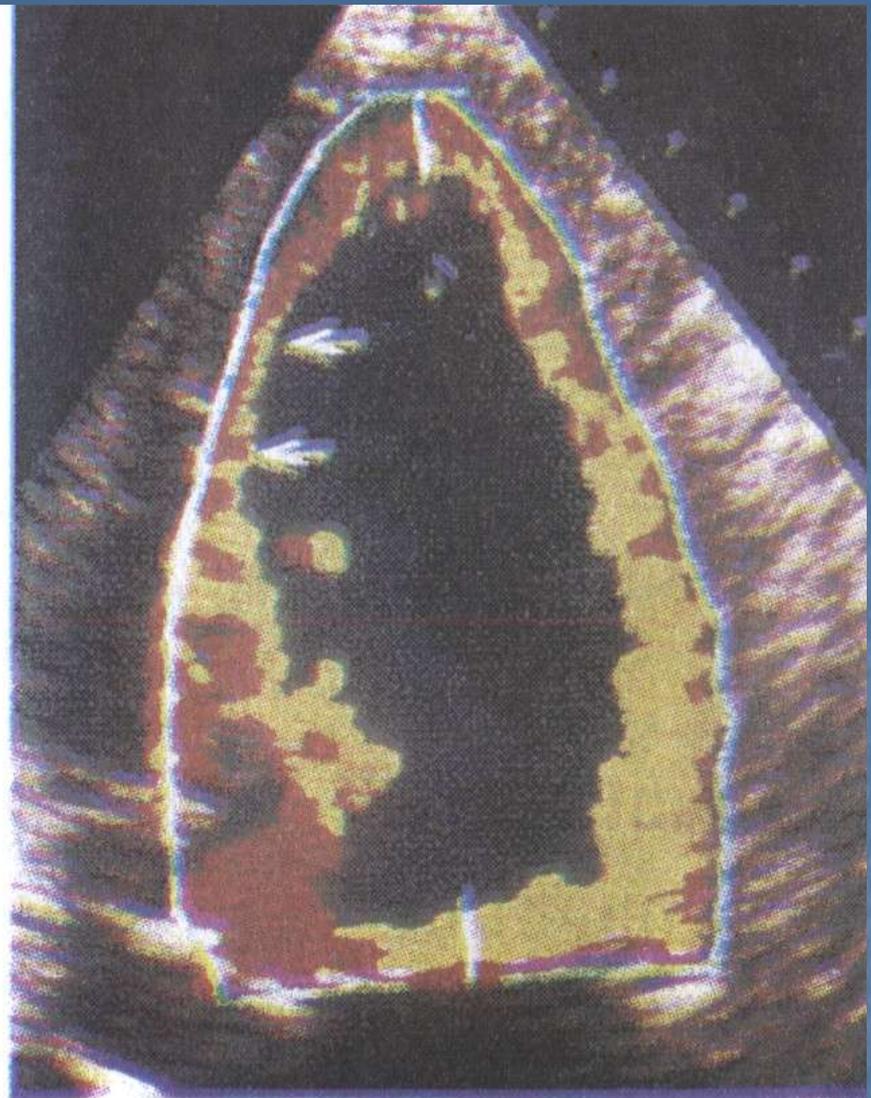
Мышечный дефект межжелудочковой перегородки.



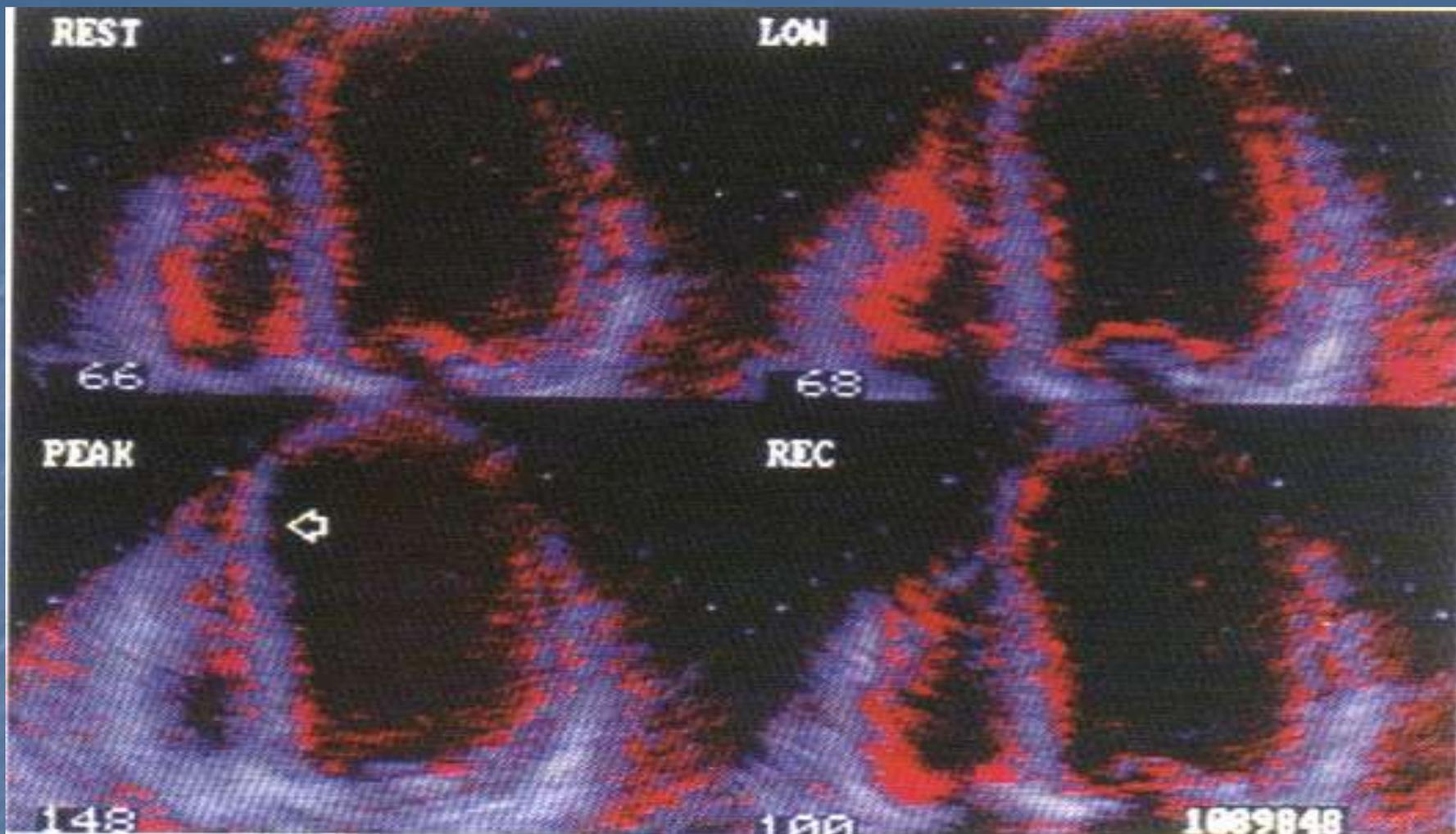
Перимембранозный дефект межжелудочковой перегородки.



**Цветокинез, короткая
ось левого желудочка.**



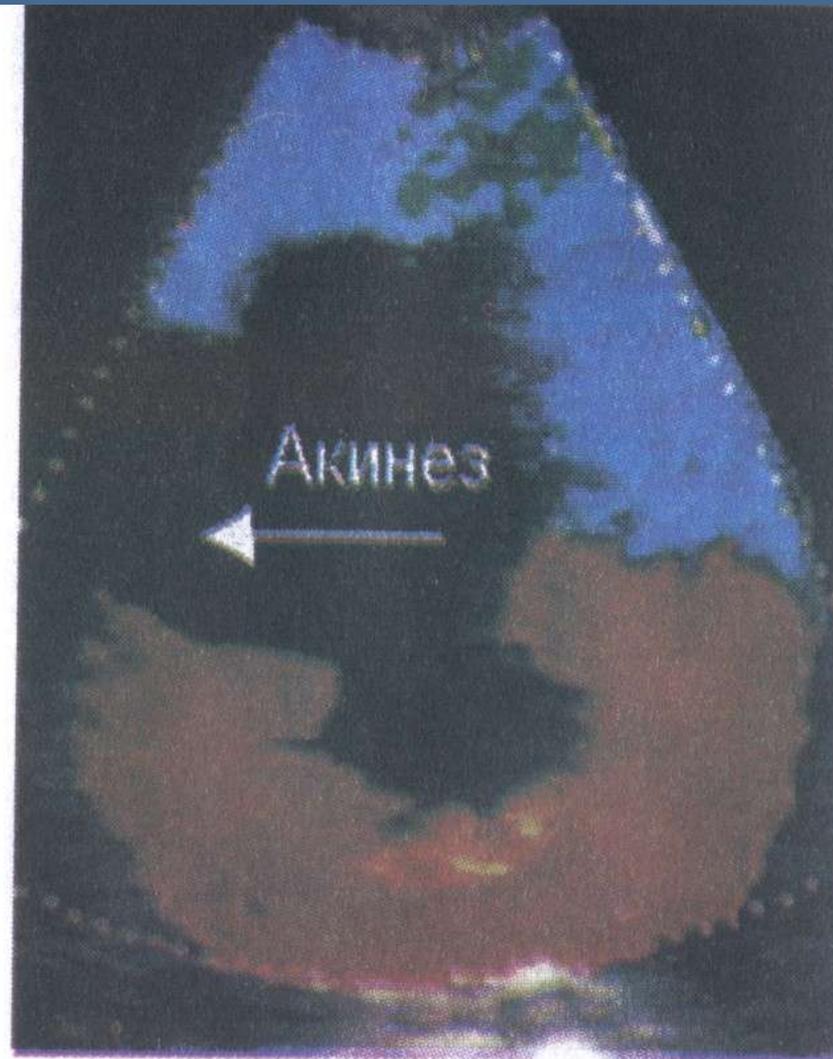
**Цветокинез, длинная
ось левого желудочка, акинезия
МЖП.**



Анализ регионального цветового окрашивания стресс-эхокардиограммы пациента со стенозированием левой передней нисходящей коронарной артерии (стресс-тест с добутамином). Нормальное сокращение стенки отмечается ободком красного цвета на фоне синего изображения в диастолу. Этот красный ободок практически исчезает (стрелка) в дистальной перегородке на пиковой дозе. REC — восстановление.



**Тканевой доплер,
короткая ось левого желудочка.**



**Тканевой доплер,
акинезия МЖП.**



**Тканевой доплер,
длинная ось левого желудочка.**

Оценка диастолической функции ЛЖ

- **Причины, влияющие на диастолические свойства ЛЖ**
- 1. Изменения «активных» эластических свойств миокарда:
 - а) угнетение процесса расслабления;
 - б) изменение диастолического тонуса;
 - в) ишемическая контрактура;
 - г) увеличение продолжительности потенциала действия.

2. Изменения «пассивных» эластических свойств миокарда:

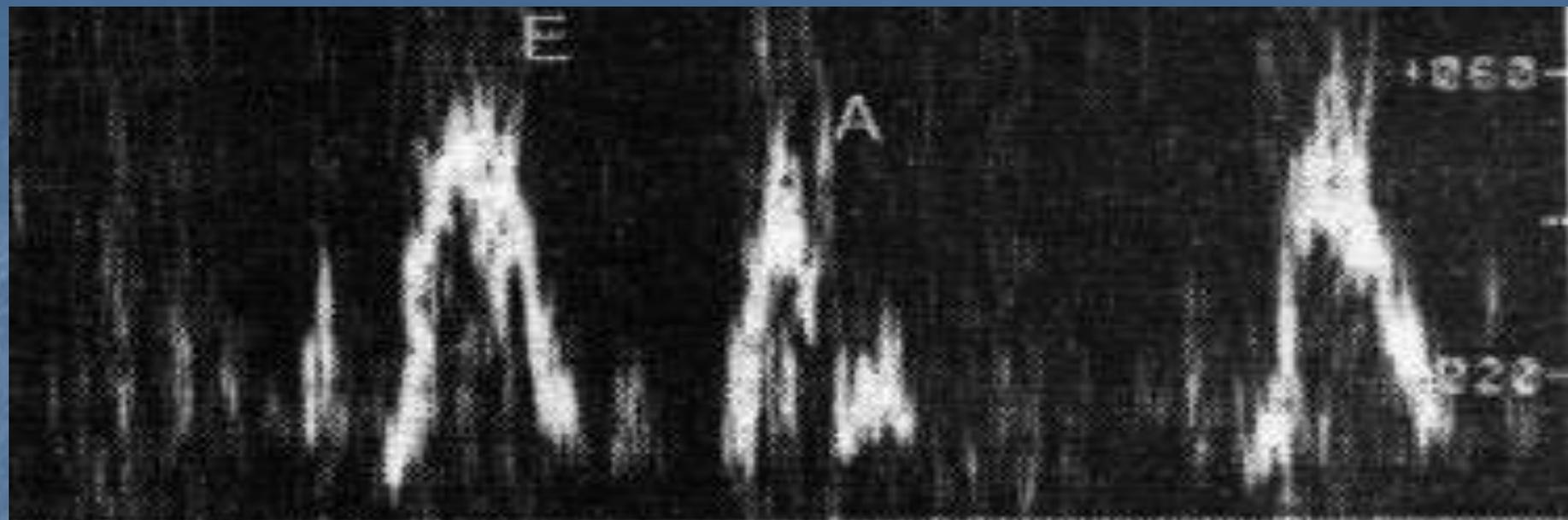
- а) увеличение толщины стенки
желудочка;**

- б) изменение композиционного
состава миокарда (фиброз,
амилоидная инфильтрация**

- 1. Вискозные свойства миокарда.**
- 2. Инерционные свойства миокарда.**
- 3. Влияние различных факторов (ишемия, температура, осмолярность, катехоламины, фармакологические препараты).**

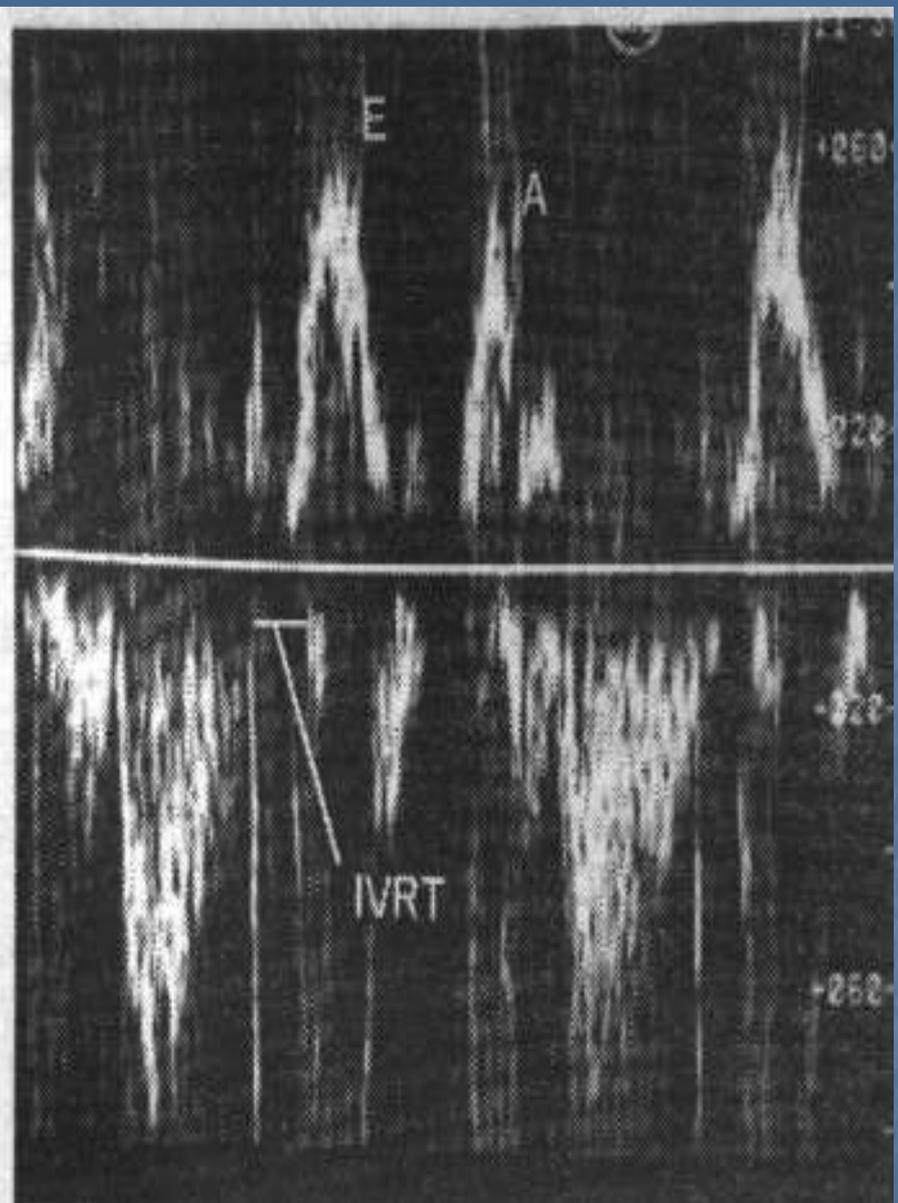
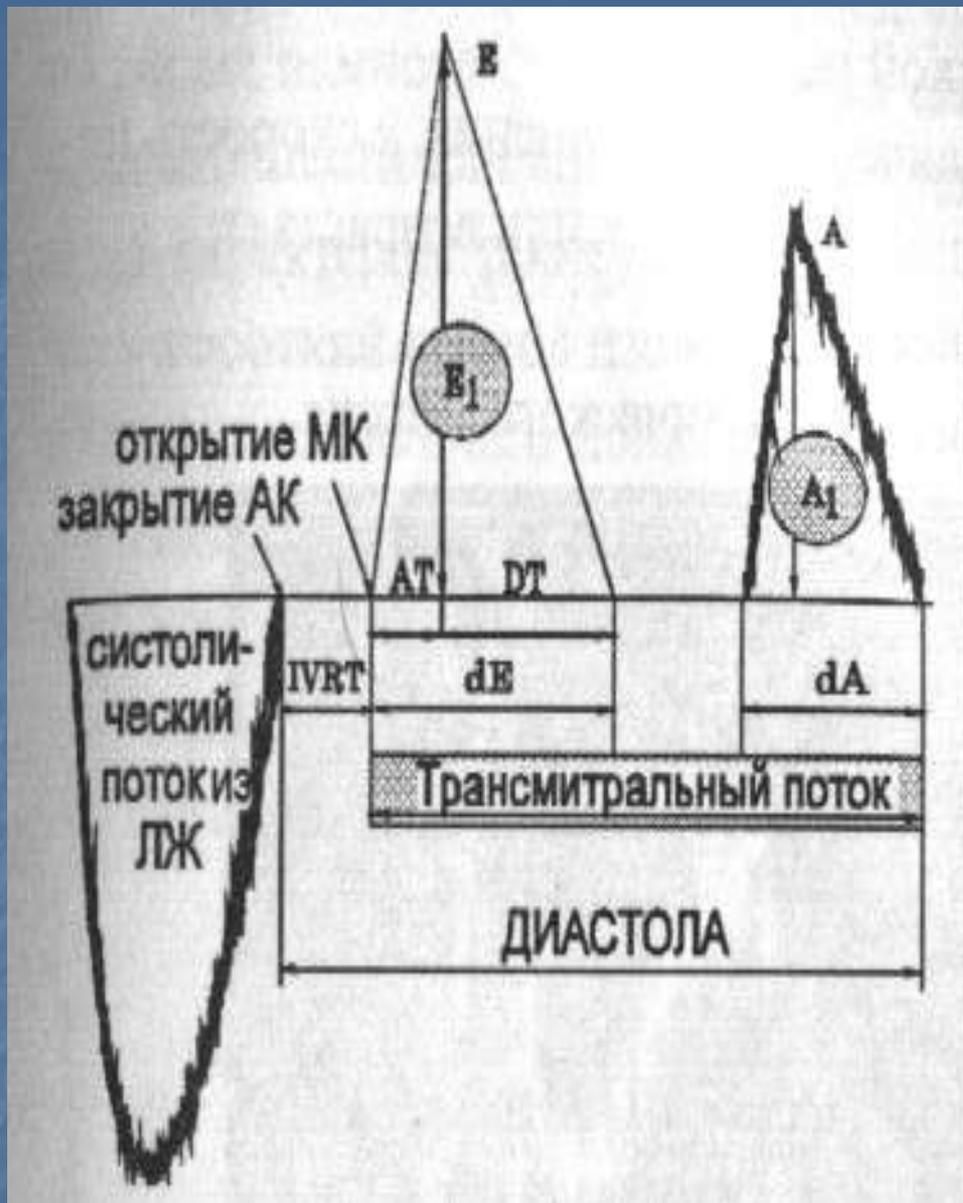
Внешние причины:

1. Свойства перикарда.
2. Систола предсердия.
3. Увеличение диастолического притока крови (при дефектах перегородок, недостаточности клапанов).
4. Перегрузка правого желудочка.
5. Состояние коронарного русла и его кровенаполнение.
6. Давление в корне аорты.



Диастолические временные интервалы и индексы

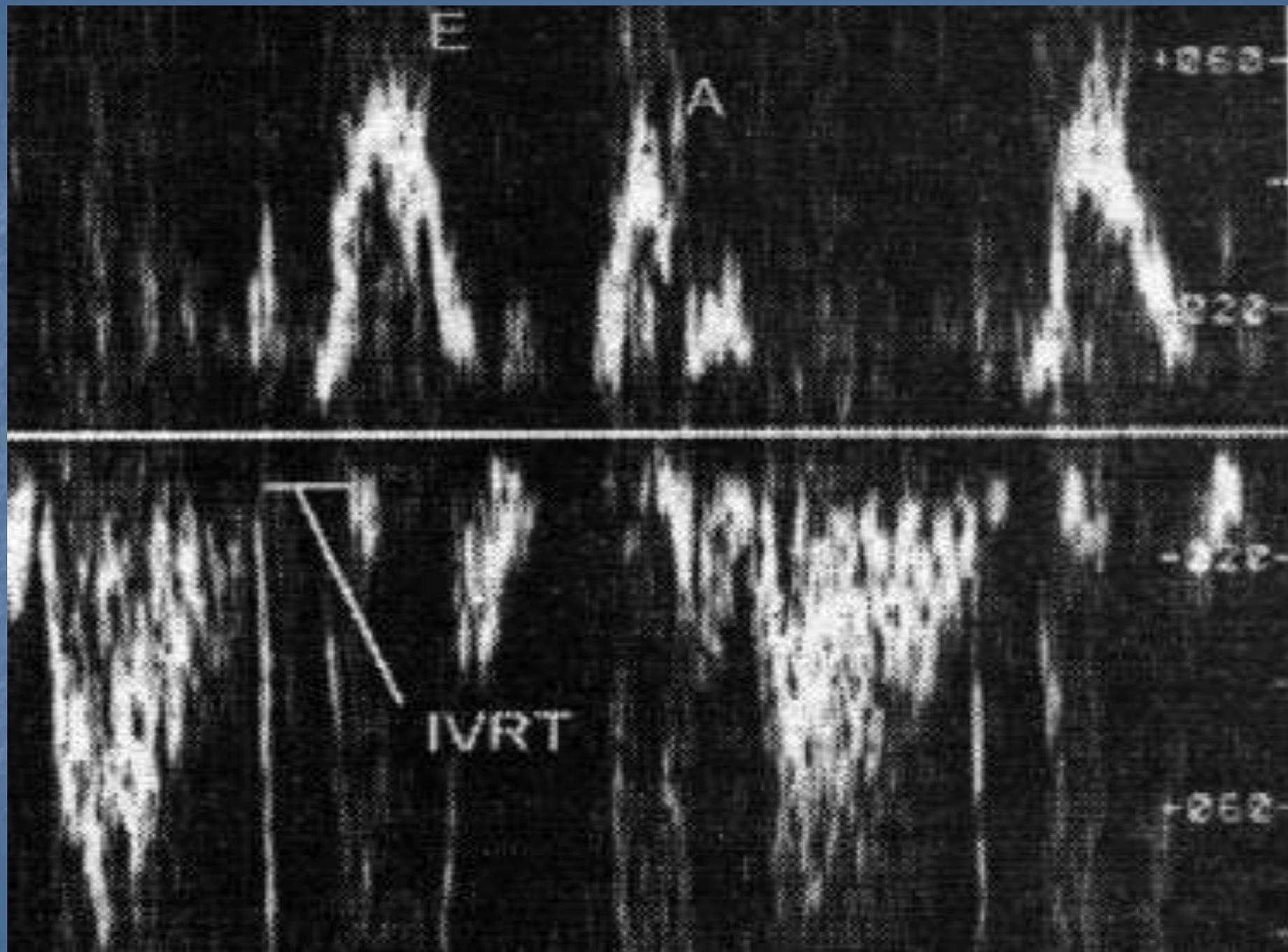
- **IVRT**- 70-90 мсек.
- **AT** - 100 ± 10 (90-110) мсек.
- **dE** - 214 ± 26 (188-240) мсек *
значительно возрастает при
обструкции выносящего тракта ЛЖ
- **DT** - 190 ± 20 (150-210) мсек.
- **E/A** - 1,07-2,35.



- **Определение показателей ДФ ЛЖ по трансмитральному потоку.**

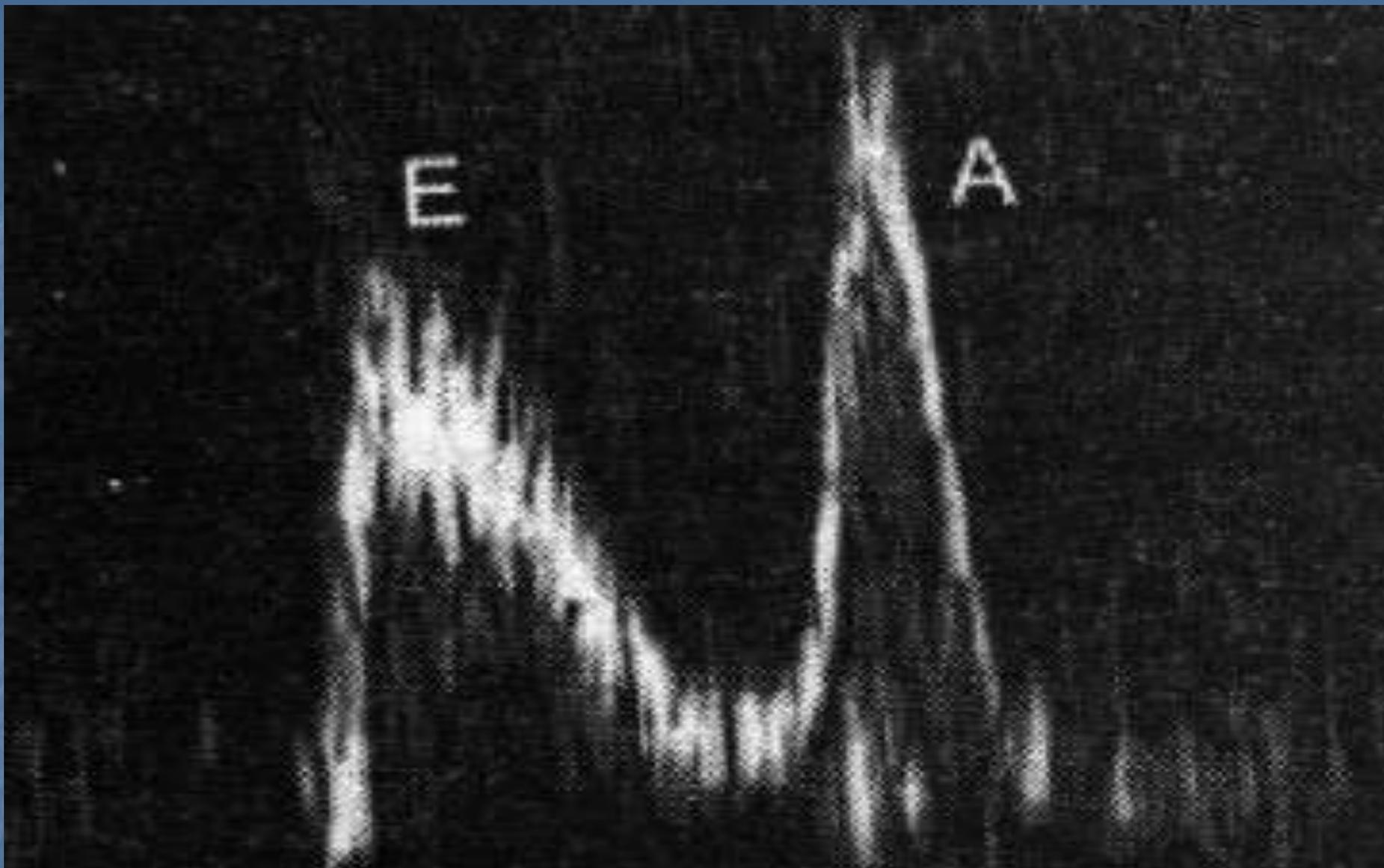
Типы трансмитрального потока при наполнении ЛЖ.

- **Нормальный** тип: волна E несколько выше волны A.
- **Нарушение релаксации ЛЖ:** волна E низкая, волна A высокая.
- **Рестриктивный характер наполнения ЛЖ:** волна E становится высокой, а волна A - незначительной.
- **«Псевдонормализация»**

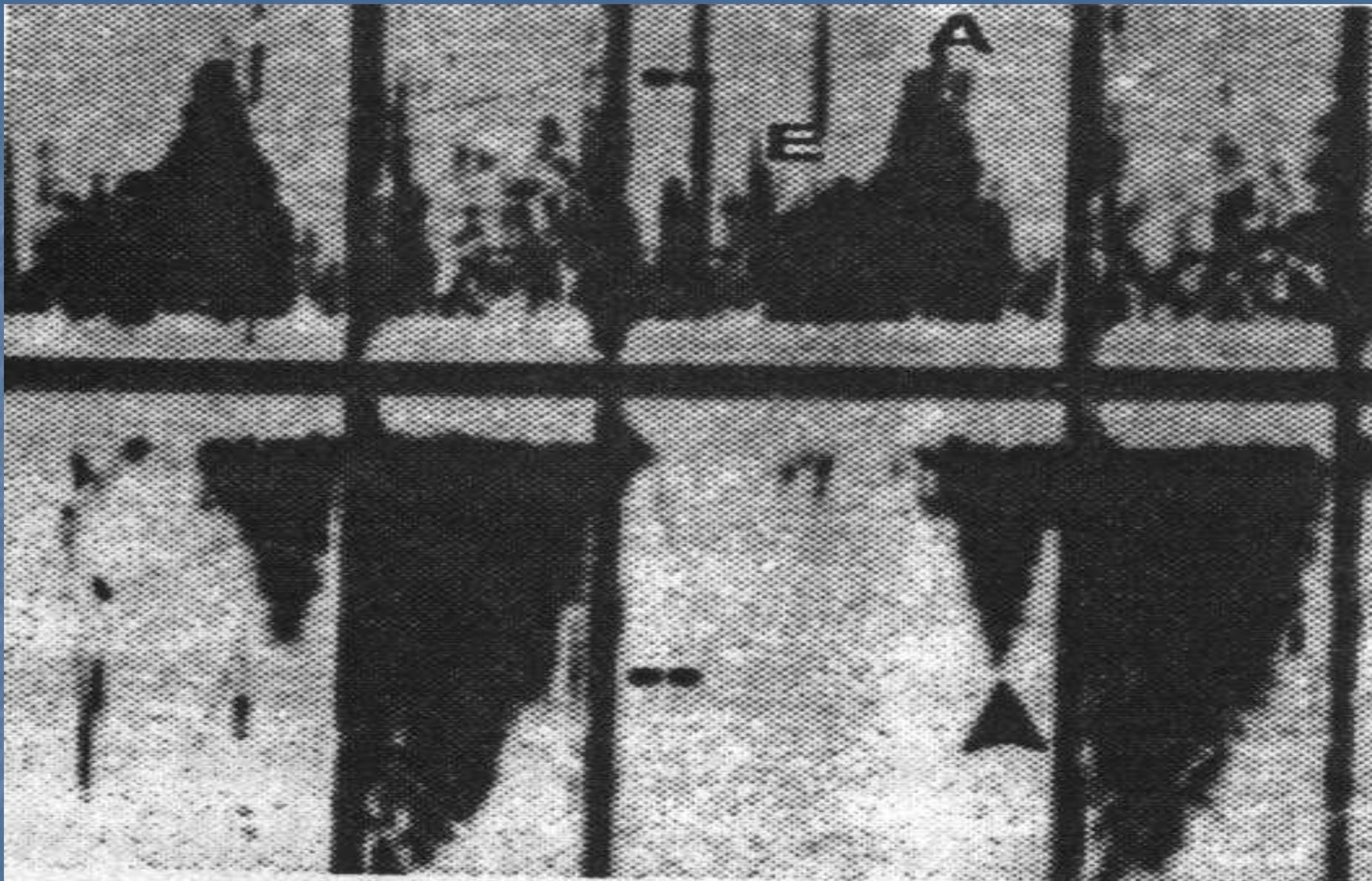


Нарушение релаксации ЛЖ:

- удлиняется период изоволюмической релаксации;
- снижается скорость ранне-диастолического наполнения, а скорость потока вследствие систолы предсердий не меняется или возрастает
- соответственно уменьшается отношение E/A ;
- удлиняется время замедления ранне-диастолического потока.



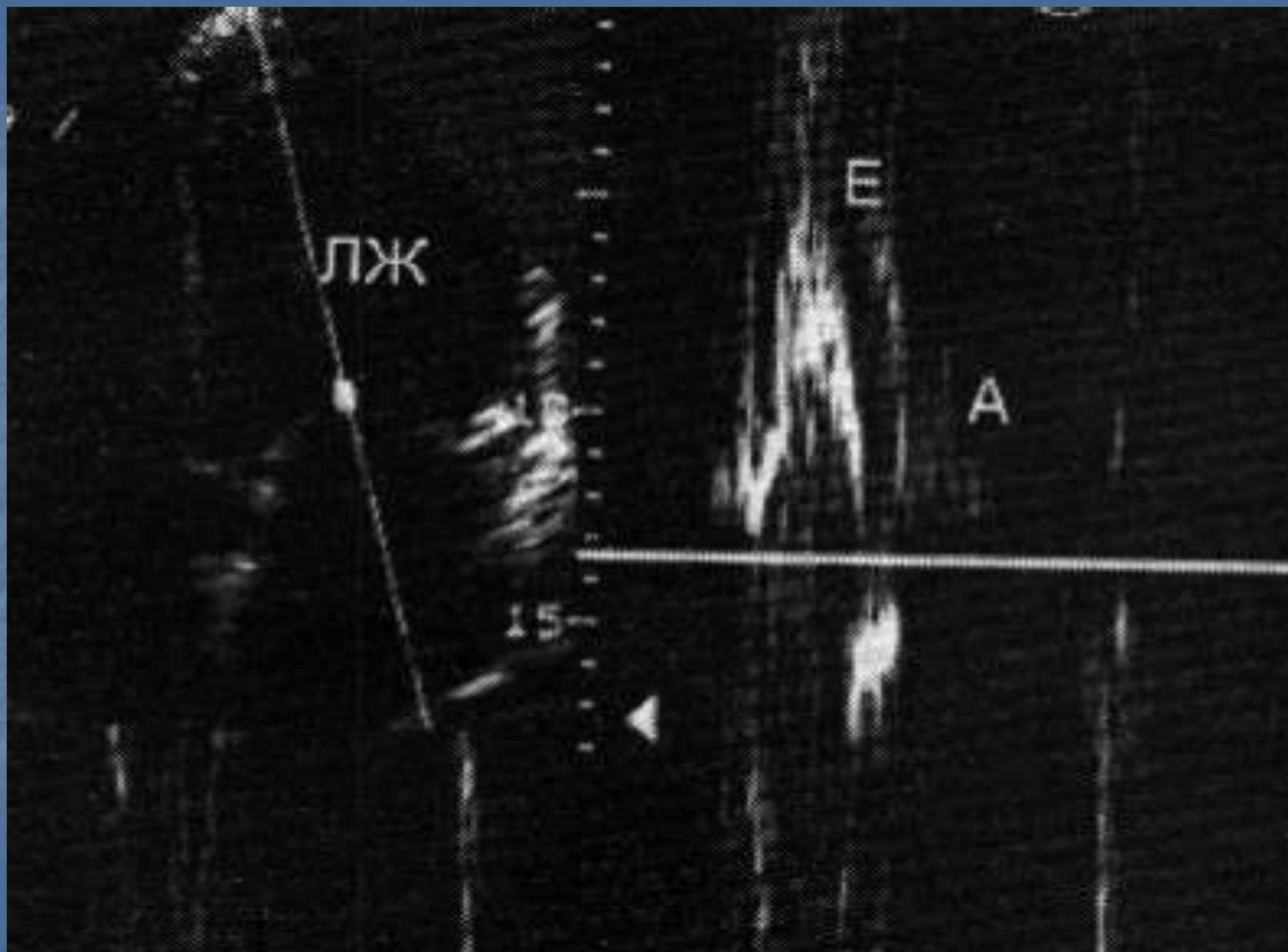
Трансмитральный поток при нарушении расслабления левого желудочка



Поток в выносящем тракте во время поздней диастолы и IVRT

«Рестриктивный» тип графики потока

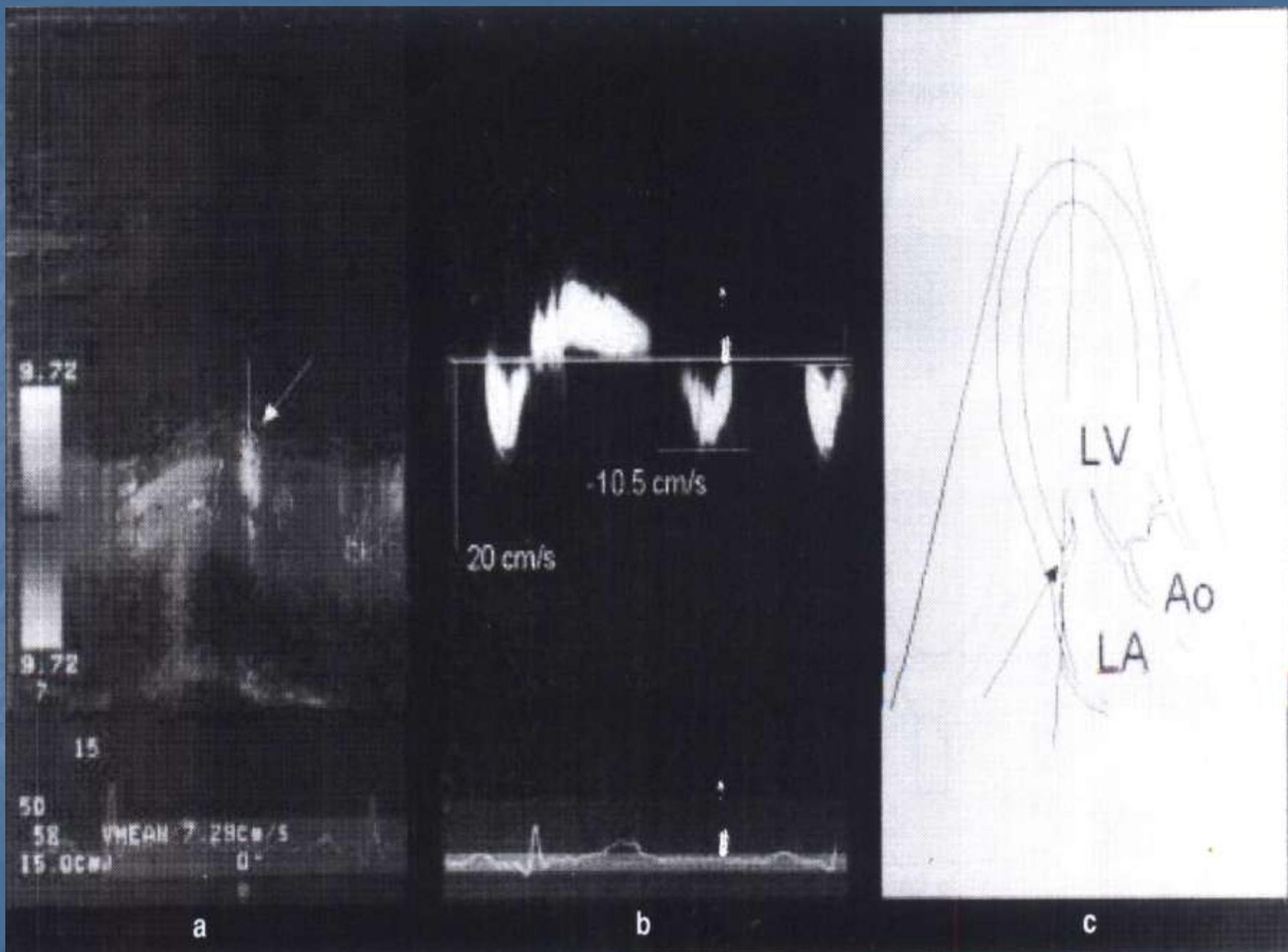
- 1) короткий период изоволюмической релаксации **IVRT**;
- 2) нормальная или повышенная скорость ранне-диастолического наполнения - высокая волна **E**;
- 3) сниженная или нормальная скорость наполнения вследствие систолы предсердия - снижена волна **A**;
- 4) укороченное время замедления ранне-диастолического потока (**DT**).



■ Оценка трансмитрального потока с использованием цветного М-режима.

- Определение угла распространения ранне-диастолического потока в левом желудочке, который зависит от способности левого желудочка активно расслабляться.
- позволяет различать нормальный и псевдонормальный характер трансмитрального потока и, кроме того, он может применяться у больных с мерцательной аритмией.

- **Одномерное цветное тканевое доплеровское исследование** – технология позволяющая измерять максимальную скорость движения миокарда и пробном объеме.
- * Показатель **MAV-E ($9,8 \pm 1,9$ мс)** – скорость раннедиастолического движения митрального кольца



Преимущества MAV-E перед традиционными импульсно-волновыми показателями

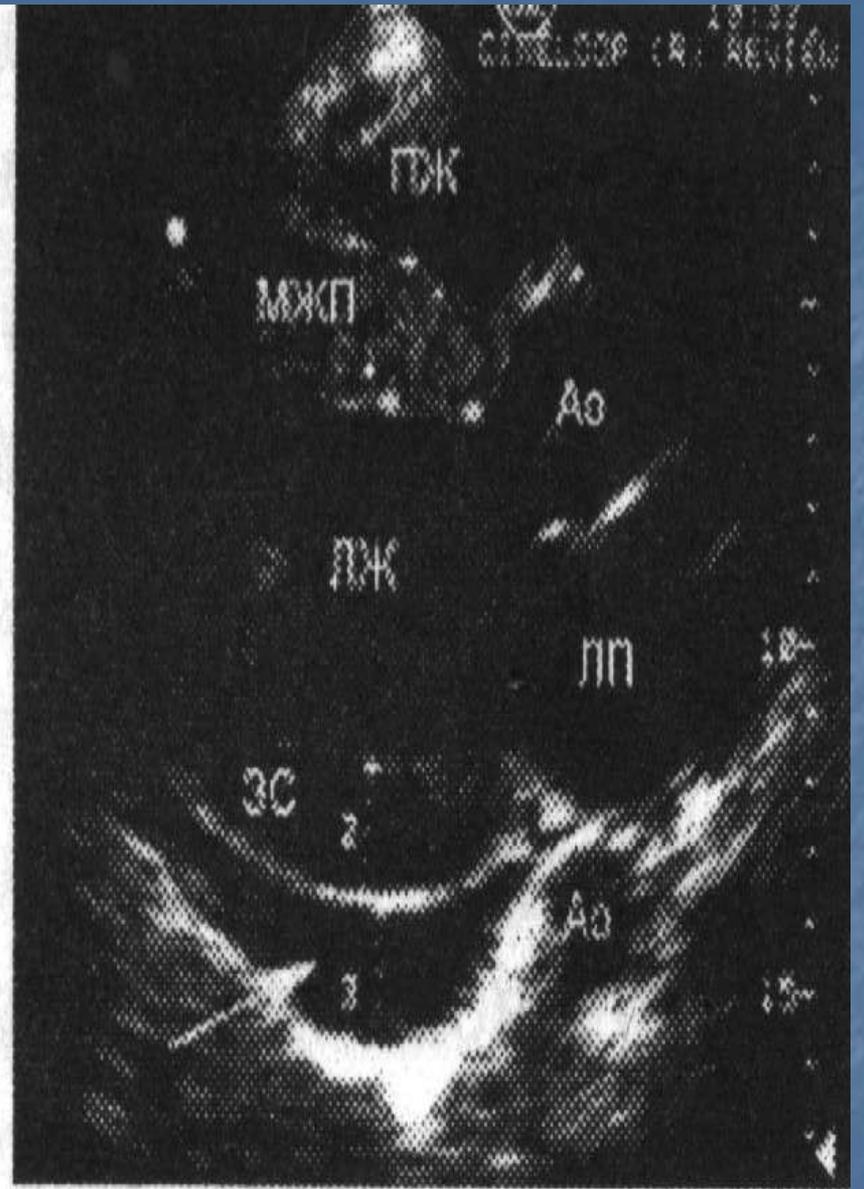
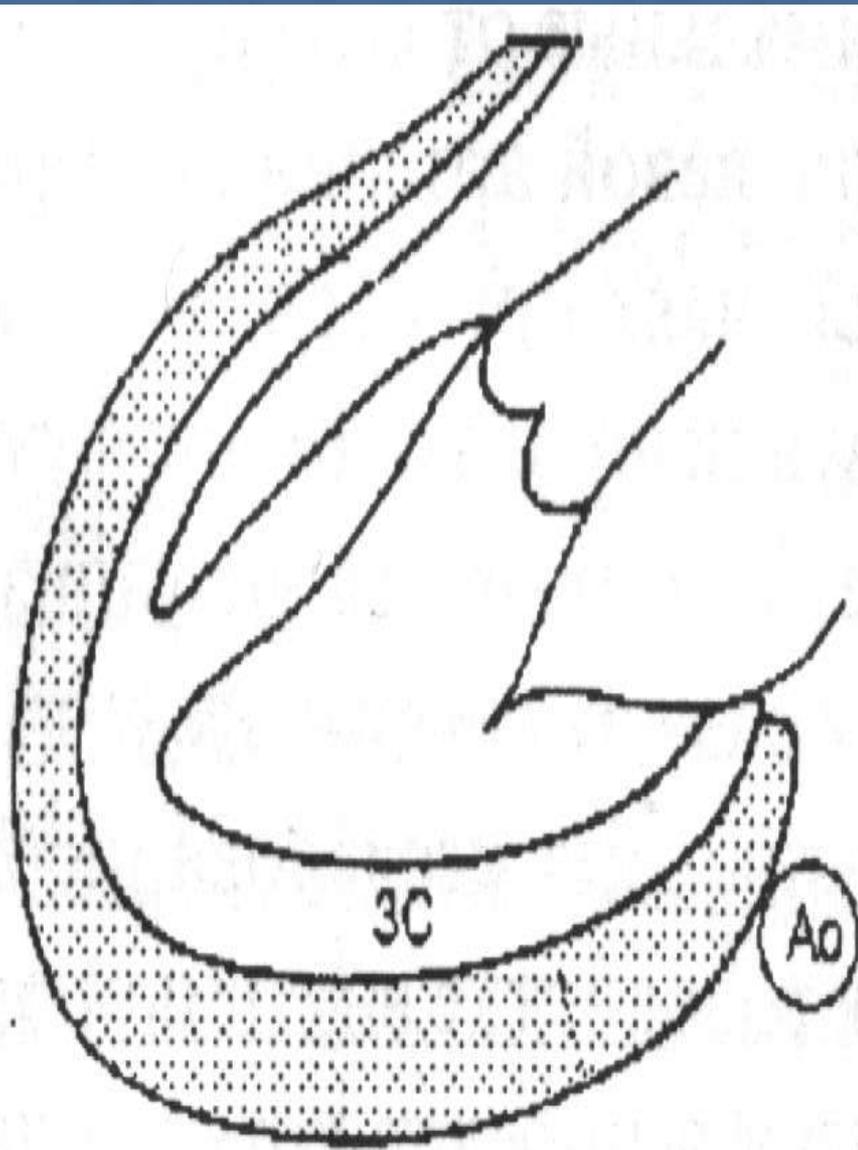
- на показатель не влияют давление наполнения ЛЖ, возраст пациента
- бóльшая и ранняя чувствительность к нарушению диастолического наполнения ЛЖ
- позволяет дифференцировать физиологическое и патологическое нарушение релаксации
- высокая корреляция показателя инвазивными индексами расслабления ЛЖ (t -константа кривой давления в ЛЖ) и сократимости (КСИ)

Исследование перикарда

- Показания к ЭхоКГ: подозрение на экссудативный / констриктивный перикардит
- **Задачи:**
 1. Дифдиагностика перикардального и плеврального выпота
 2. Локализация жидкости, выбор места для дренажа
 3. Определение объема экссудата (N = до 4 мм)
 - До 1 см – малый гидроперикард
 - 1-2 см – умеренный гидроперикард
 - > 2 см – большой гидроперикард

Эхо-признаки тампонады

- Диастолическое западение стенки ПП в апикальном 4-камерном изображении
- Диастолическое западение стенки ПЖ, лучше в одномерном режиме с одновременной регистрацией движения МК и АК.



Жидкость в полости перикарда

Эхо-признаки констриктивного перикардита

- Утолщение париетального листка перикарда > 4 мм
- Раннее прекращение наполнения ЛЖ
- Уменьшение времени раннедиастолического наполнения ЛЖ (DT)
- Снижение скоростей трансмитрального и систолического потоков в ЛЖ на вдохе при отсутствии систолической дисфункции ЛЖ (дифдиагностика с рестриктивной КМП).