

ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И.ПИРОГОВА

# ОСНОВЫ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Доцент кафедры общей терапии ФДПО  
КРЫЛОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА

# Современная аппаратура для ЭхоКГ



# Эхокардиограф в кармане



# Эхокардиография (ЭхоКГ)

*(греч. echo - отголосок + kardia - сердце*

*+ grapho- писать, изображать*

*синоним: ультразвуковая кардиография)*

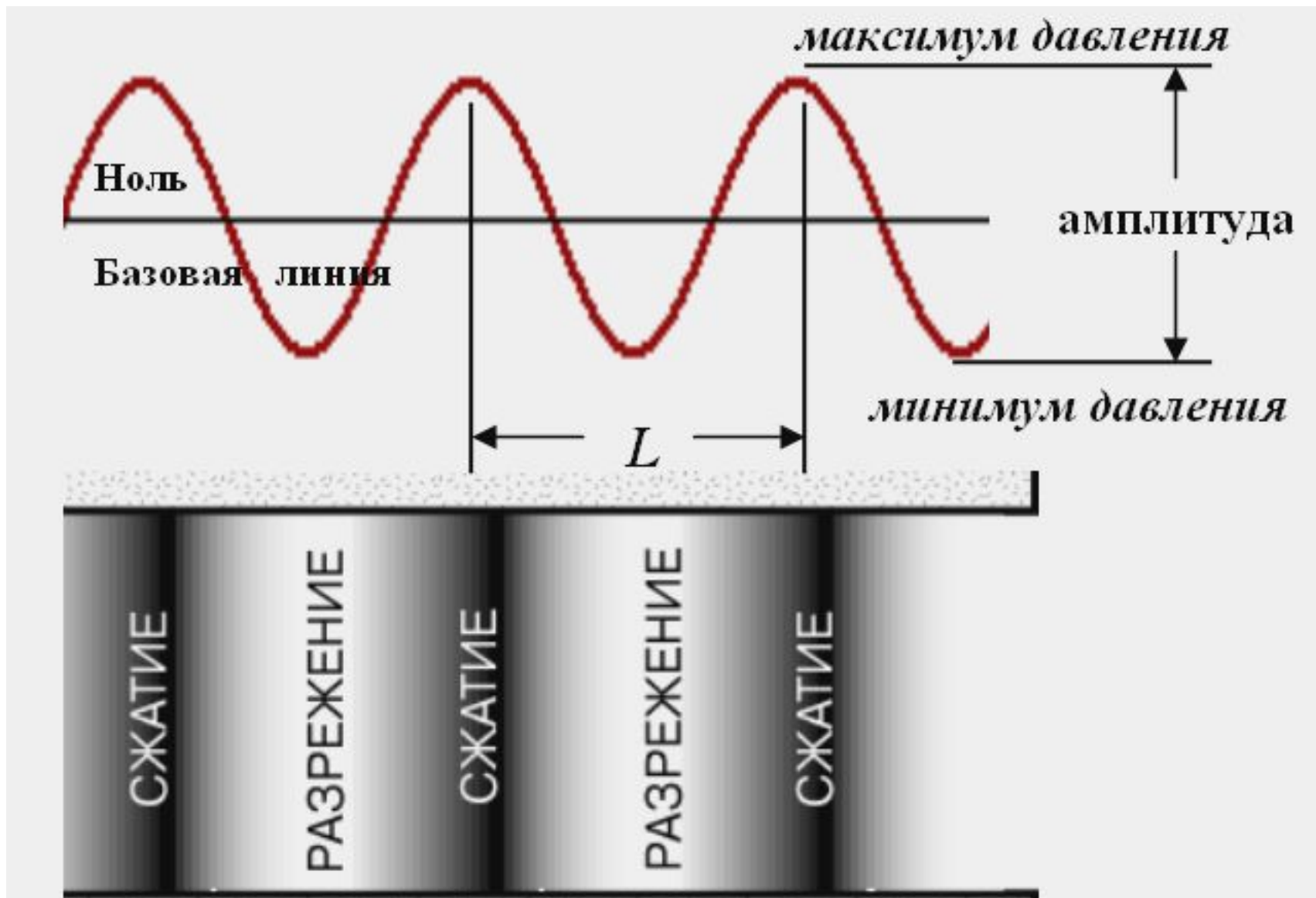
метод исследования и диагностики нарушений  
морфологии и механической деятельности  
сердца, основанный на регистрации  
отраженных от движущихся структур сердца  
ультразвуковых сигналов

# Важная информация

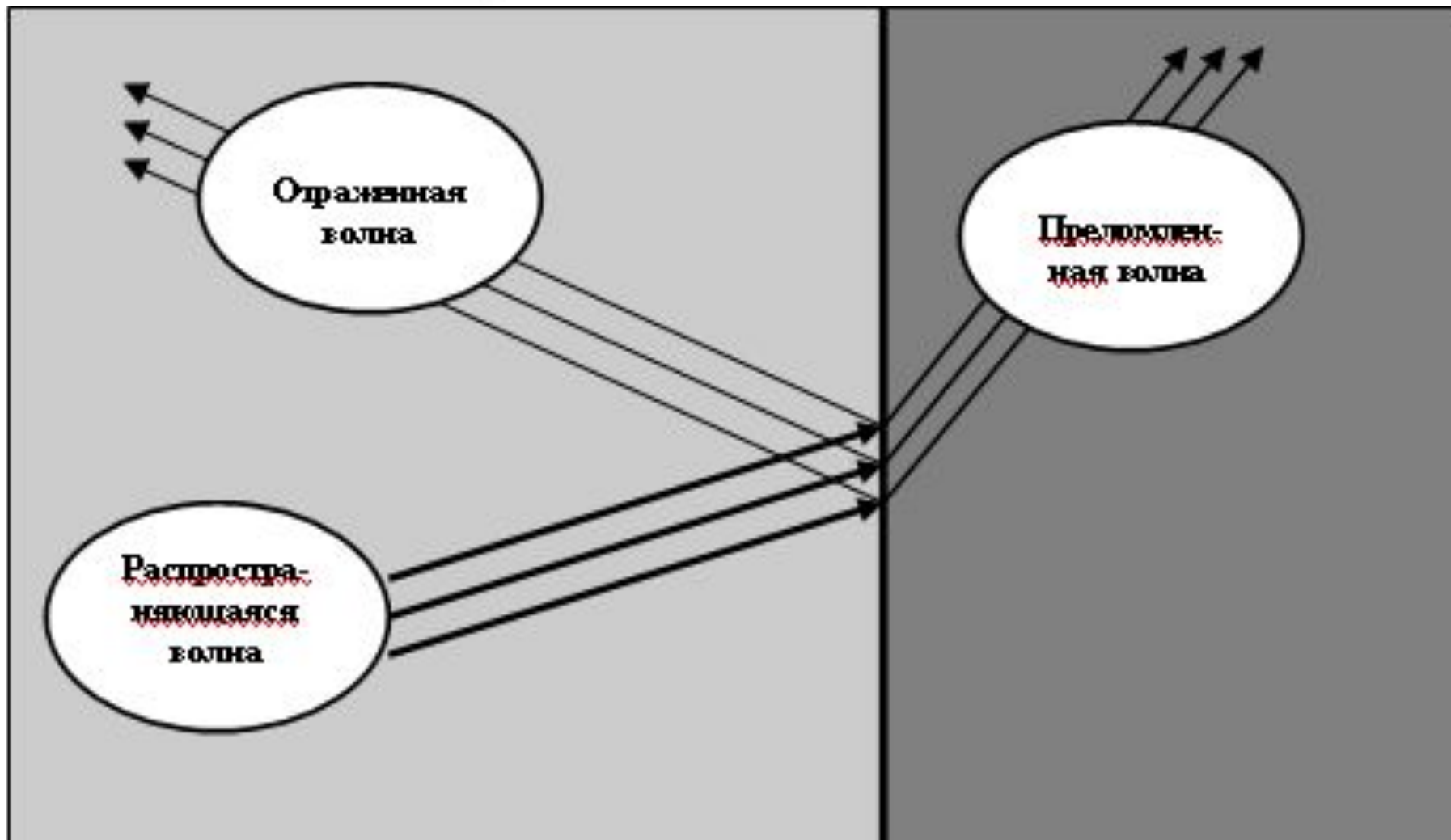
- недостатком ЭхоКГ является зависимость от квалификации исследователя
- специалист ЭхоКГ должен **быть кардиологом**, знать топографию грудной клетки и гемодинамику сердца
- иначе резко возрастает процент ошибок диагностики

Диагностика осуществляется при помощи  
**ультразвука** - это звук с частотой выше  
20 000 колебаний в секунду)

# Схематическое изображение звуковой волны









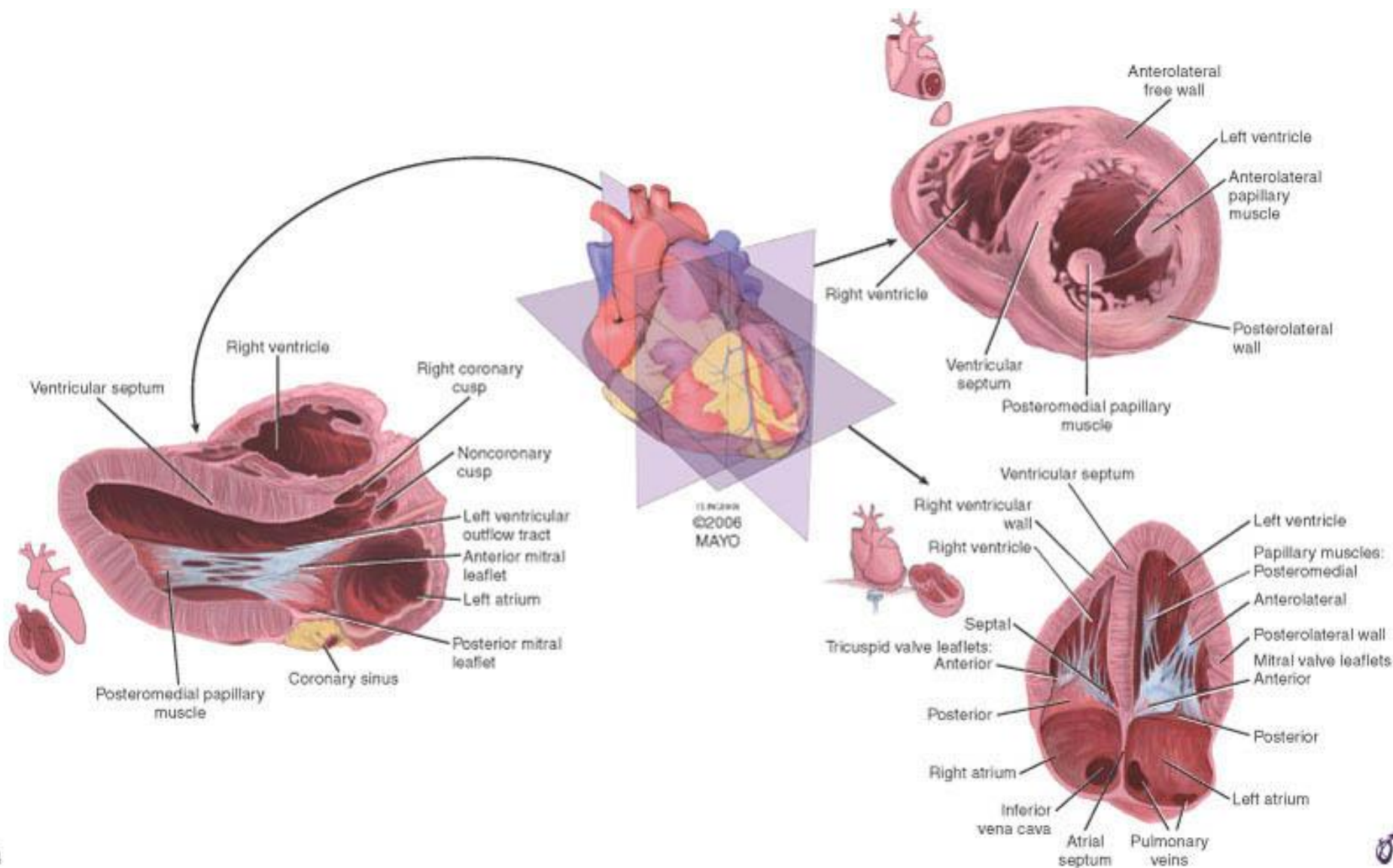
□ Датчик УЗ аппарата содержит пьезоэлектрический элемент, который под влиянием переменного электрического напряжения генерирует УЗ волны

**□ Отраженные от границы раздела сред сигналы ультразвука возвращаются и улавливаются датчиком**

□ Ударяясь о пьезоэлектрический элемент, они преобразуются в электрический импульс и передаются в систему обработки информации, и в зависимости от интенсивности сигнала, отображаются на экране в виде точек, сливающихся в изображение исследуемого объекта

# Преимущества ультразвука как диагностического инструмента

- Ультразвук может быть направлен в виде луча
- Ультразвук подчиняется законам отражения и преломления
- Ультразвук отражается объектами небольшого размера



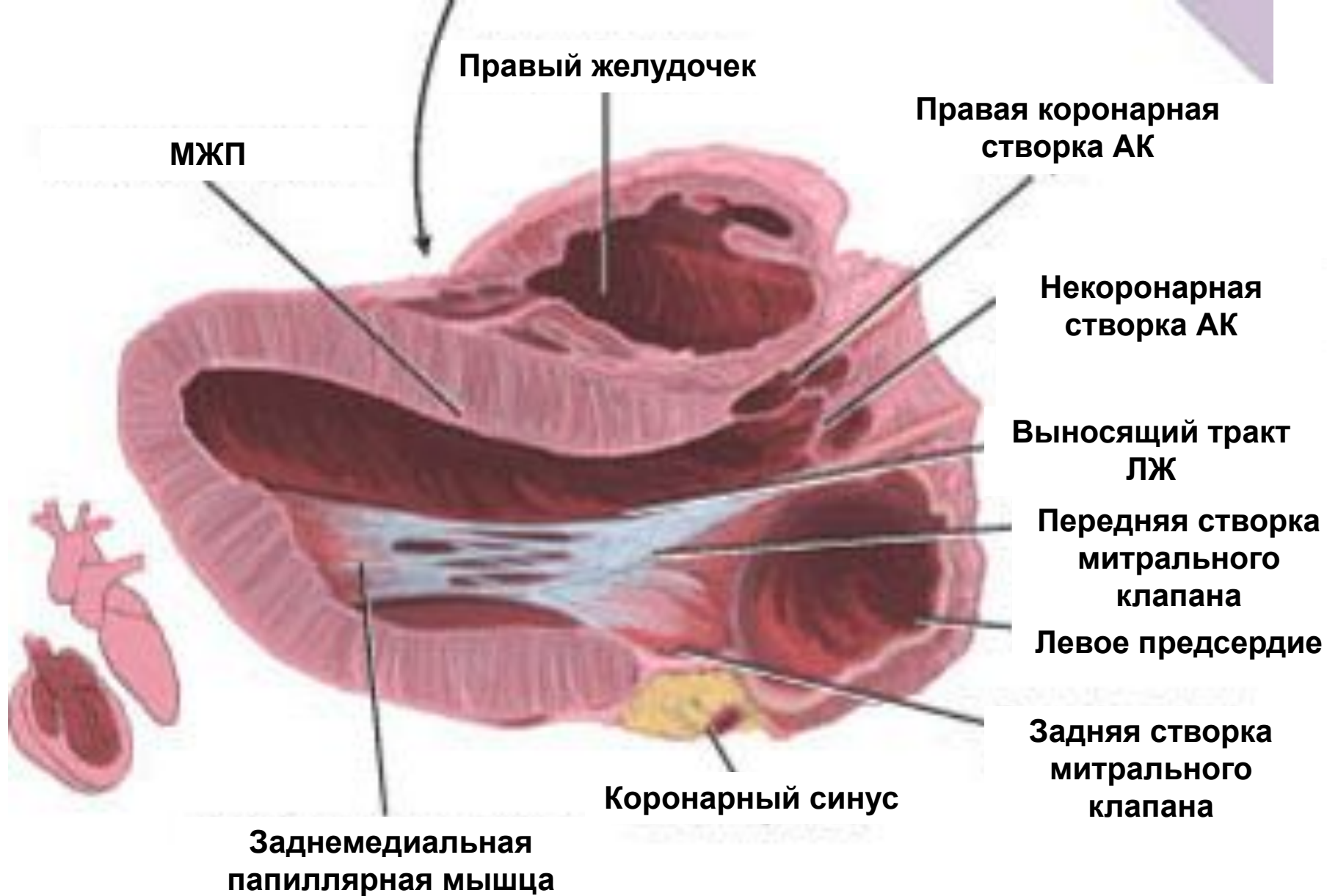
B

(Modified from Tajik AJ, Seward JB, Hagler DJ, et al: Two-dimensional real-time ultrasonic imaging of the heart and great vessels: Technique, image orientation, structure identification, and validation. *Mayo Clin Proc* 53:271, 1978. Used with permission of Mayo Foundation for Medical Education and Research.)

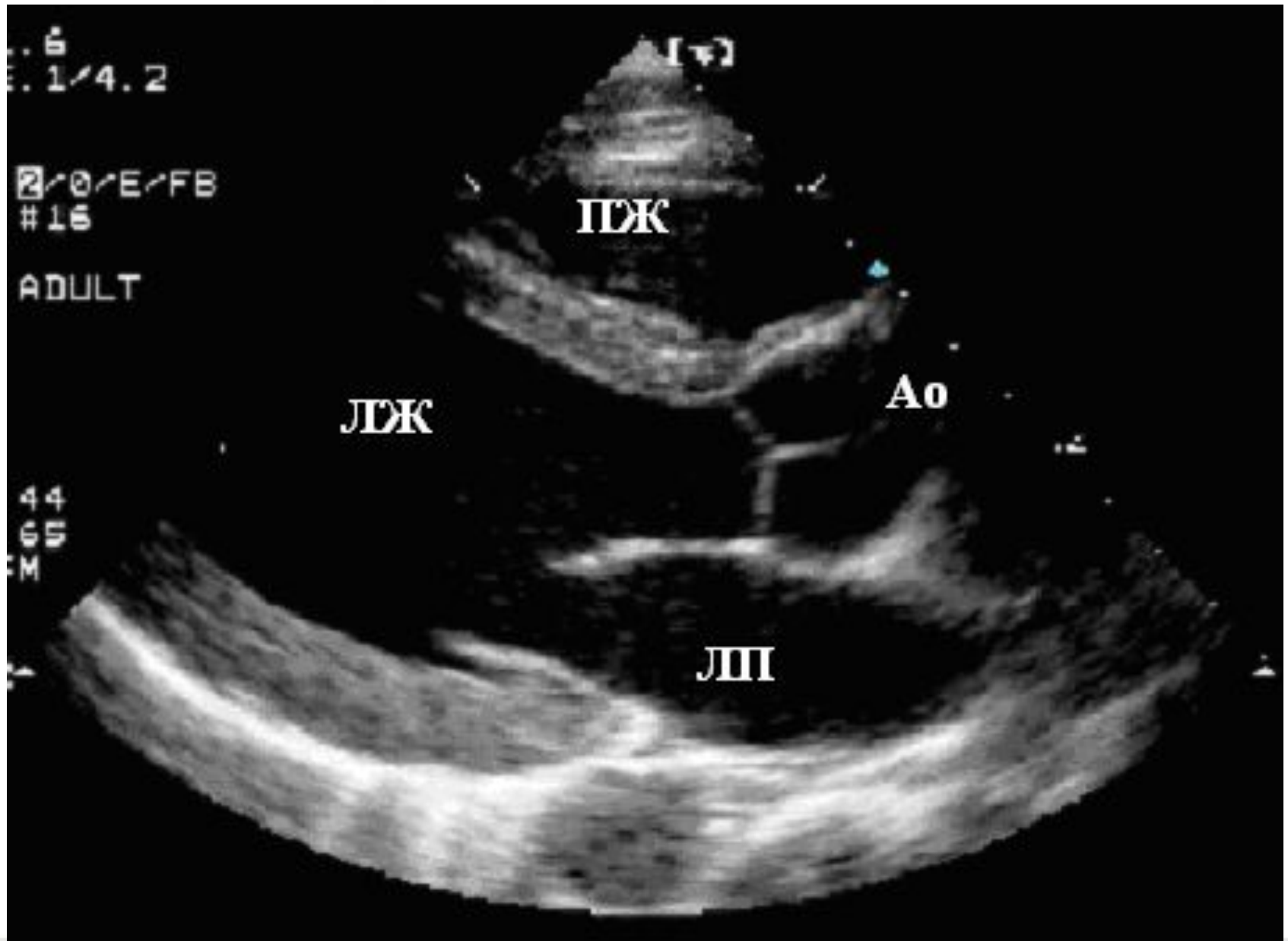




**Парастернальный  
доступ  
датчик  
устанавливается  
слева от края  
грудины  
примерно в 4-м  
межреберье**

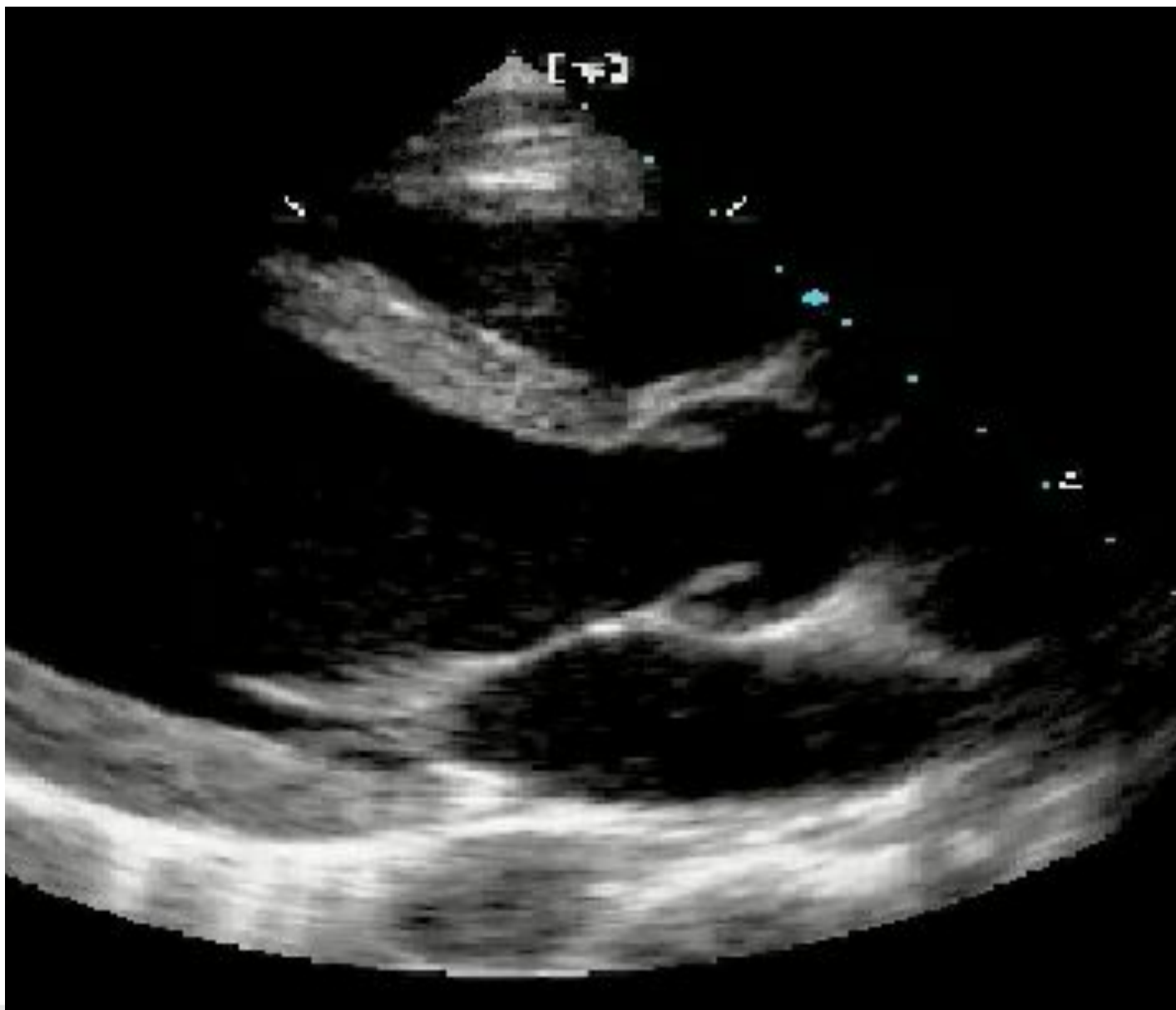


# Парастернальная позиция, длинная ось ЛЖ (диастола)

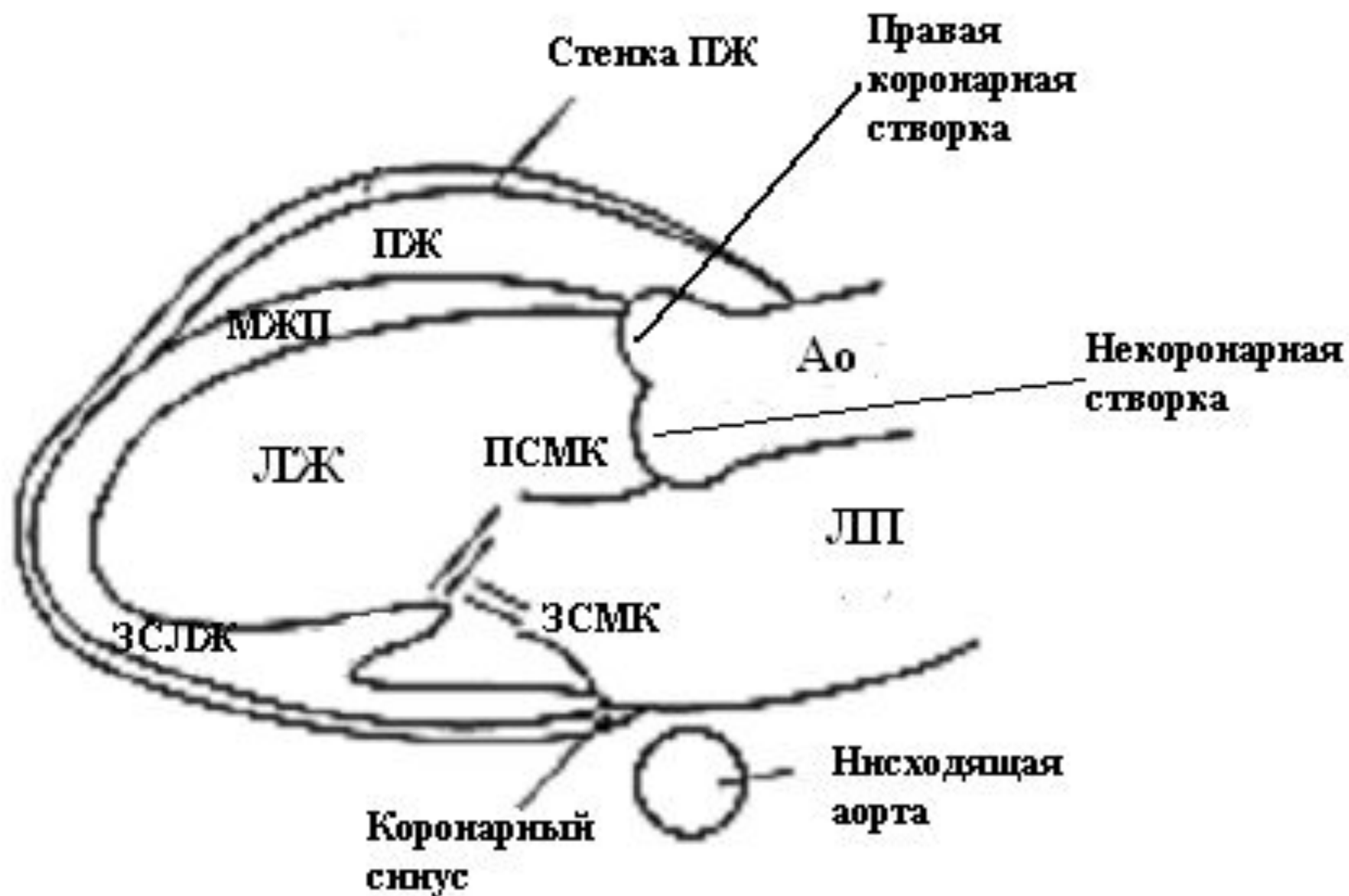




## Парастеральная позиция, длинная ось ЛЖ (систола)

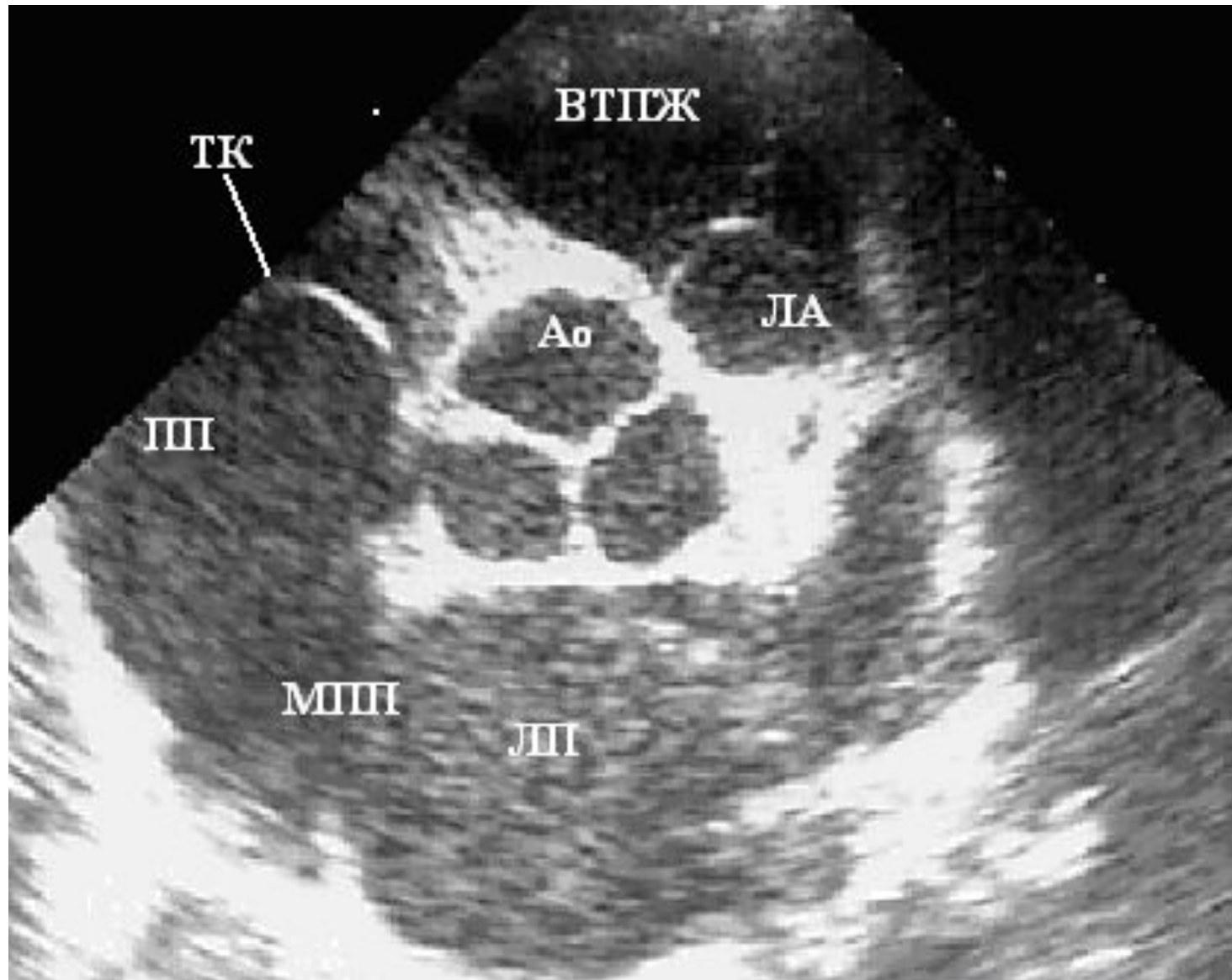








## Парастеральная позиция, короткая ось на уровне аортального клапана (диастола)



## Парастернальная позиция, короткая ось на уровне аортального клапана (систола)



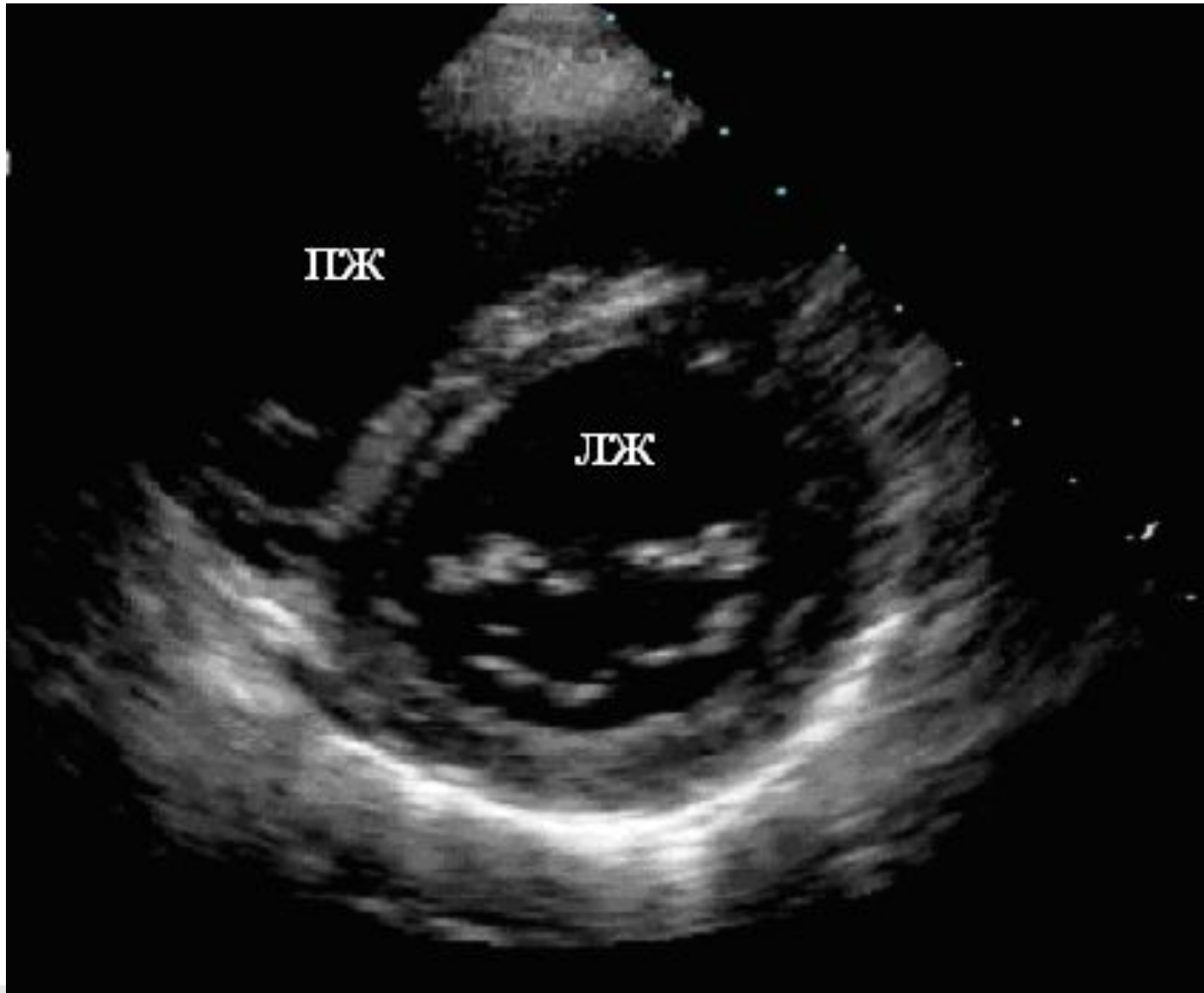




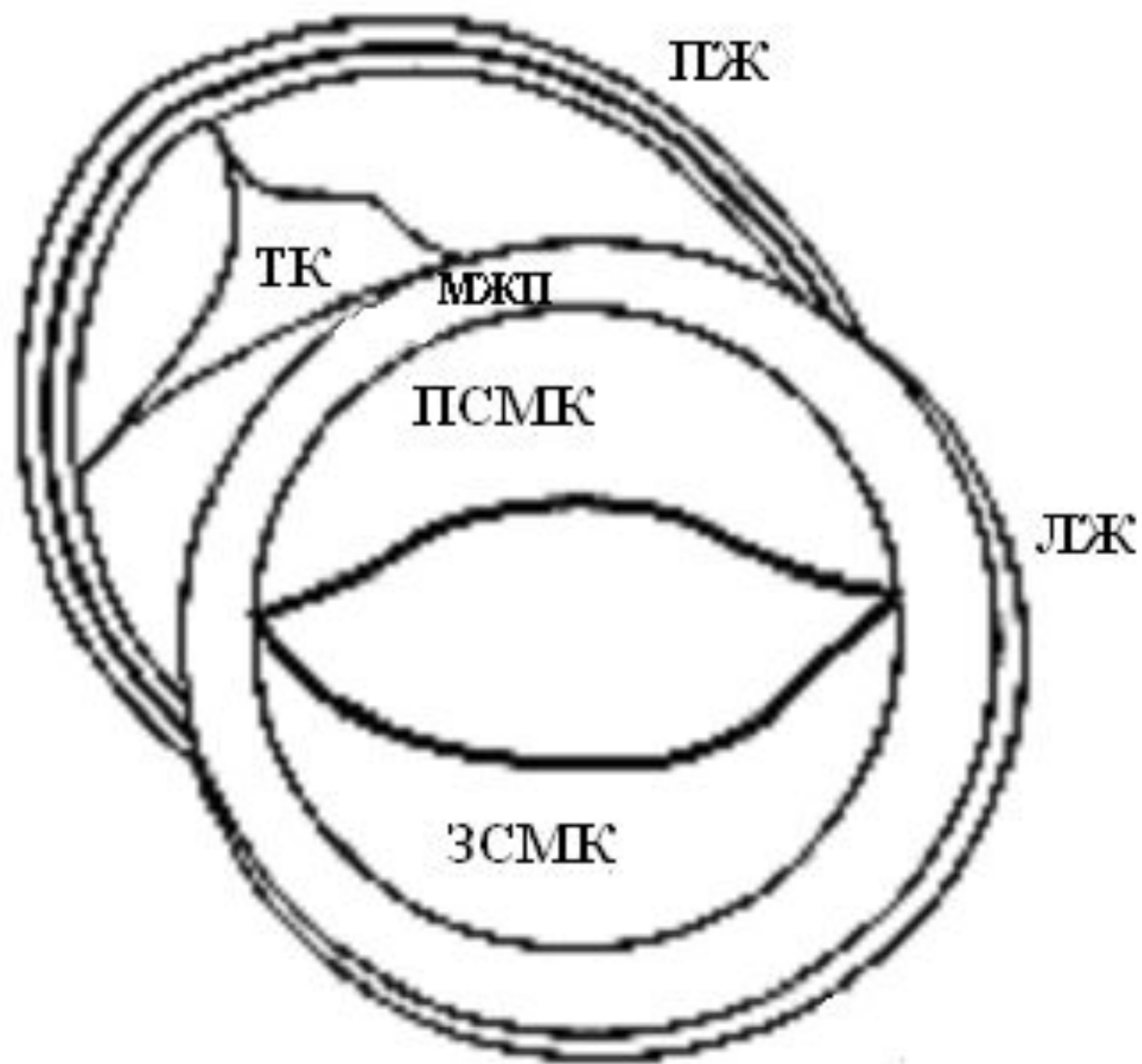
## Переднебоковая стенка ЛЖ



# Парастенальная позиция, короткая ось на уровне митрального клапана

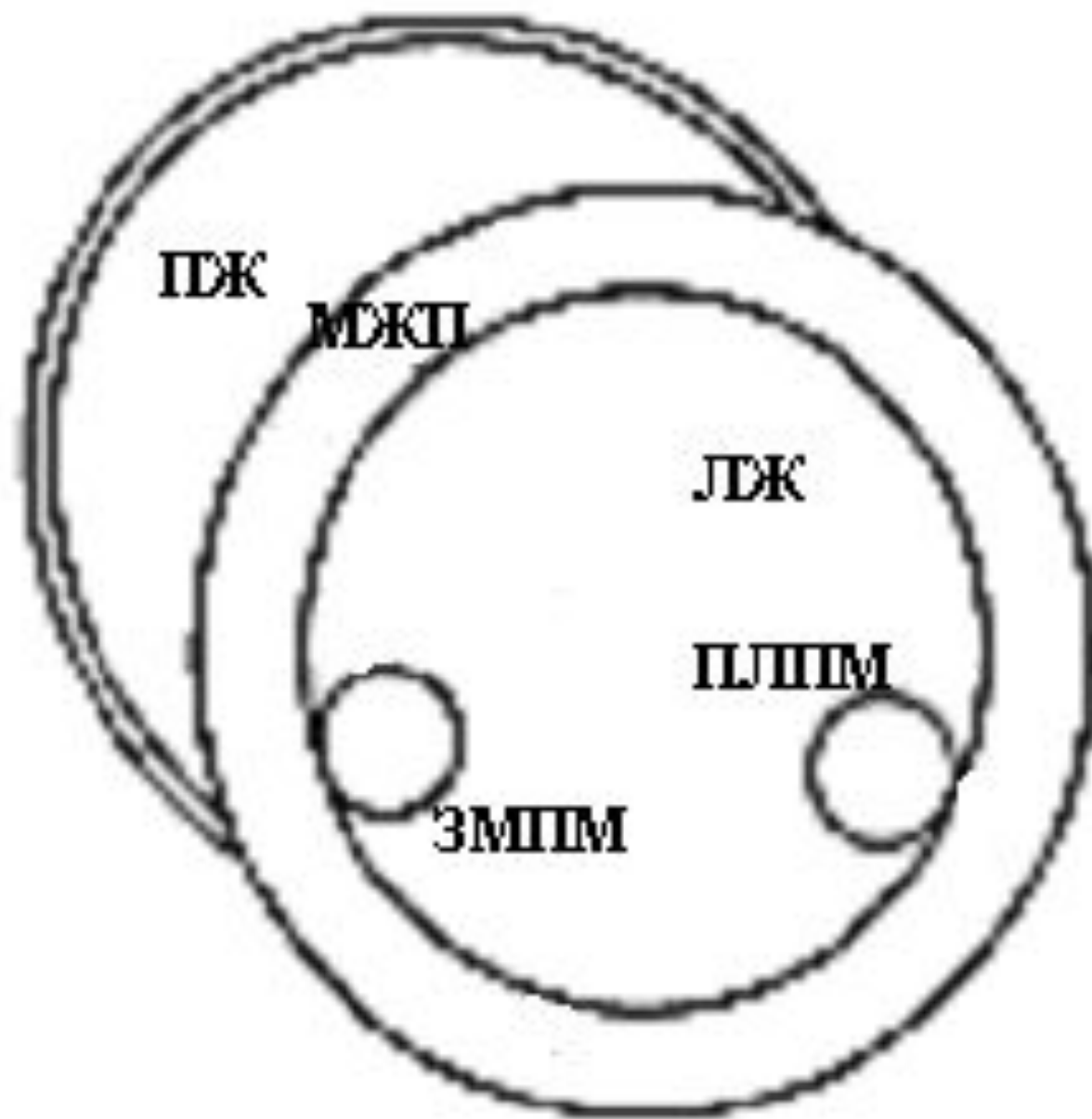






## Парастенальная позиция, короткая ось на уровне папиллярных мышц

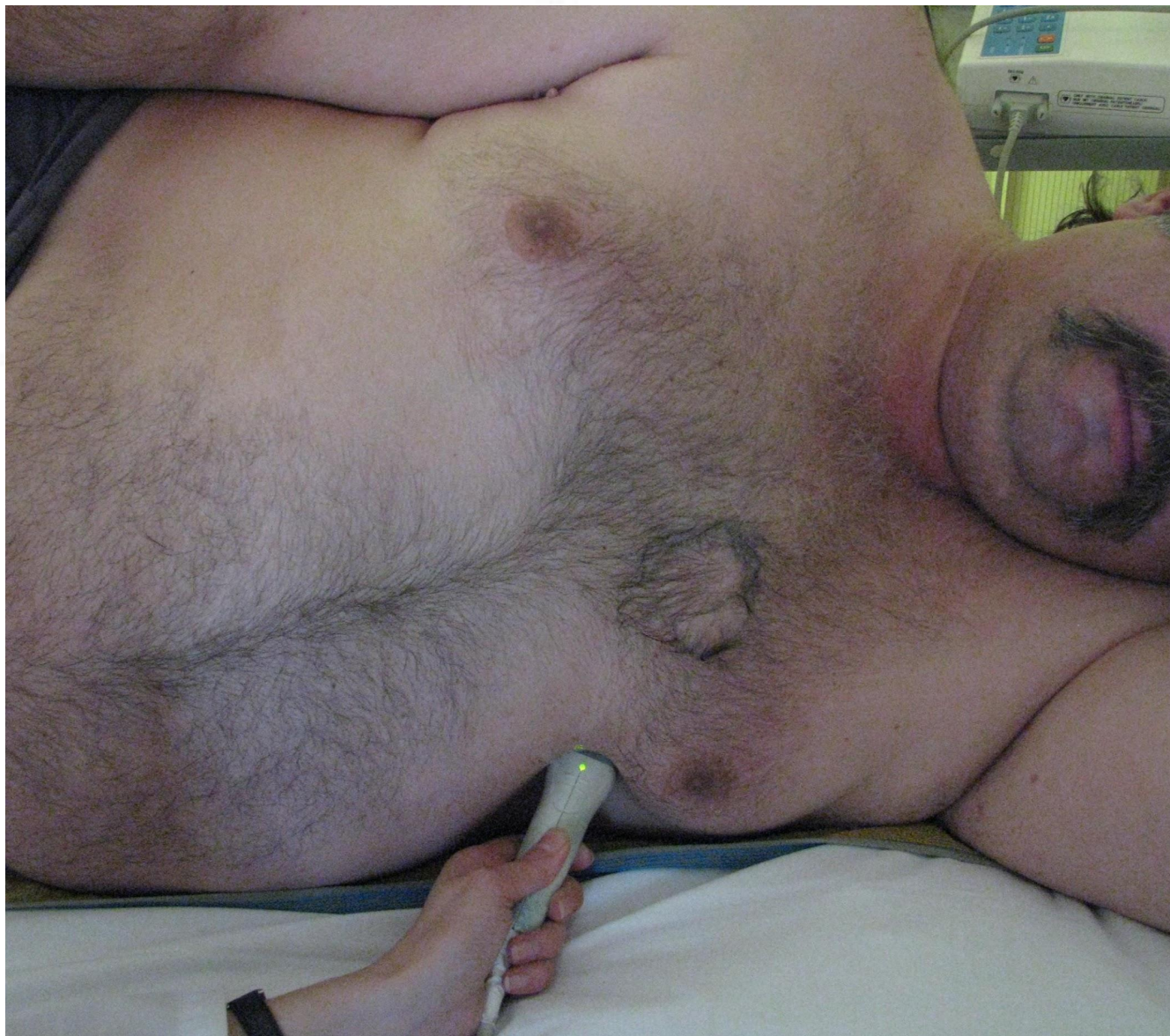




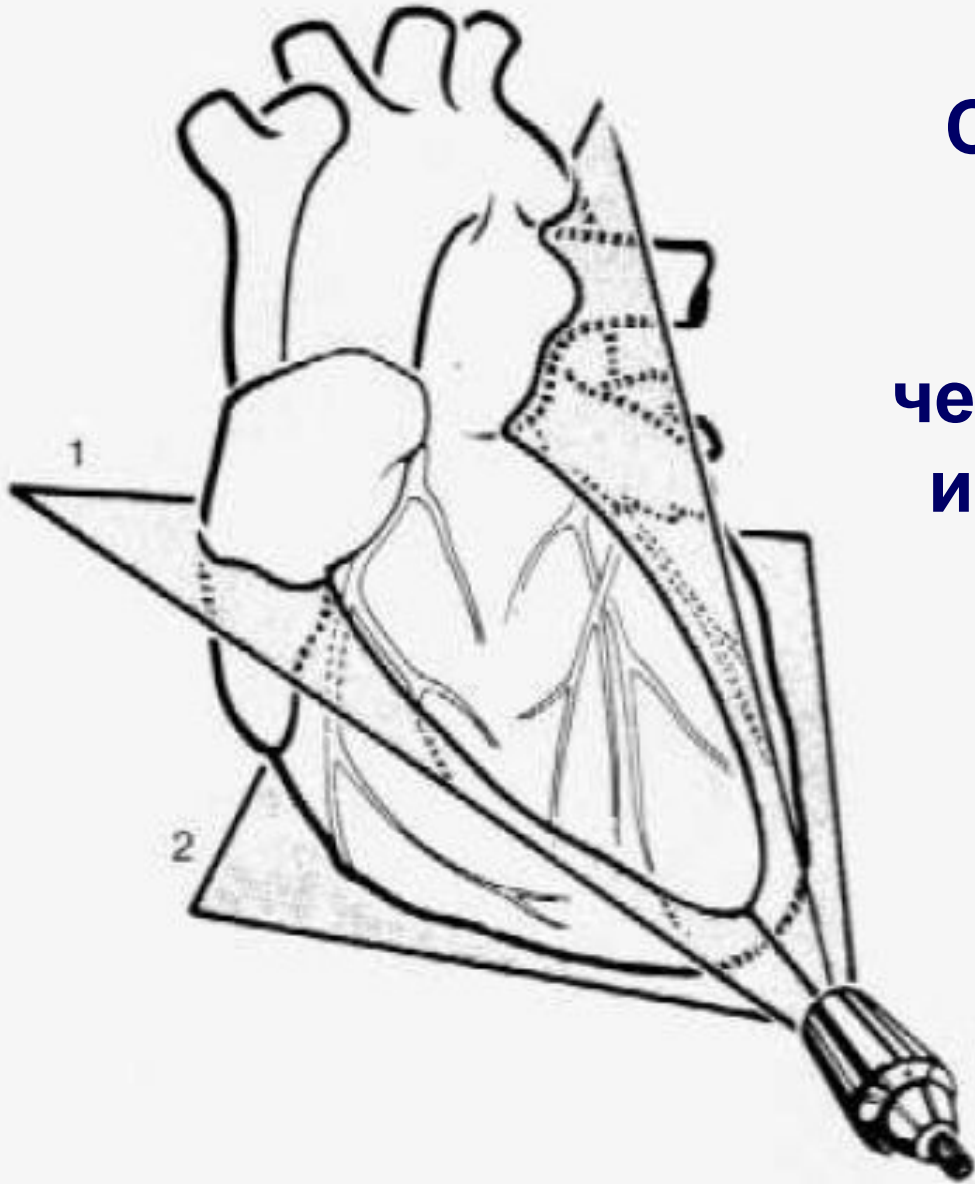




**Апикальный  
доступ  
зона  
верхушечного  
толчка**



**Схема плоскостей  
сканирования в  
апикальной  
четырёхкамерной (1)  
и пятикамерной (2)  
позициях**



**Межжелудочковая  
перегородка**

**Правый желудочек**

**Полость ЛЖ**

**Папиллярные  
мышцы:  
заднемедиальная  
переднелатеральная**

**Септальная  
створка ТК**

**Заднебоковая  
стенка ЛЖ**

**Передняя створка ТК**

**Передняя створка  
МК**

**Задняя створка ТК**

**Задняя створка МК**

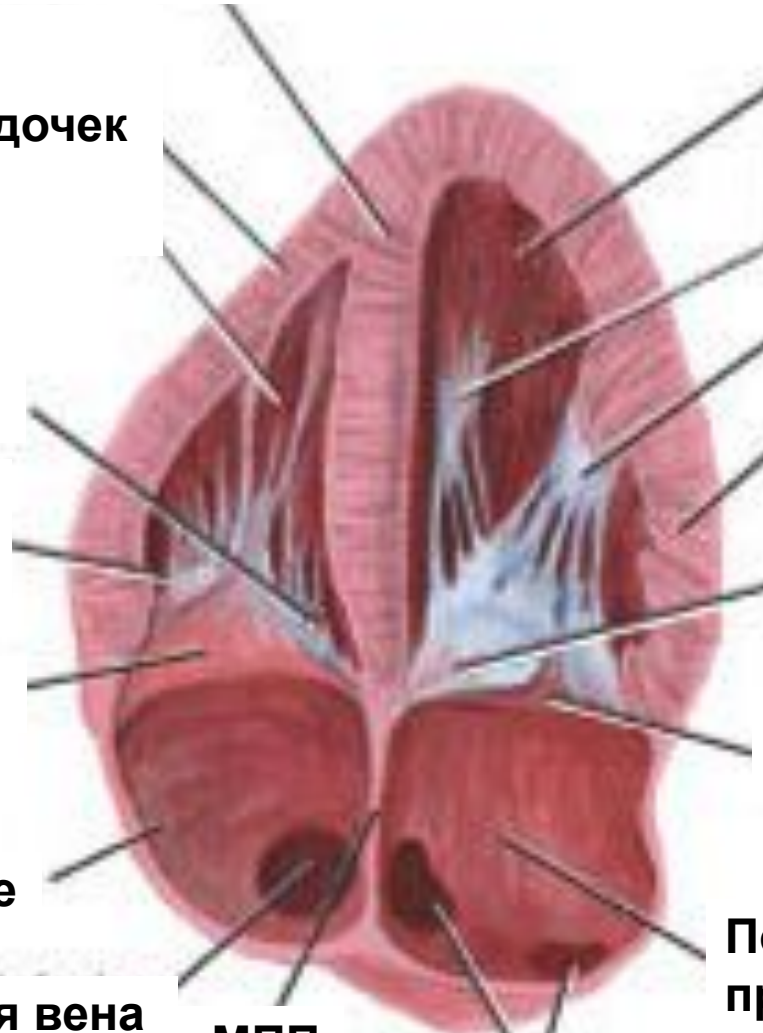
**Правое предсердие**

**Полость левого  
предсердия**

**Нижняя полая вена**

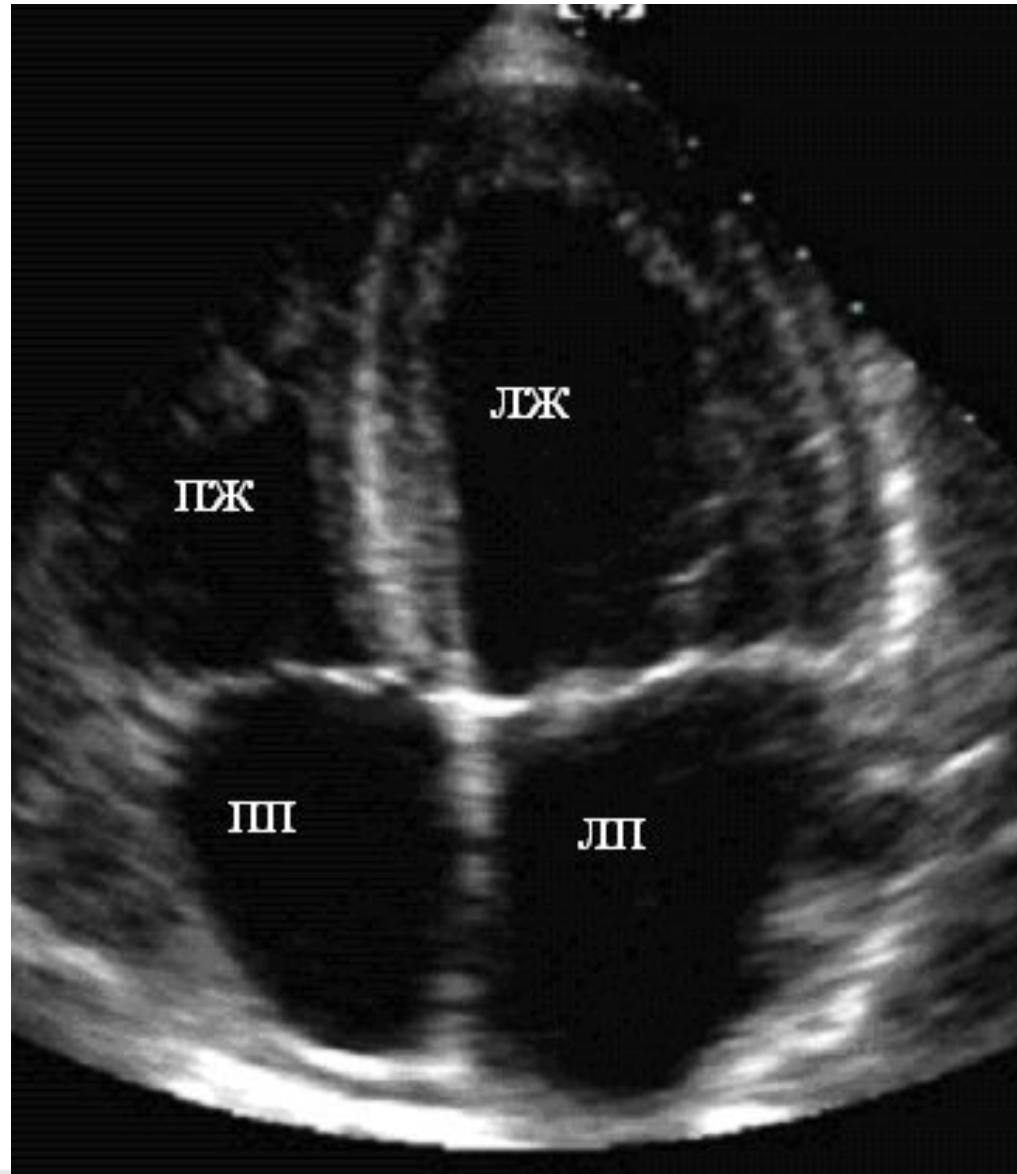
**МПП**

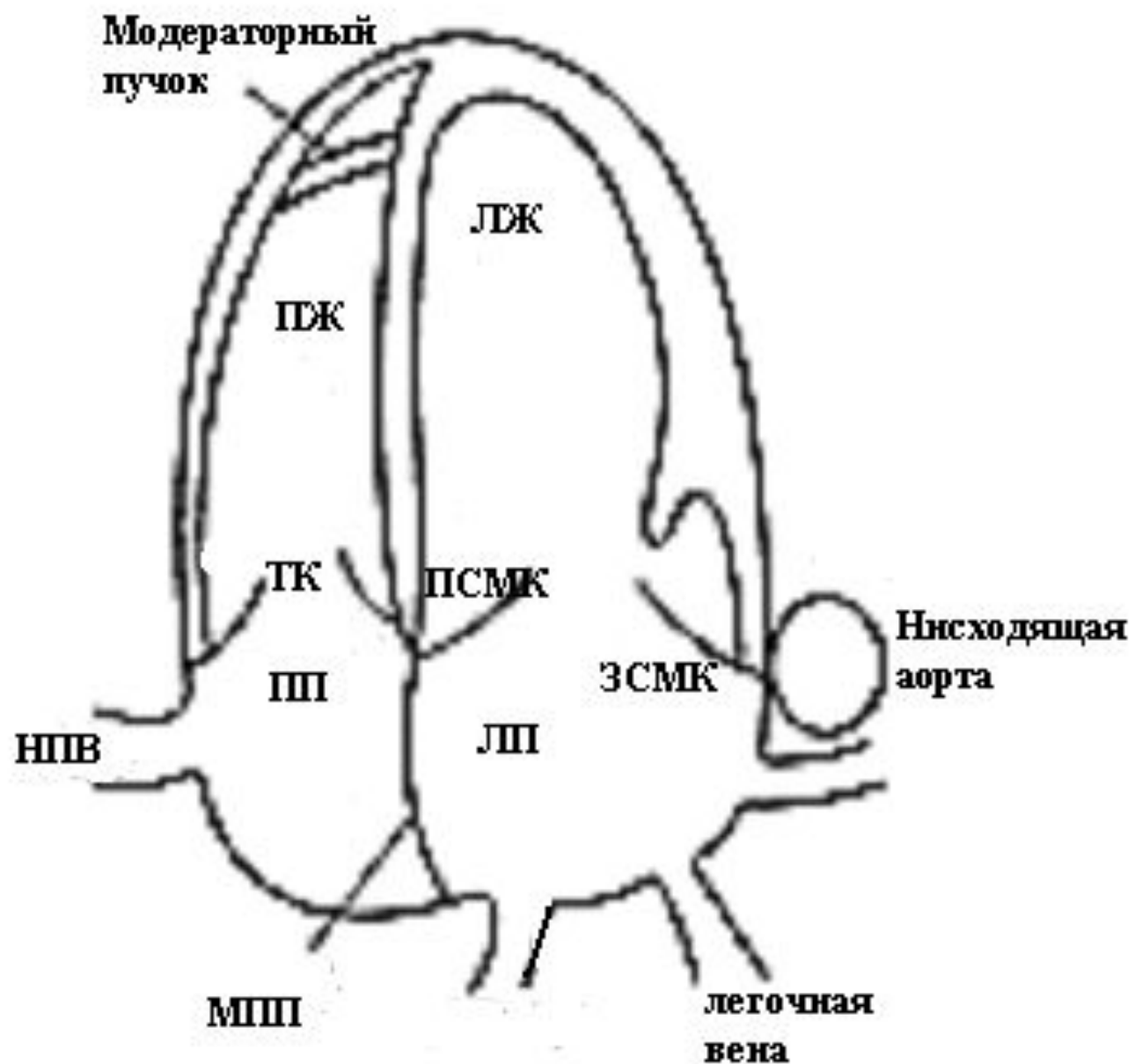
**Легочные вены**



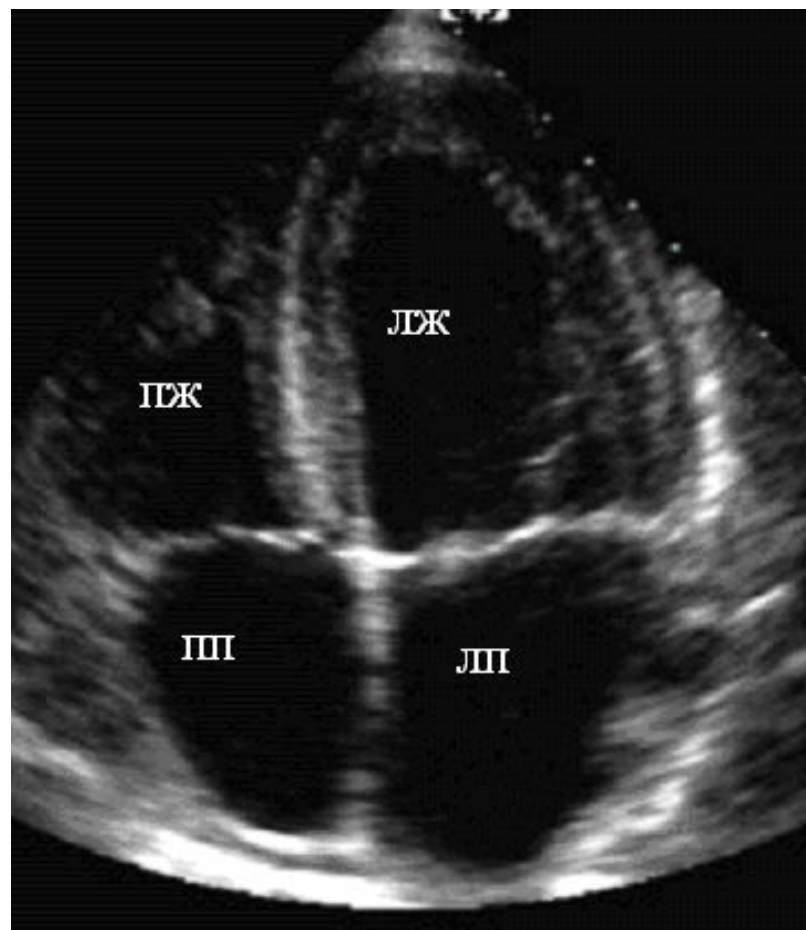


# Апикальная четырехкамерная позиция



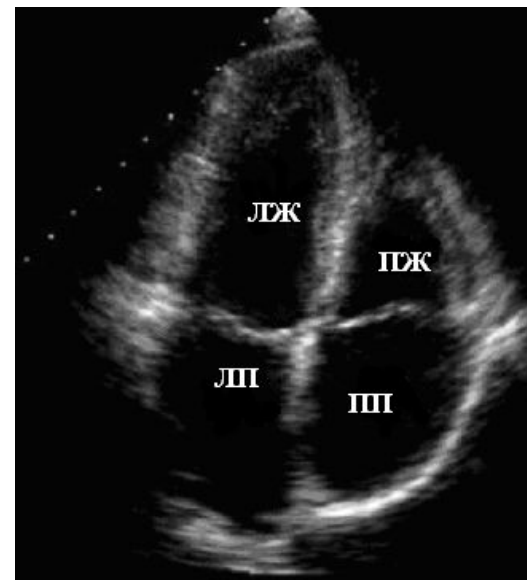
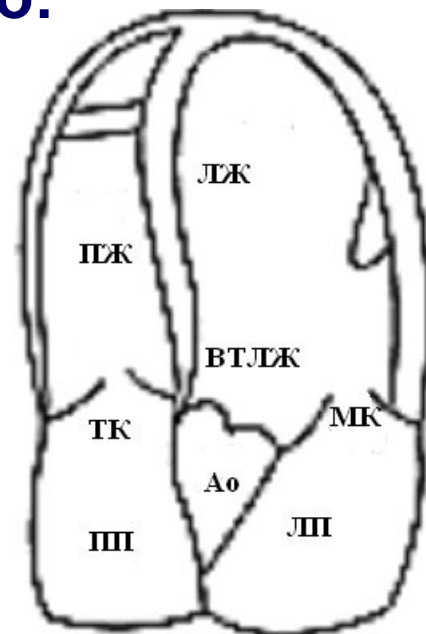


# ЛЖ справа или слева, как правильно?

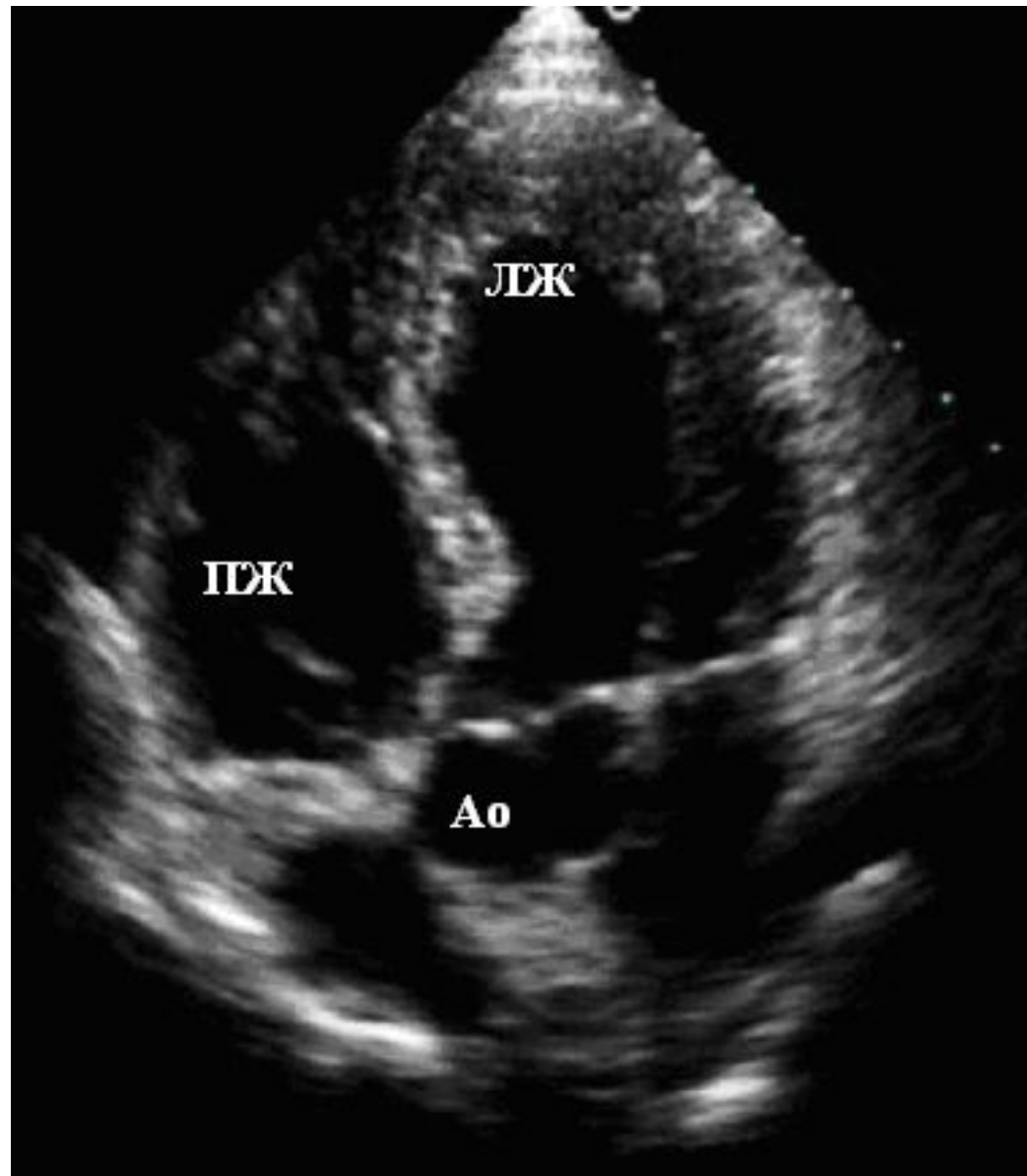


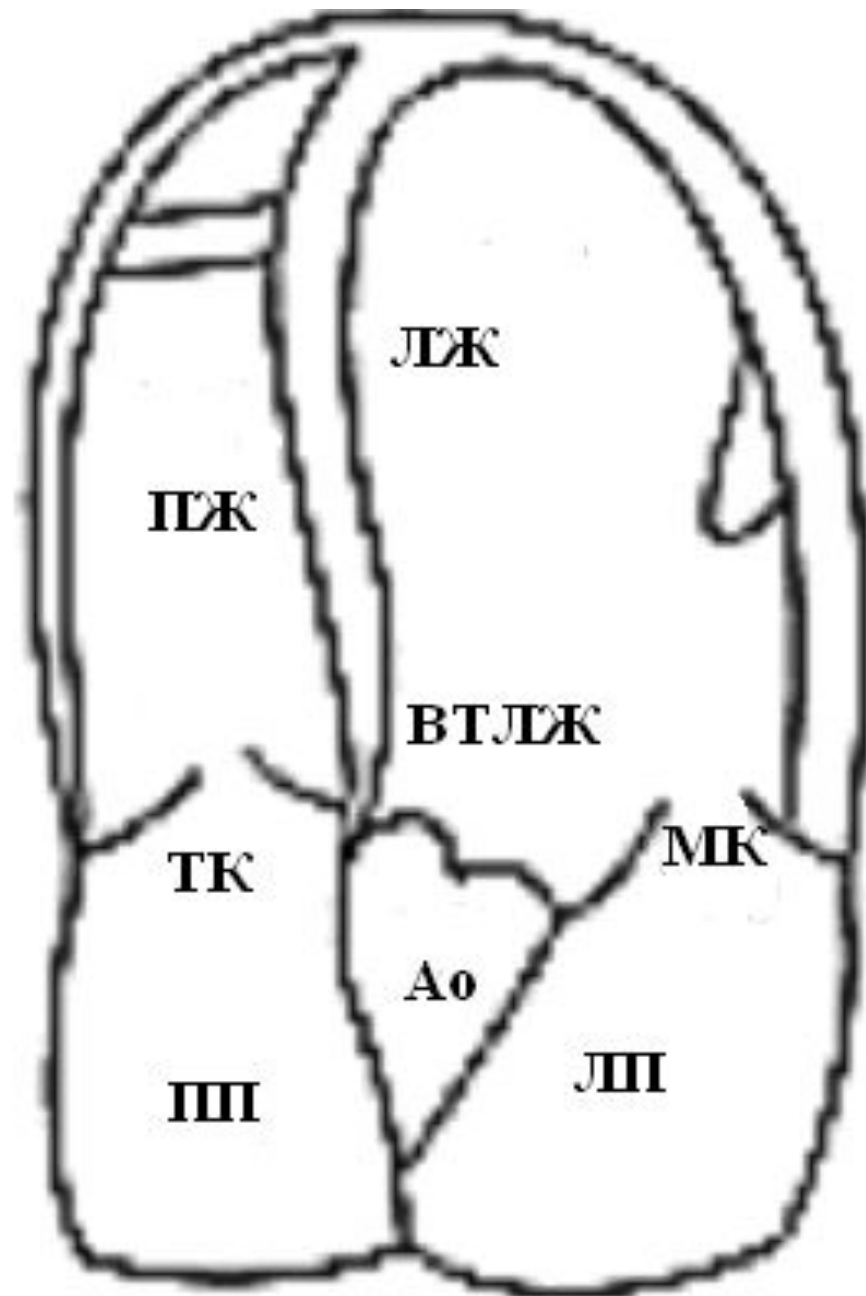
# Чем левый желудочек отличается от правого:

- ЛЖ образует вершину сердца
- ЛЖ больше по объему
- ПЖ примыкает сбоку к ЛЖ и имеет треугольную форму
- Эндокардиальная поверхность ПЖ трабекулярная за счет наличия мышечных пучков (модераторного пучка )
- МК прикреплен более базально, а ТК смещен по направлению к вершине
- При незначительном повороте датчика со стороны ЛЖ появляется корень аорты

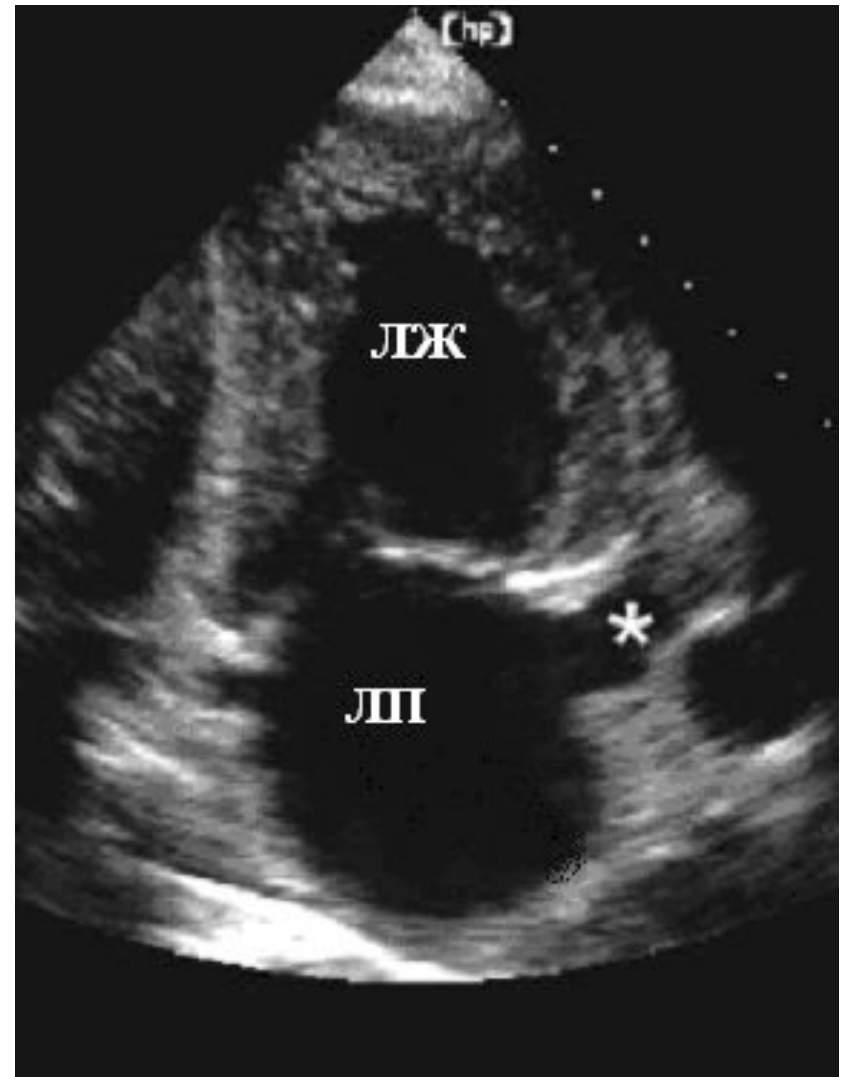
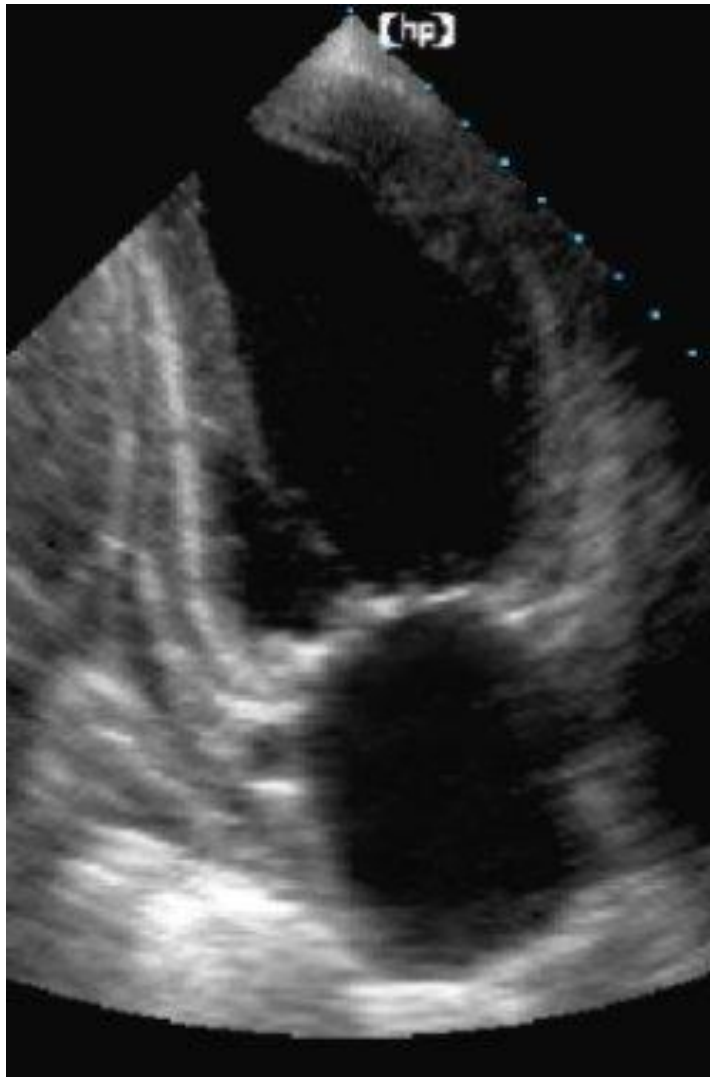


# Апикальная пятикамерная позиция

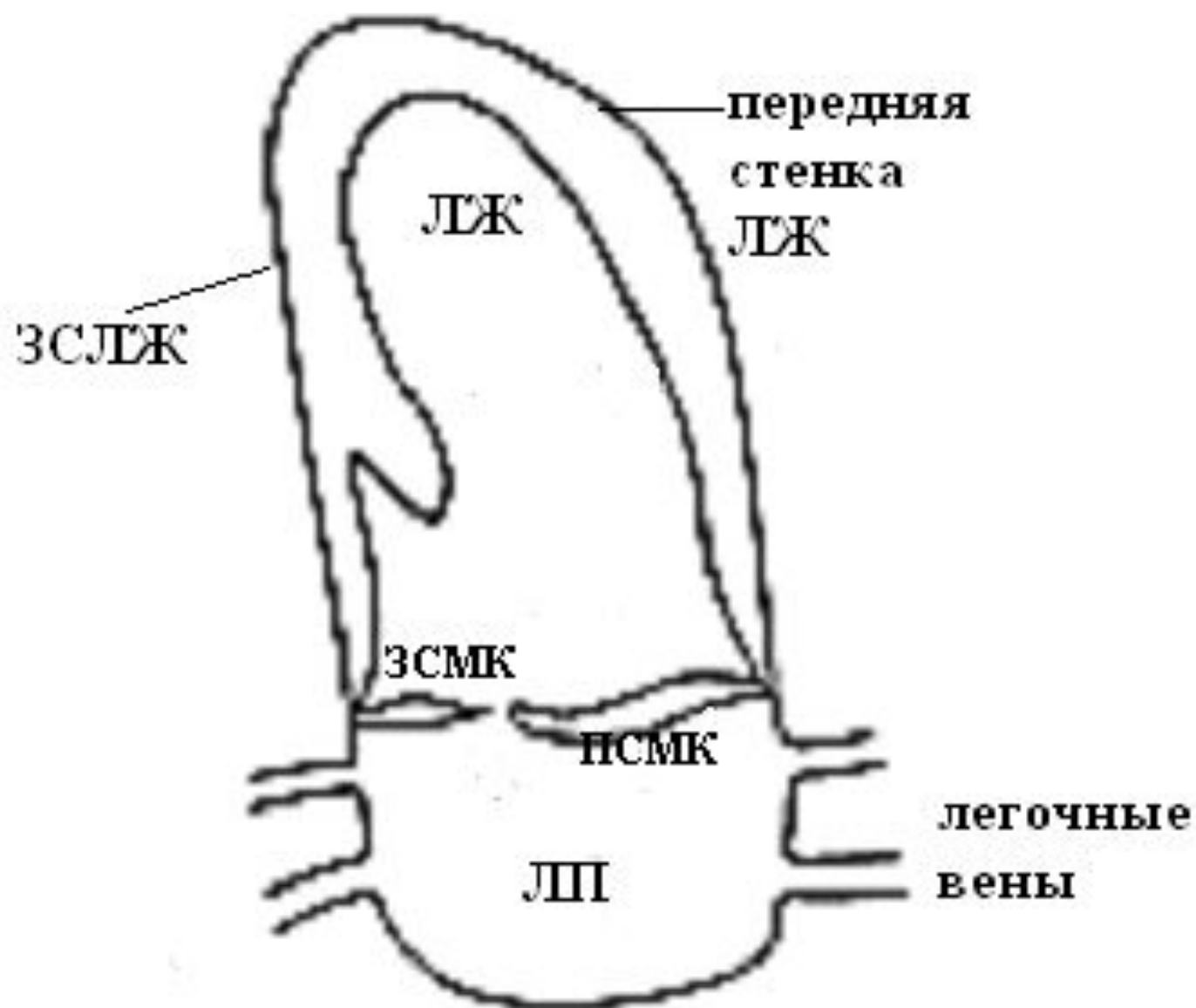




# Апикальная двухкамерная позиция



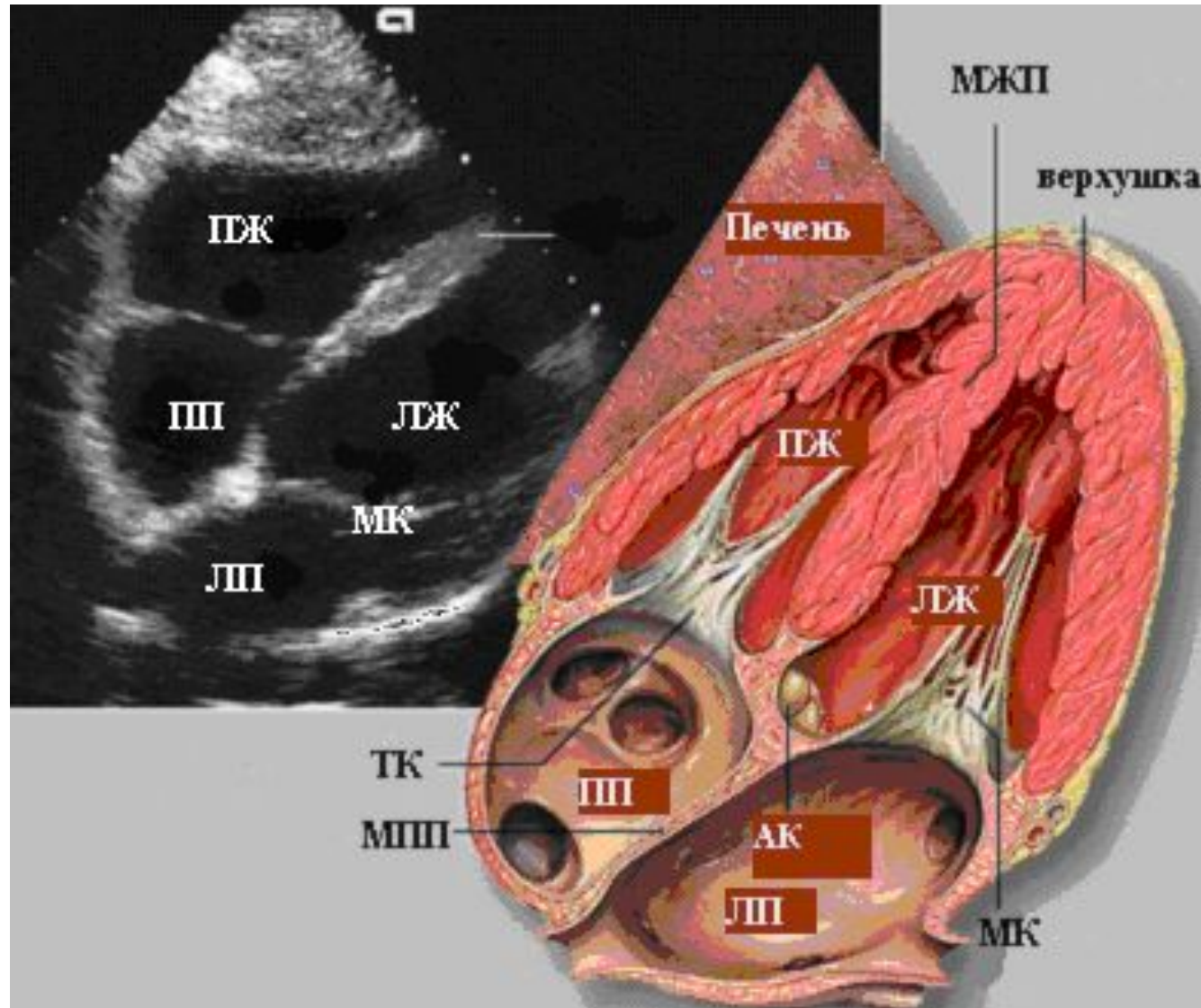




# Субкостальный доступ – датчик под грудиной

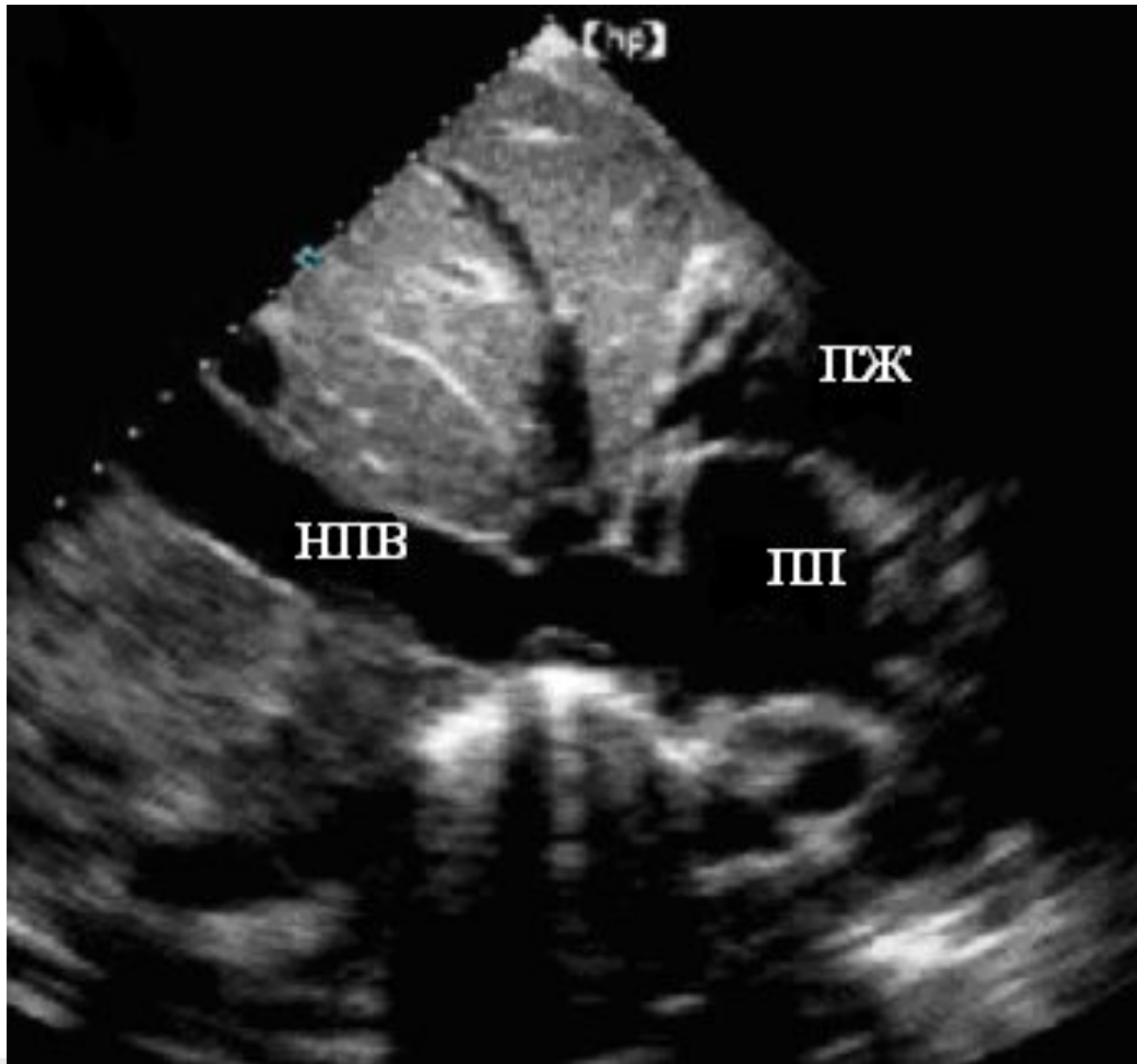


# Субкостальная четырехкамерная позиция





# Эхокардиографическое исследование нижней полой вены

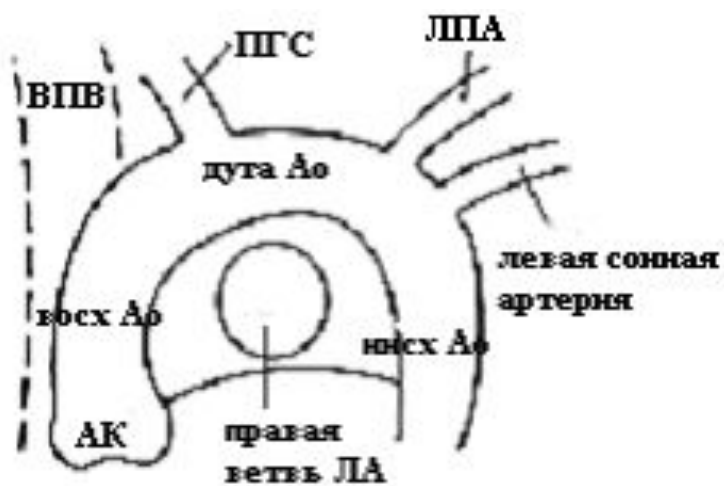


# Супрастернальный доступ – в яремной ямке

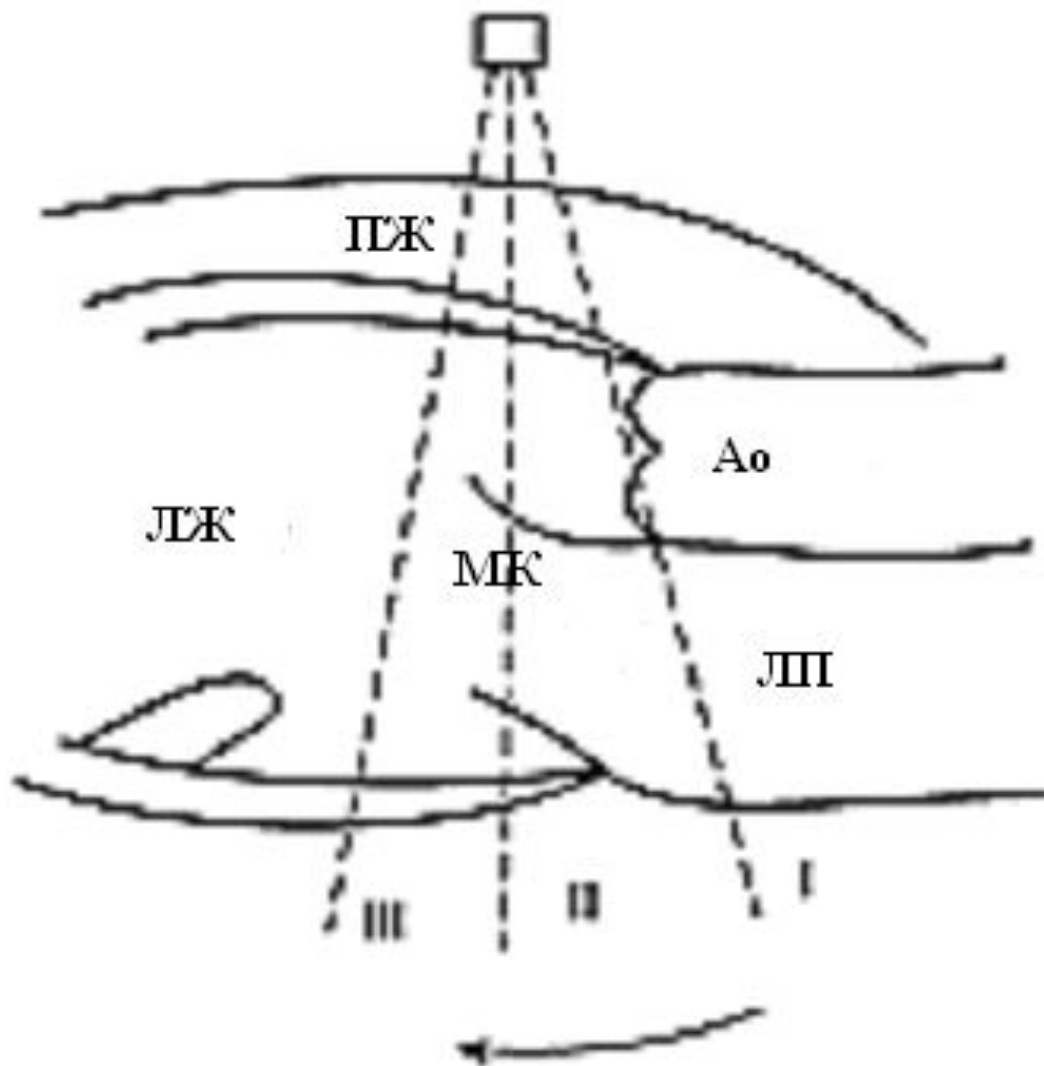
датчик



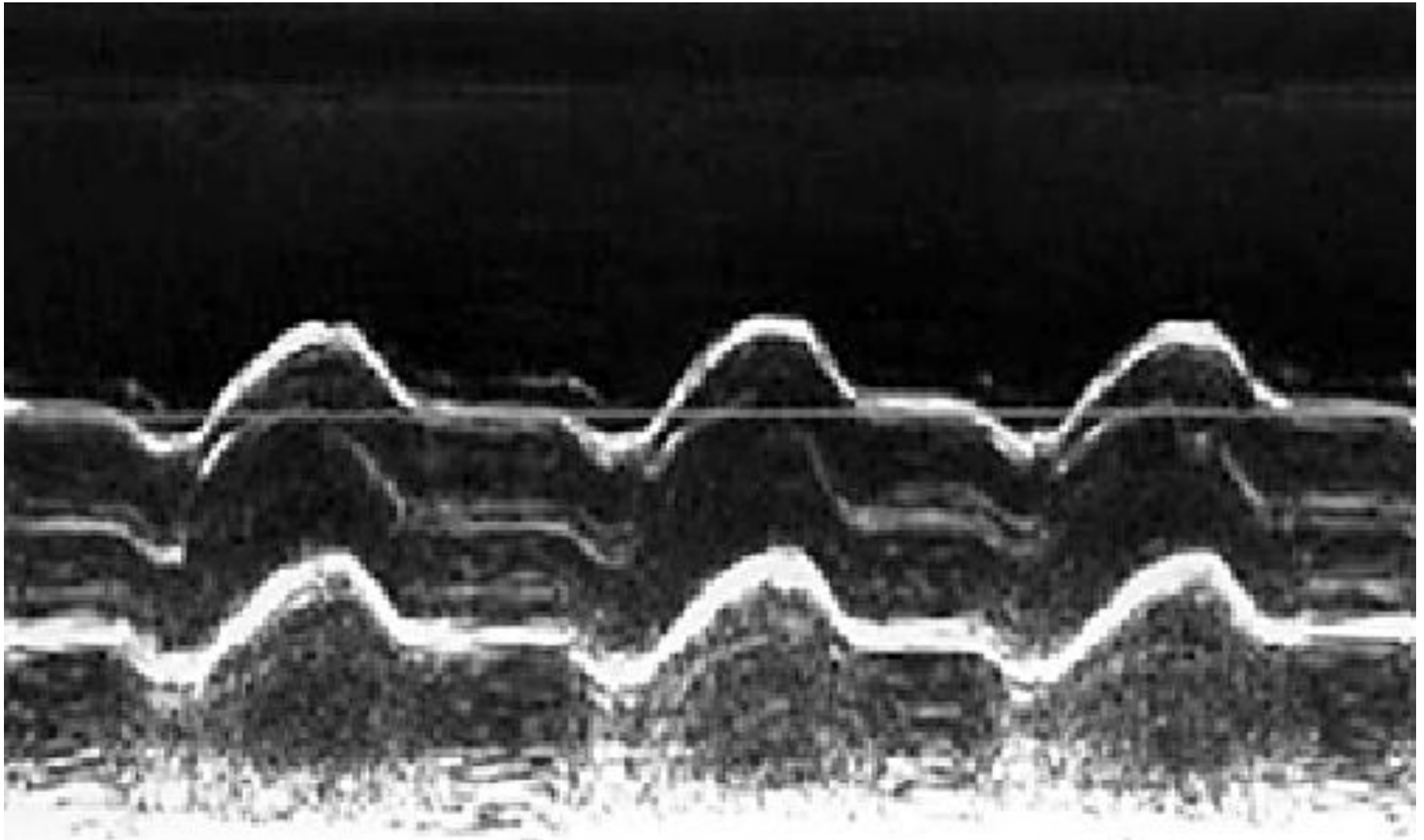


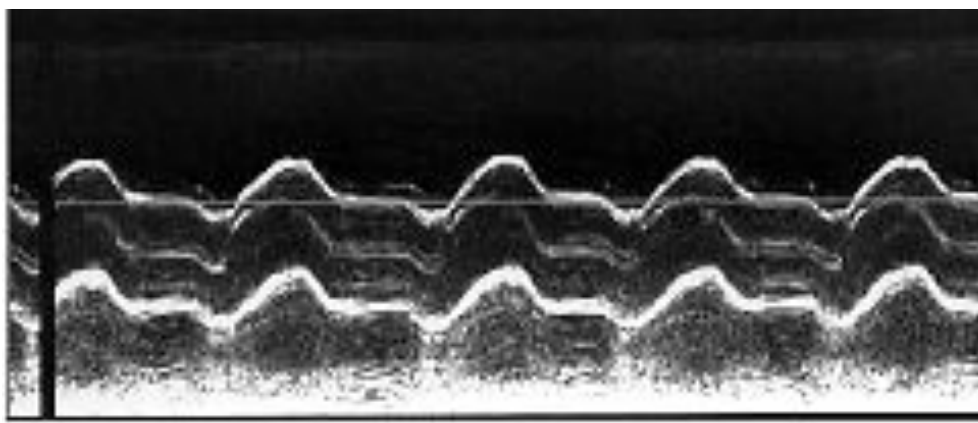


# Порядок проведения стандартного исследования с использованием М-режима

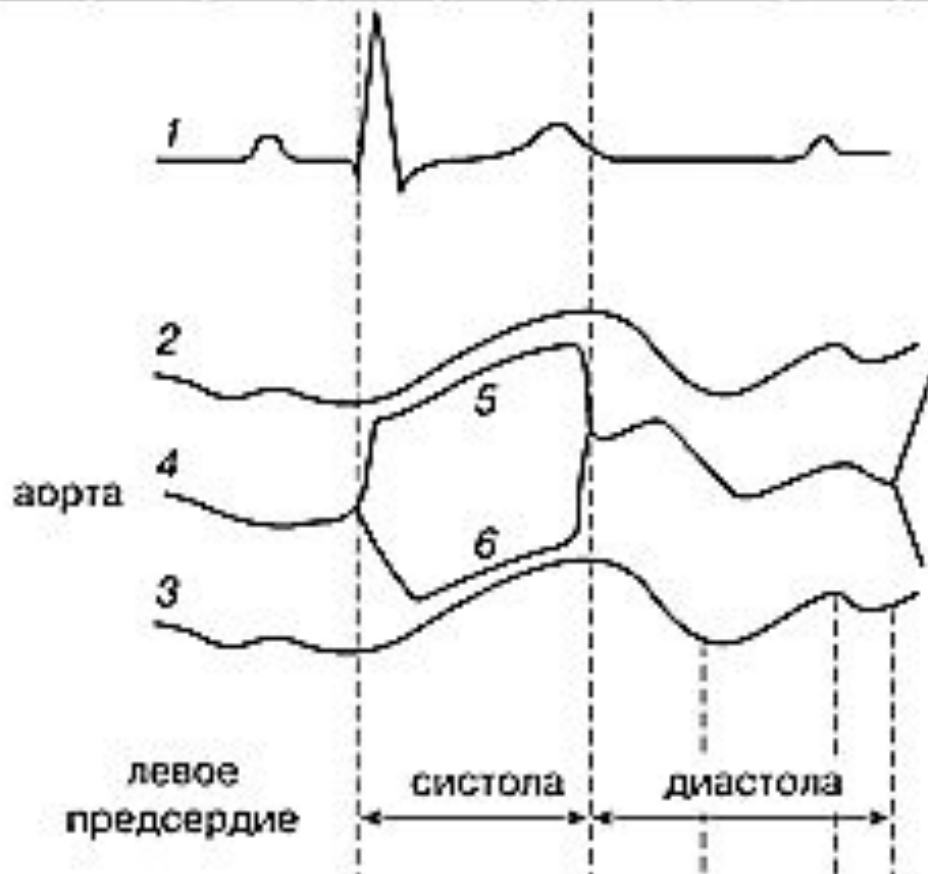


# Движение корня аорты, створок аортального клапана и ЛП

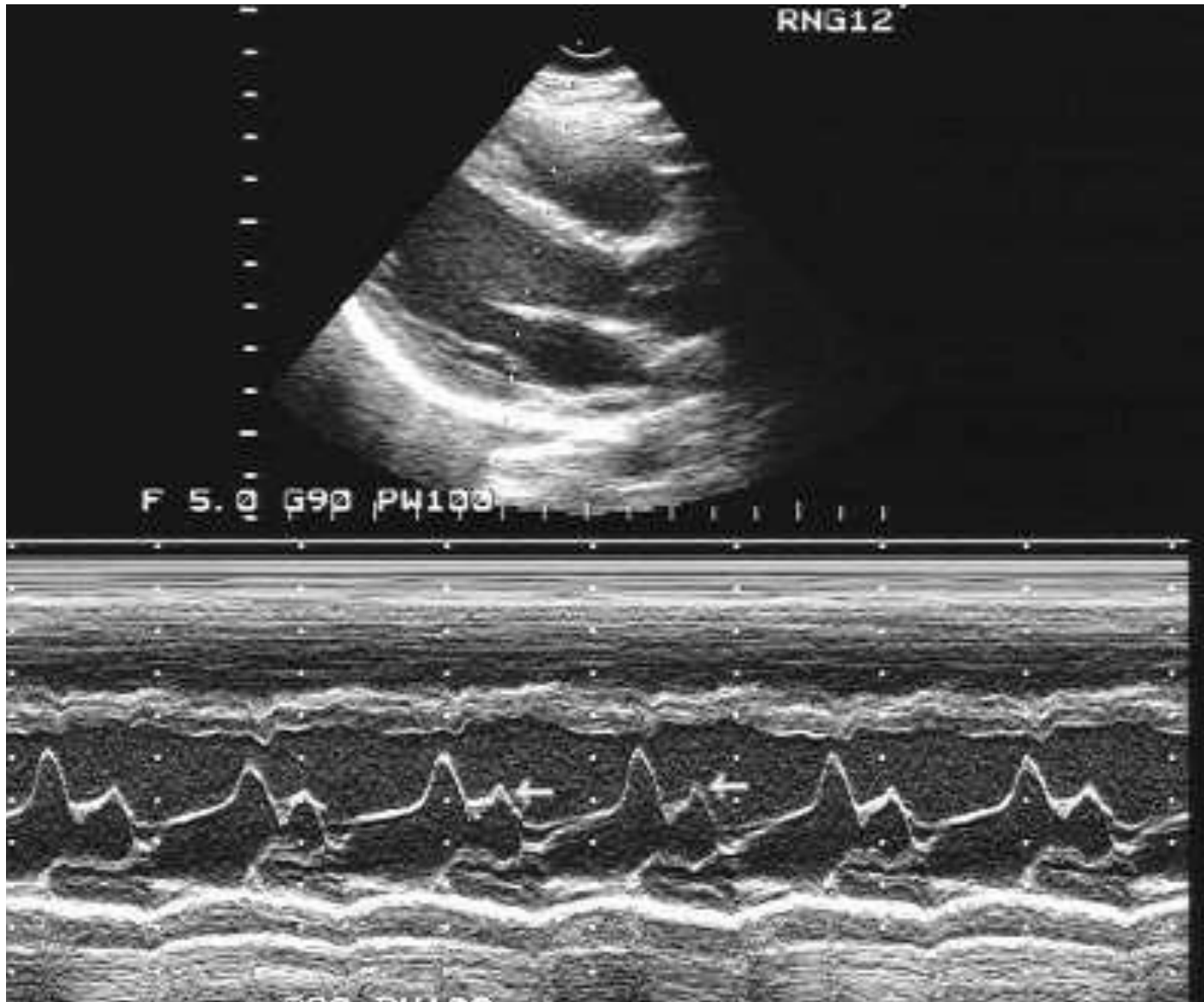




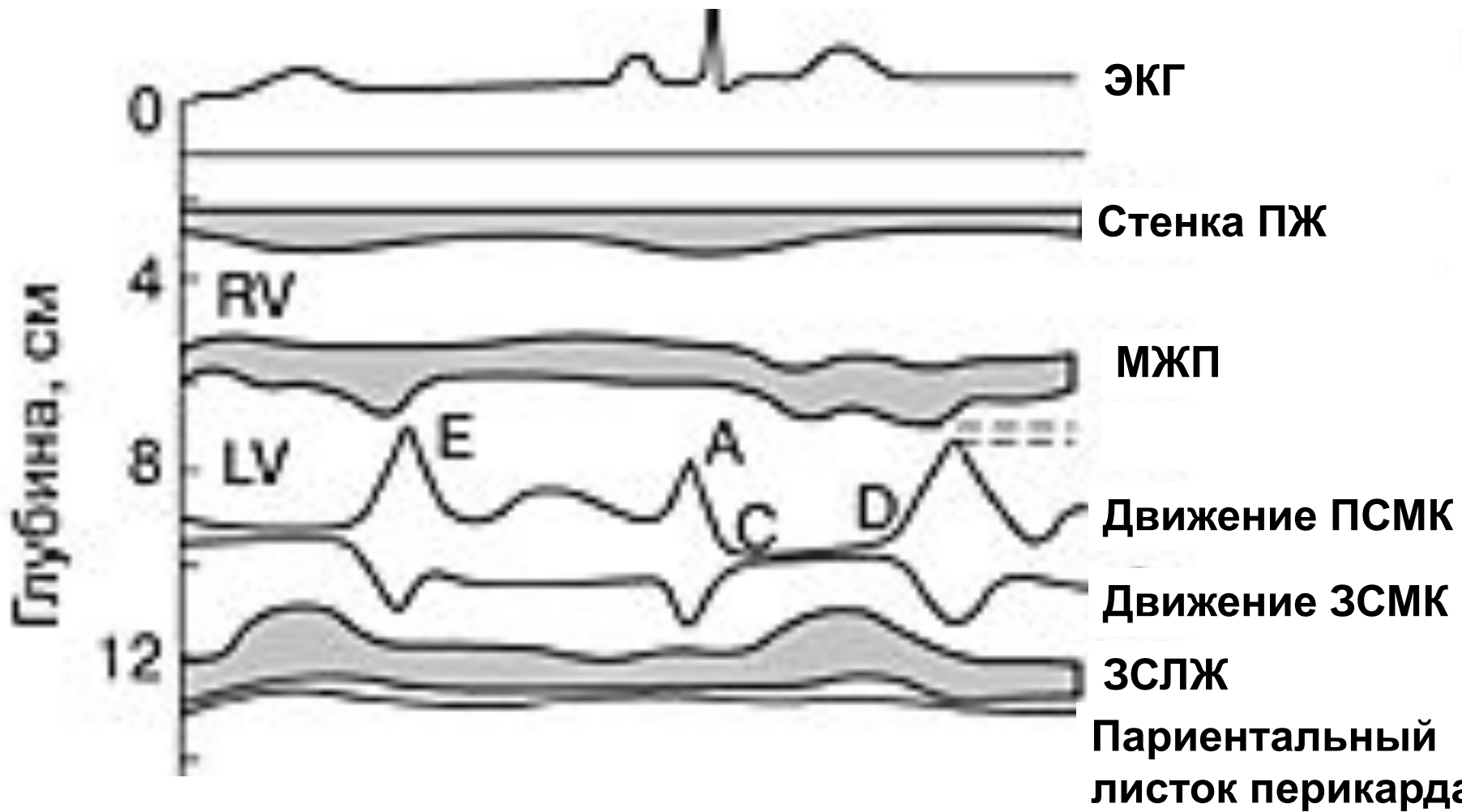
# Движение корня аорты, створок аортального клапана и ЛП



# Движение митрального клапана, стенок ЛЖ и ПЖ







# Оценка систолической функции ЛЖ

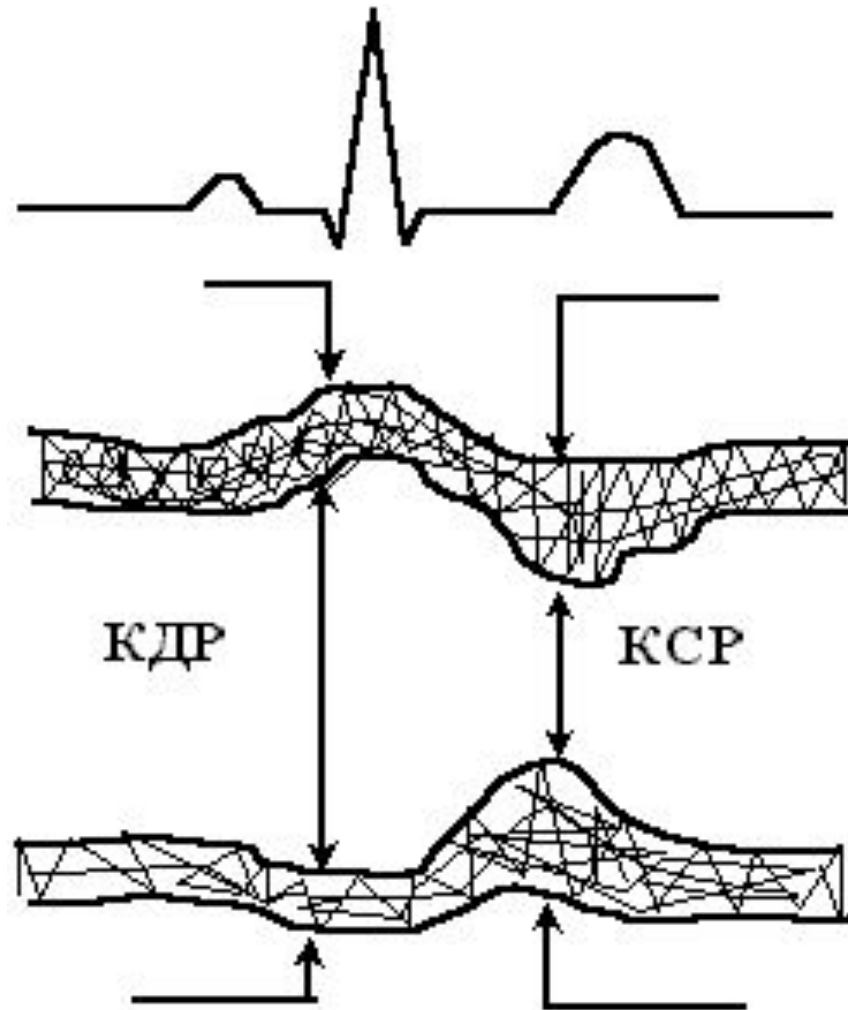
**Ударный объем** – это объем крови,  
выбрасываемый ЛЖ за одно сокращение  
(норма 70-100 мл)

Ударный объем равен разности между  
конечно-диастолическим и конечно-  
систолическим объемами ЛЖ

$$УО = КДО - КСО$$

$$\text{Фракция выброса (ФВ)} = \frac{УО}{КДО} \times 100\%$$

# Метод расчета в одномерном режиме (по Teichholz)



$$\text{КДО} = 7,0 / (2,4 + \text{КДР}) \times \text{КДР}^3$$

$$\text{КСО} = 7,0 / (2,4 + \text{КСР}) \times \text{КСР}^3$$

$$\text{УО} = \text{КДО} - \text{КСО}$$

$$\text{ФВ} = [\text{УО} / \text{КДО}] \times 100\%$$

$$\text{МО (минутный объем)} = \text{УО} \times \text{ЧСС}$$

$$\text{Масса ЛЖ ( ASE )} = 1,04 \times (\text{КДР} + \text{Тмжпд} + \text{Тзсд})^3 - \text{КДР}^3$$

$$\text{Масса ЛЖ ( Penn )} = 0,8 \times \text{Масса ЛЖ ( ASE )} + 0,6$$

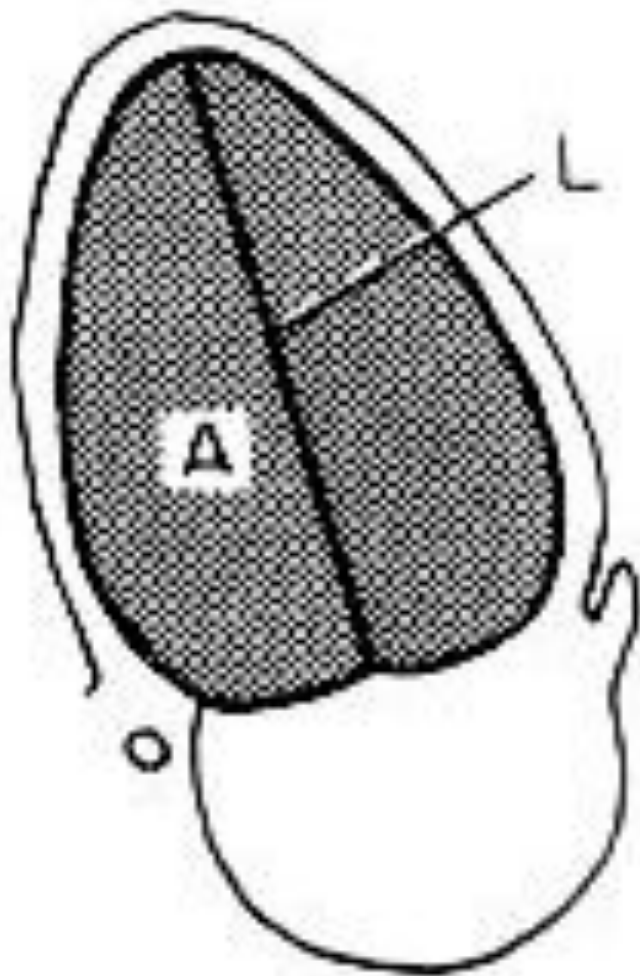
ASE - рекомендации Американской ассоциации эхокардиографистов  
Penn - рекомендации Пенсильванской конвенции

# Метод Teichholz применим при следующих допущениях:

- ЛЖ можно описать в виде удлинённого эллипса, где две взаимно перпендикулярные короткие оси равны, а длинная ось обычно в два раза длиннее короткой
- эхокардиографические размеры ЛЖ (в М-режиме) приблизительно соответствуют короткой оси
- стенка ЛЖ сокращается равномерно



## Метод расчета в двухмерном режиме (метод «площадь-длина»)

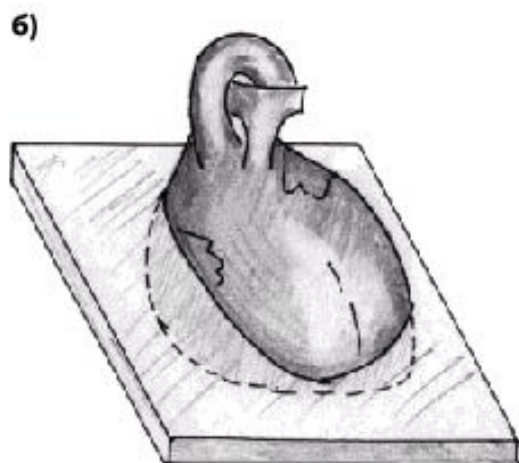
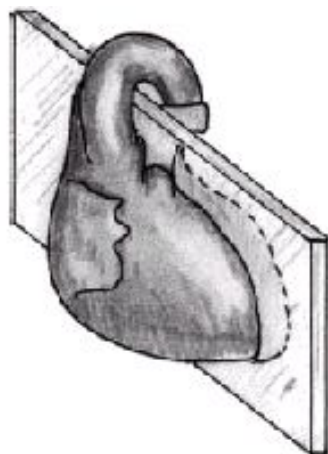


$$V = 0.85 \times A^2 / L$$

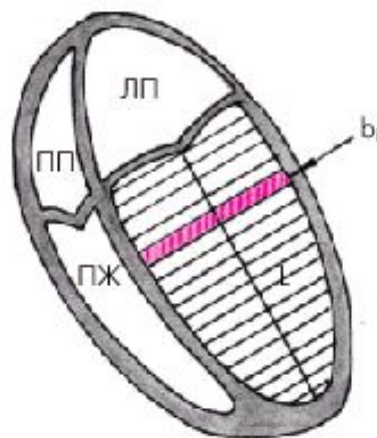
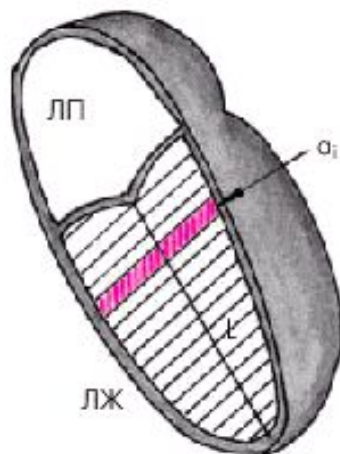
**A** - площадь ЛЖ на  
изображении

**L** – длина полости  
ЛЖ

# Метод дисков (модифицированный метод Simpson)

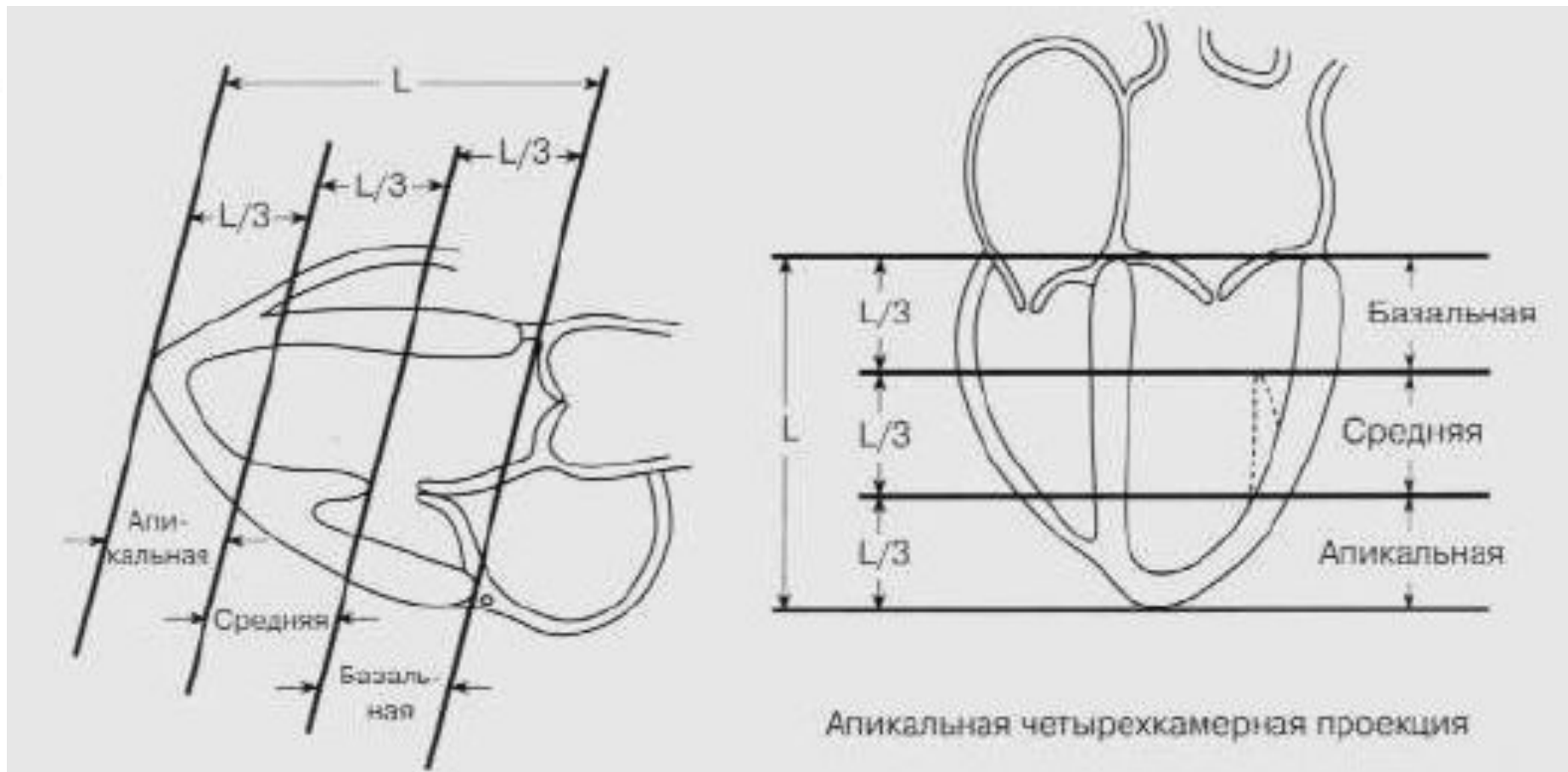


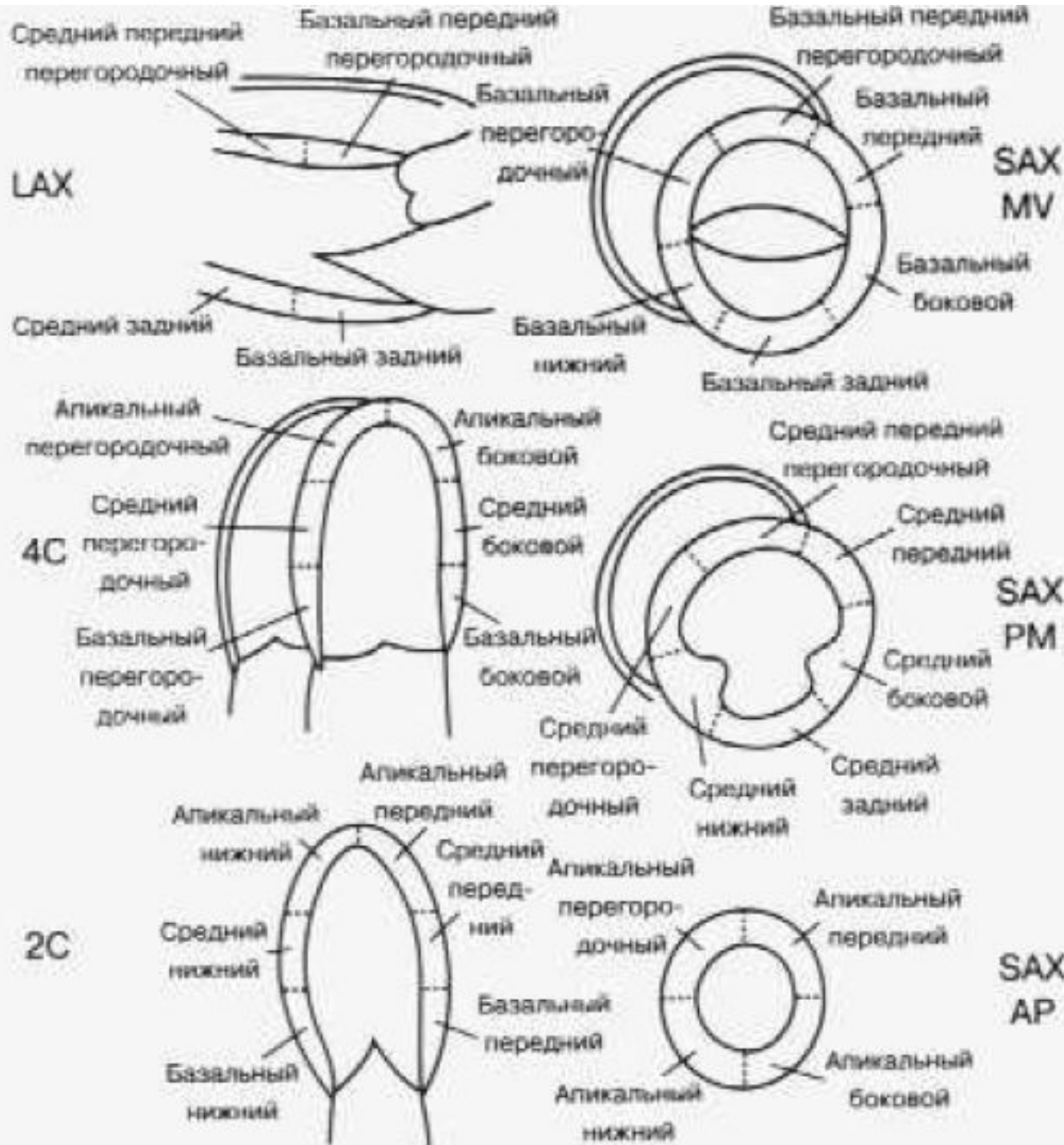
$$V = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^{20} a_i b_i \frac{L}{20}$$



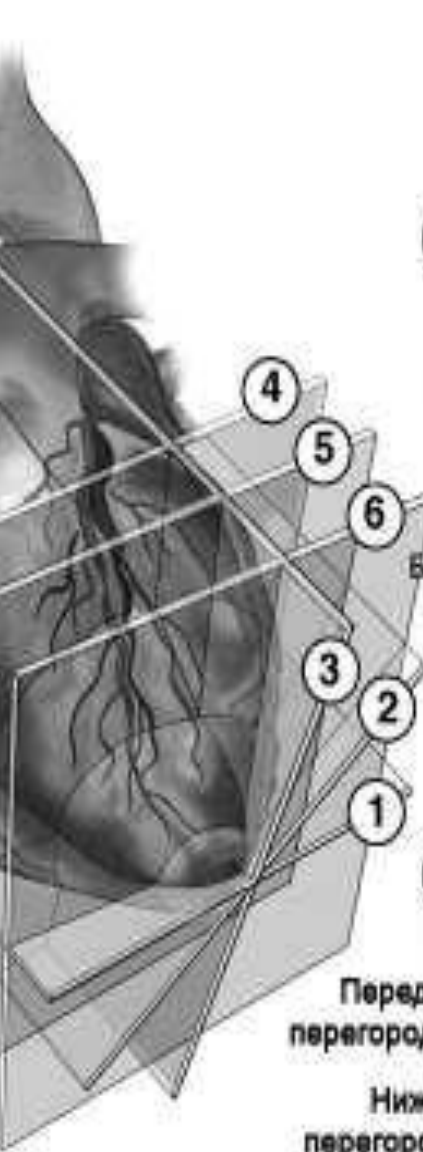
**L - длина ЛЖ**

# Деление ЛЖ на трети









1 Четырехкамерная



2 Двухкамерная



3 Трехкамерная



4 Базальный



5 Средний

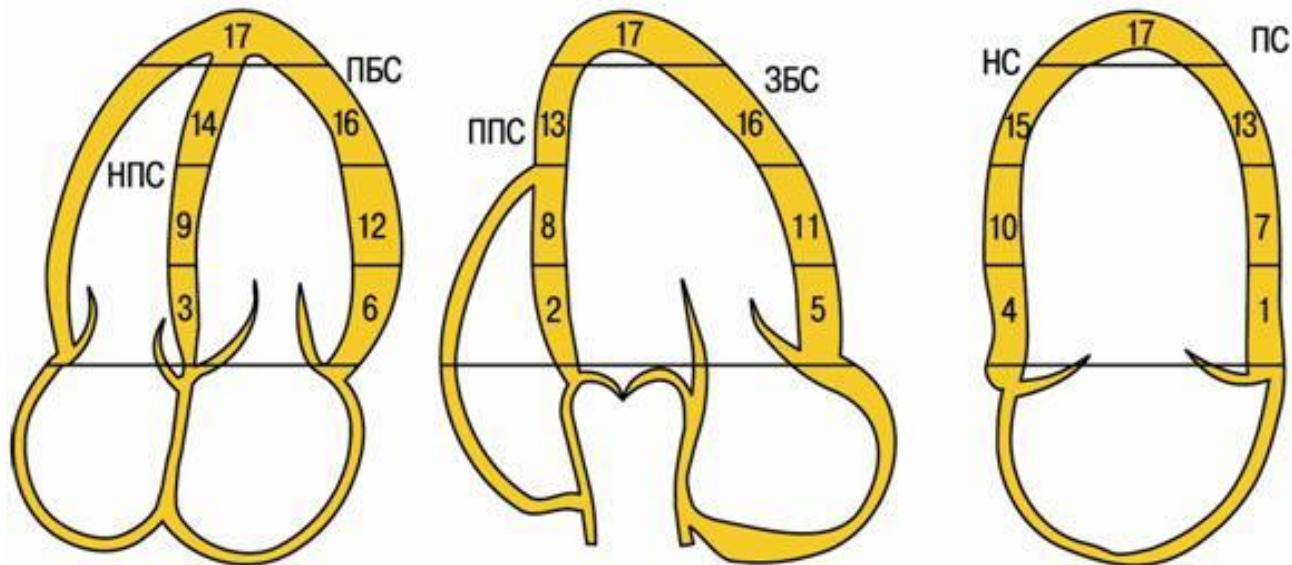


6 Апикальный



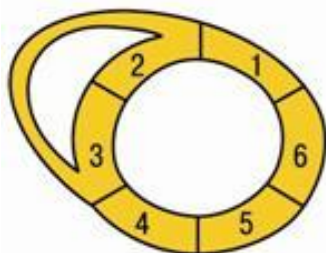


## Верхушечные длинные срезы

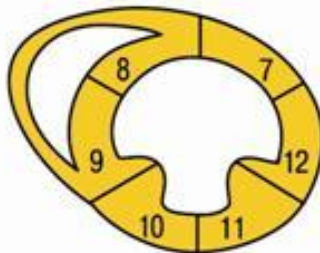


## Парастернальные короткие срезы

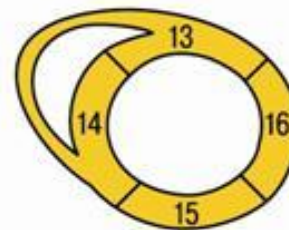
Основные (базальные) сегменты      Средние сегменты      Верхушечные сегменты      Вершушка



- 1 – передний
- 2 – переднеперегородочный
- 3 – нижнеперегородочный
- 4 – нижний
- 5 – заднебоковой
- 6 – переднебоковой



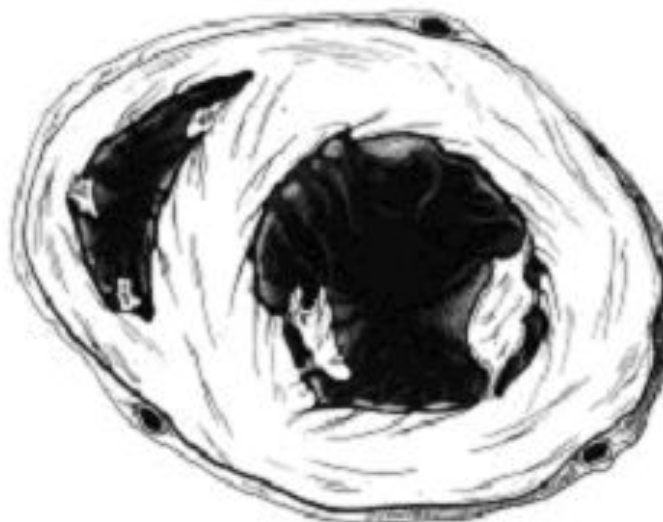
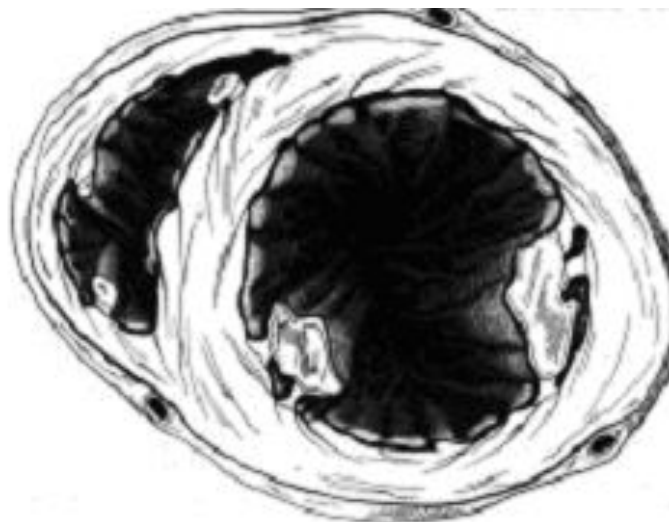
- 7 – передний
- 8 – переднеперегородочный
- 9 – нижнеперегородочный
- 10 – нижний
- 11 – заднебоковой
- 12 – переднебоковой



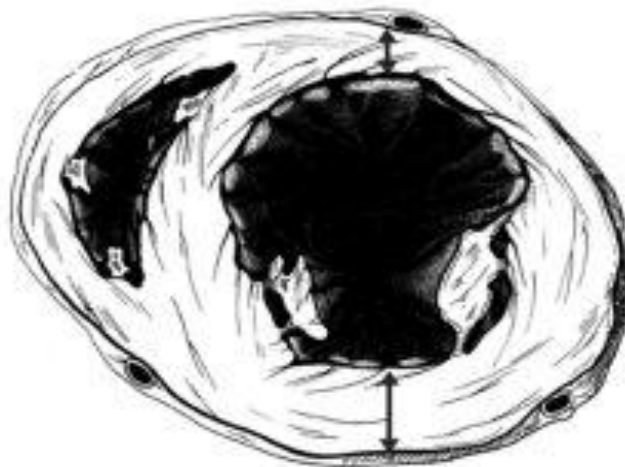
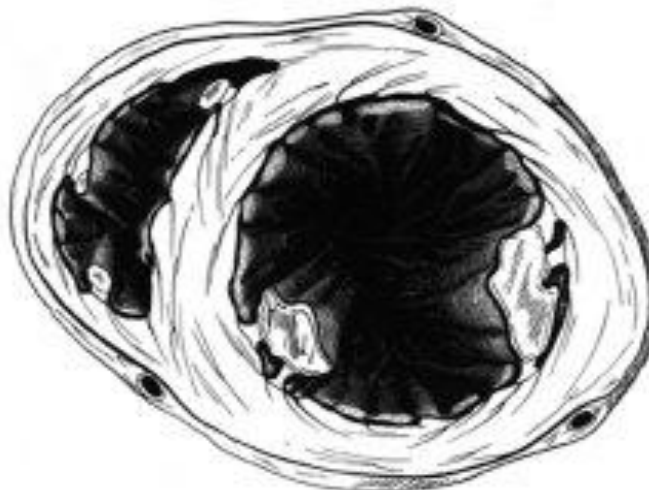
- 13 – передний
- 14 – переднеперегородочный
- 15 – нижний
- 16 – боковой



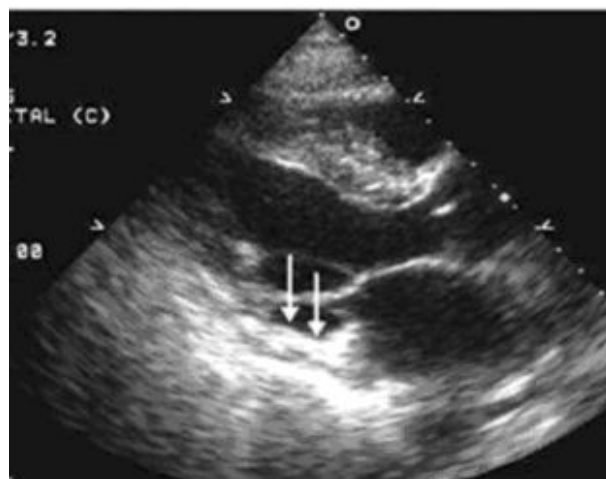
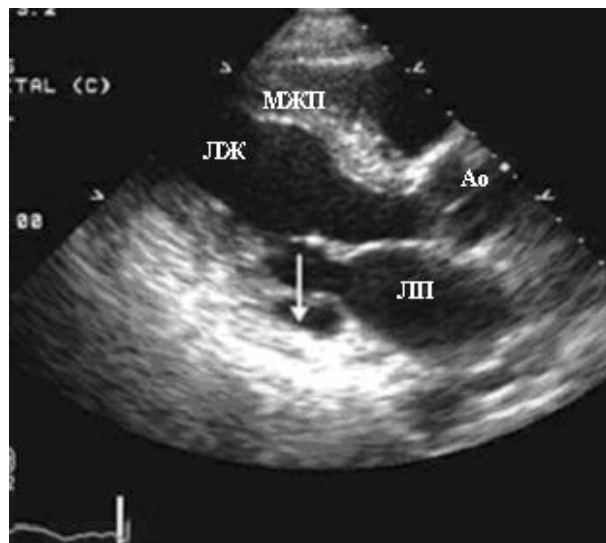
Нормокинез – все участки сердечной мышцы в систолу равномерно сокращаются



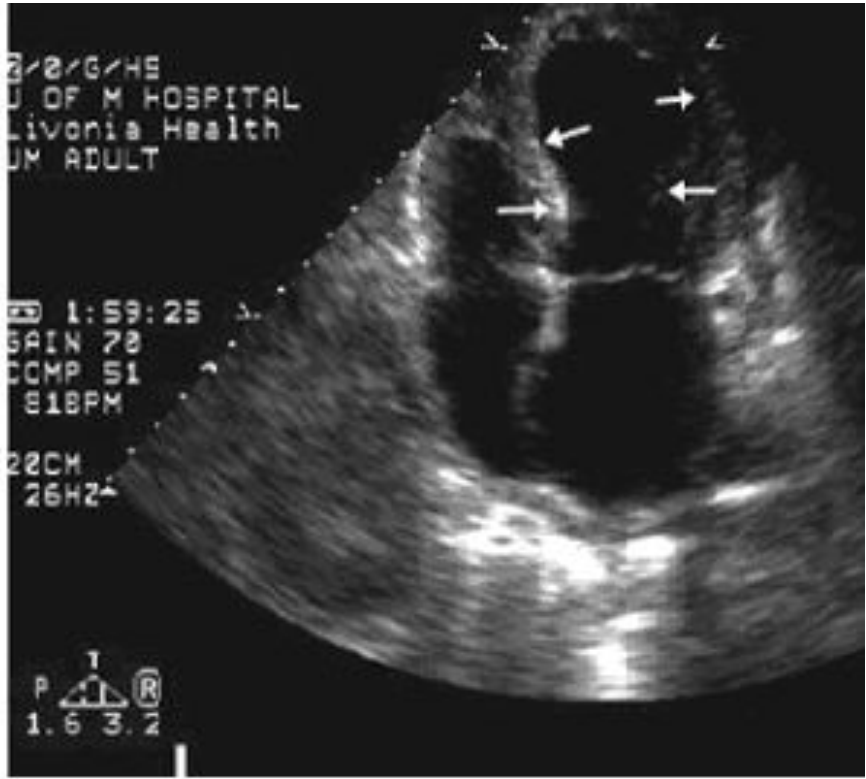
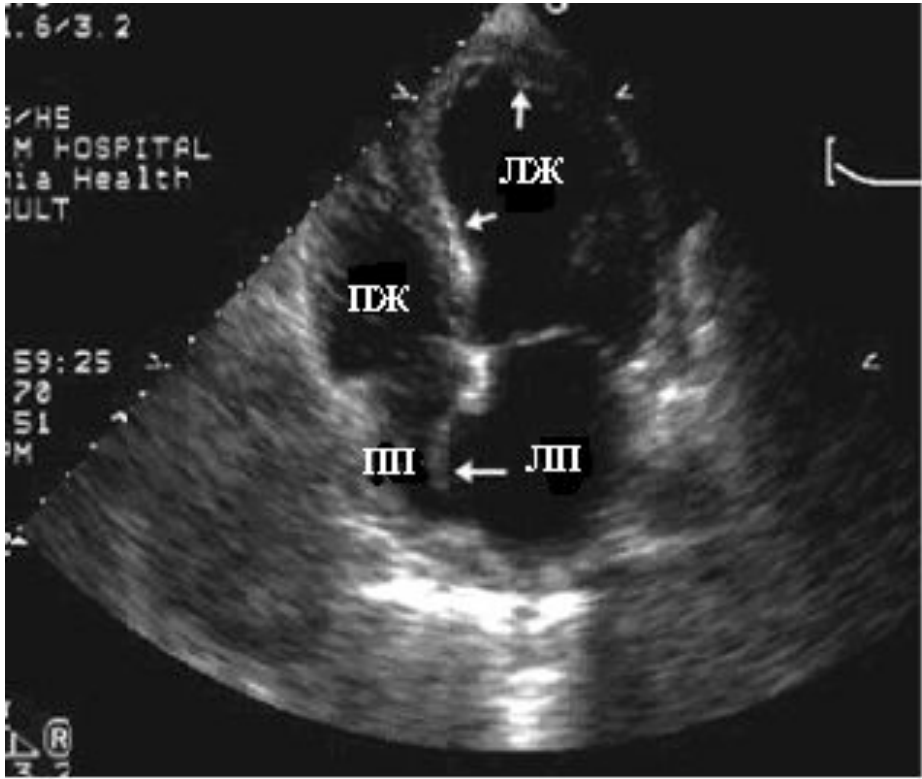
**Гипокинез – уменьшение утолщения сердечной мышцы в одной из зон в систолу по сравнению с остальными участками. Может наблюдаться при интрамуральном инфаркте миокарда, гипертрофической кардиомиопатии, преходящей ишемии миокарда и др.**



**Акинез – отсутствие сокращения ограниченной области сердечной мышцы. Может наблюдаться в острой стадии трансмурального инфаркта миокарда**



**Дискинез – парадоксальное движение участка сердечной мышцы в систолу (выбухание). Дискинез характерен для аневризмы**





# Допплеровская эхокардиография

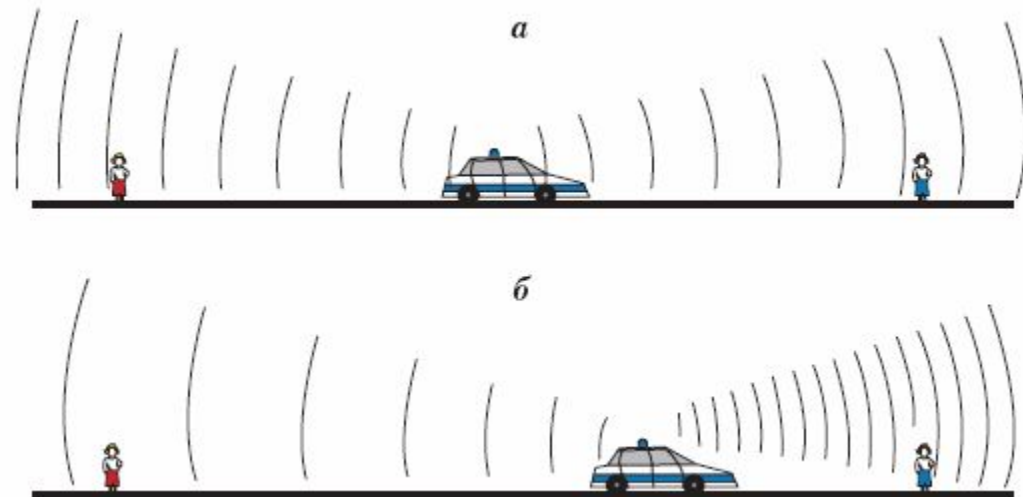
# Эффект Допплера

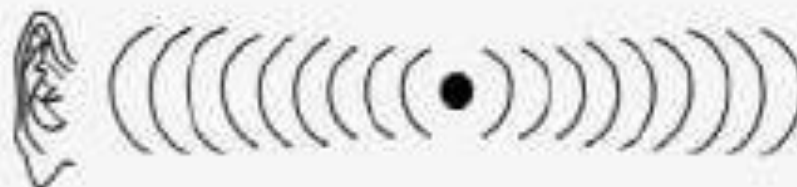
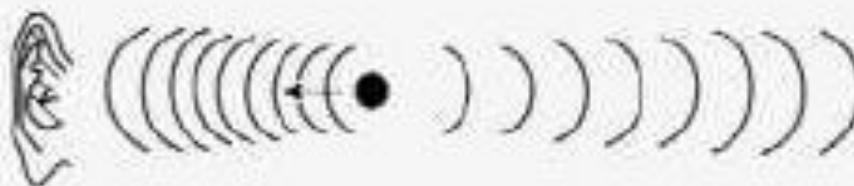
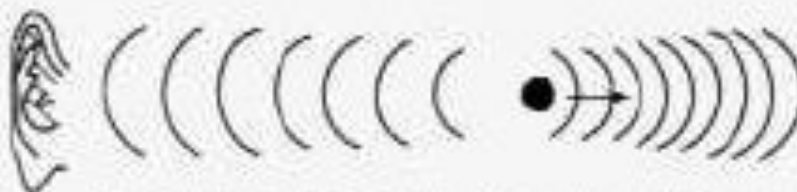
Впервые этот эффект описал Христиан Иоганн Допплер в 1842 г.

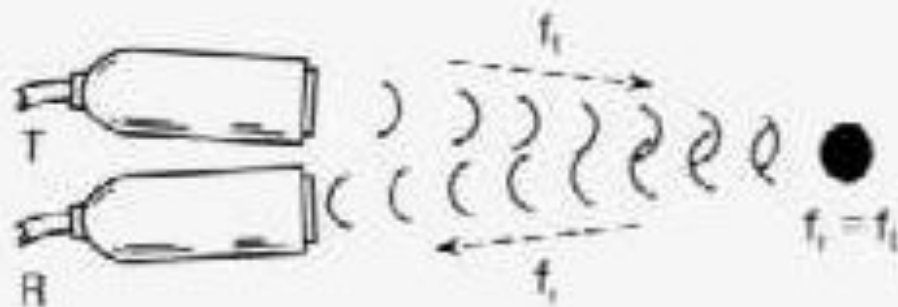
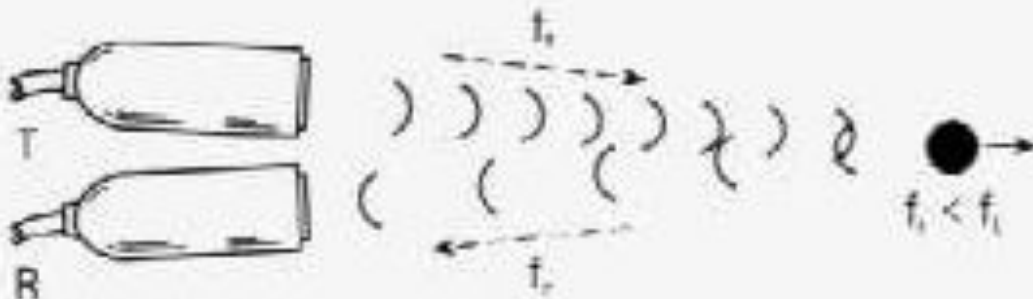
Если источник звука неподвижен, то длина волны и частота звука, исходящие от этого источника, являются постоянными.

Если источник движется по направлению к уху, то длина волны снижается, а частота повышается.

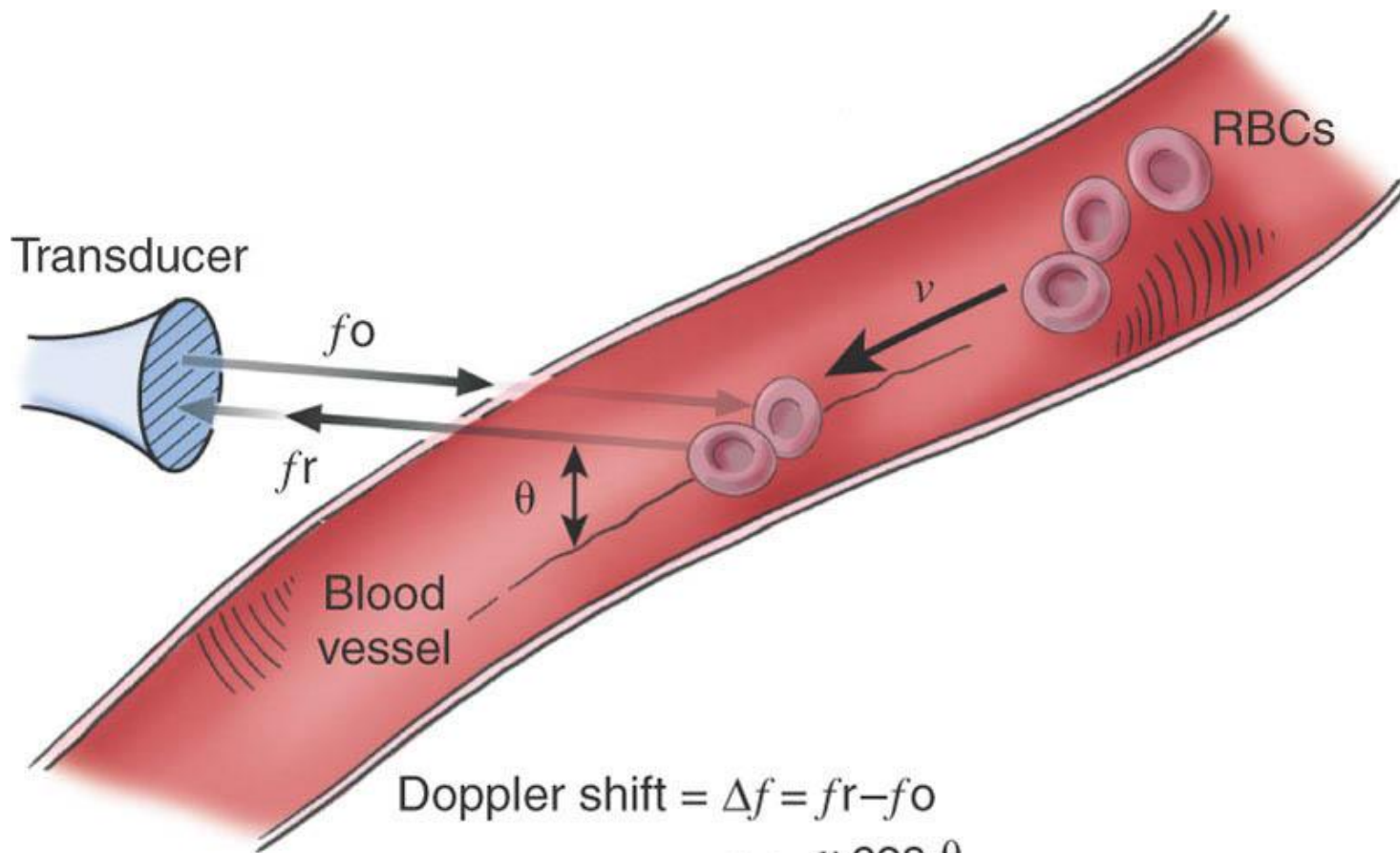
Если источник звука удаляется от уха, то длина волны увеличивается, а частота уменьшается.



**A** $\lambda$  – постоянная $f$  – постоянная $\lambda$  – постоянная $f$  – постоянная**B** $\lambda$  – уменьшается $f$  – увеличивается $\lambda$  – увеличивается $f$  – уменьшается**C** $\lambda$  – увеличивается $f$  – уменьшается $\lambda$  – уменьшается $f$  – увеличивается

**A****B****C**

Допплеровский сдвиг частоты  $f_{\sigma} = f_r - f_t$



$$\text{Doppler shift} = \Delta f = f_r - f_0$$

$$= 2f_0 \frac{v \cos \theta}{c}$$

$f_0$  = transmitted frequency

$f_r$  = reflected frequency

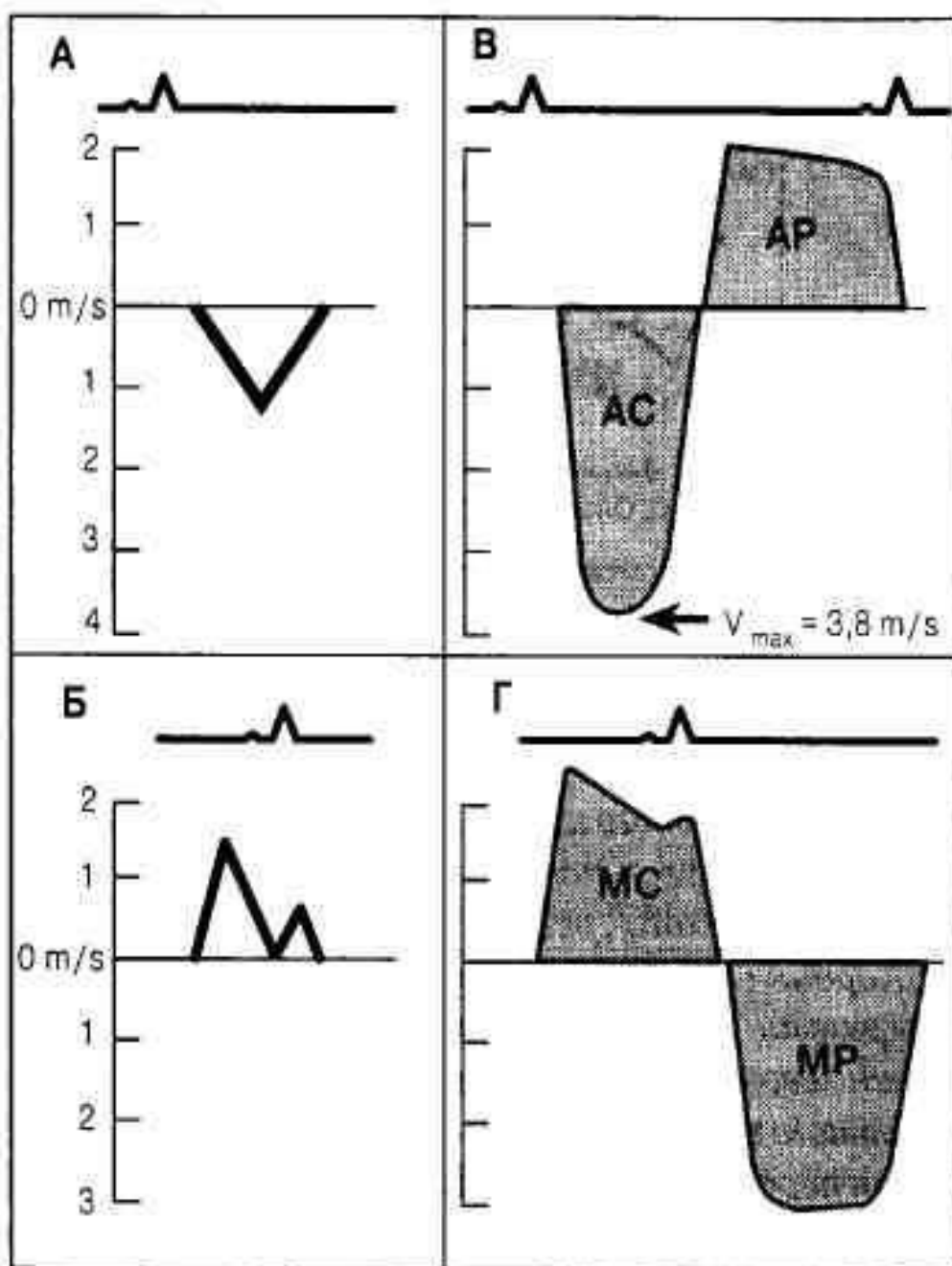
$v$  = velocity of red blood cells

$c$  = speed of ultrasound in blood



(From Oh JK, Seward JB, Tajik AJ: The Echo Manual. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006. Used with permission of Mayo Foundation for Medical Education and Research.)





SA9900

Cardiac

#1585

MI 0.0

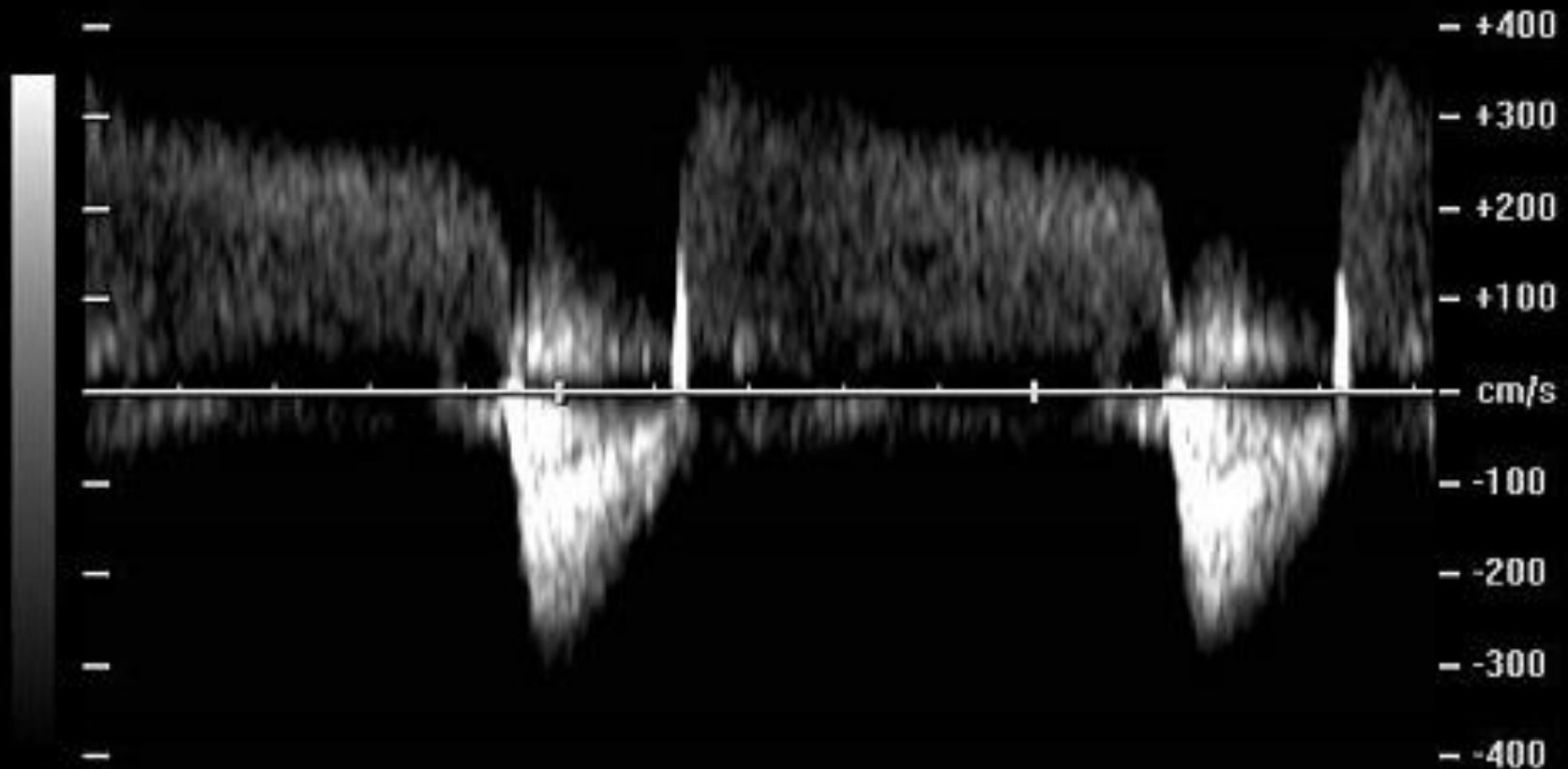
CW 2 /

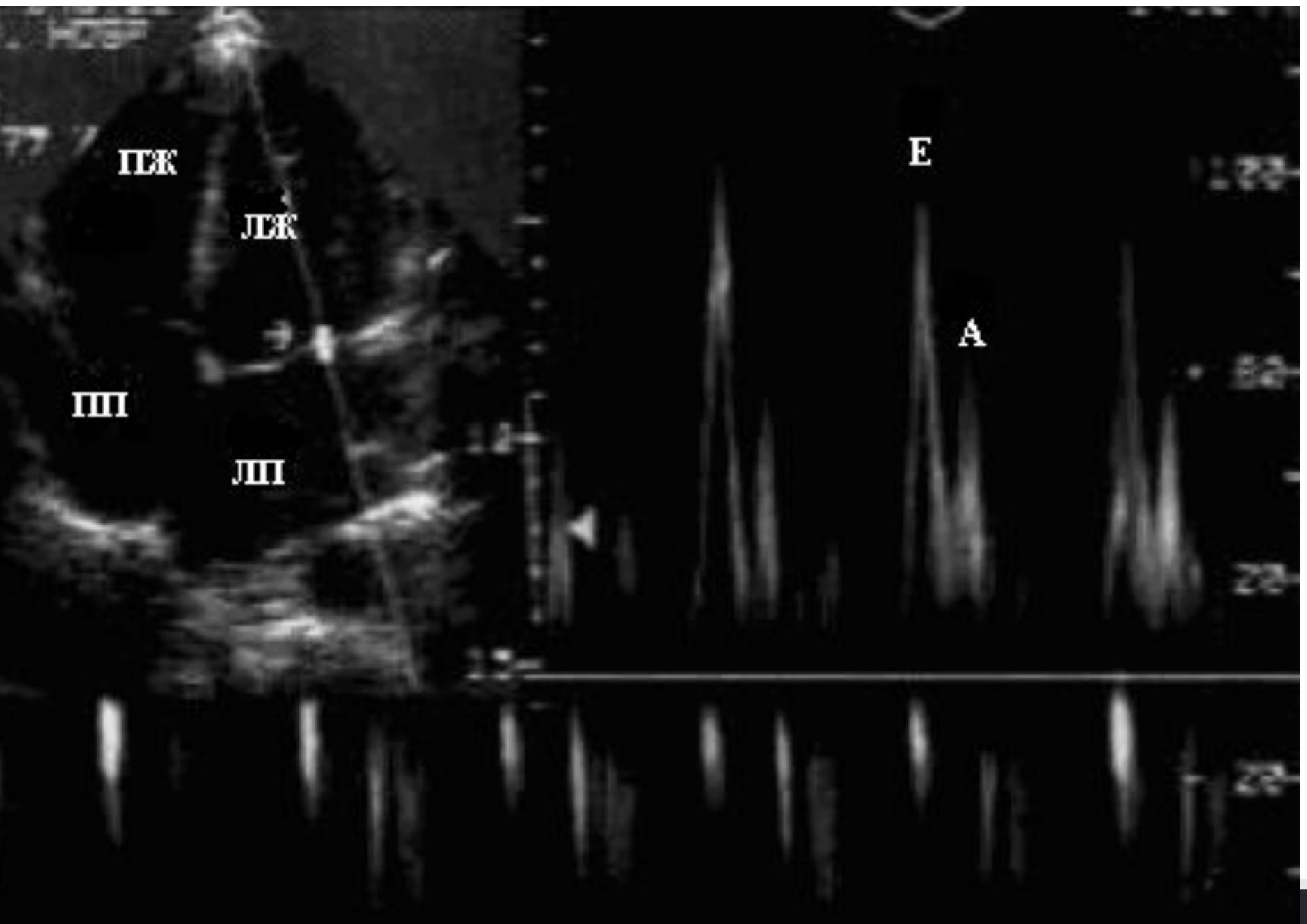
Gen TIs 0.0

10:16:19 am

[CW] G50

F2 / 22.00 kHz / P90



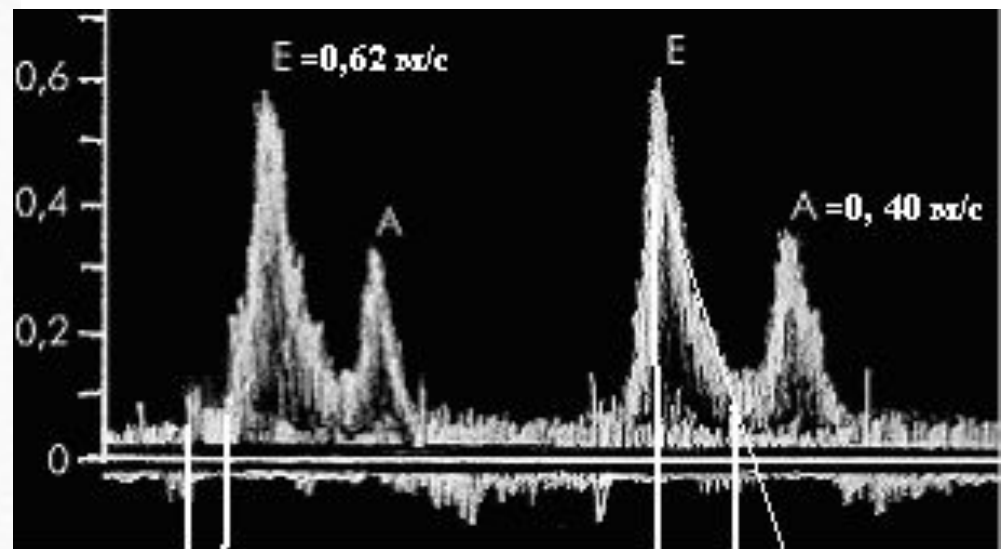
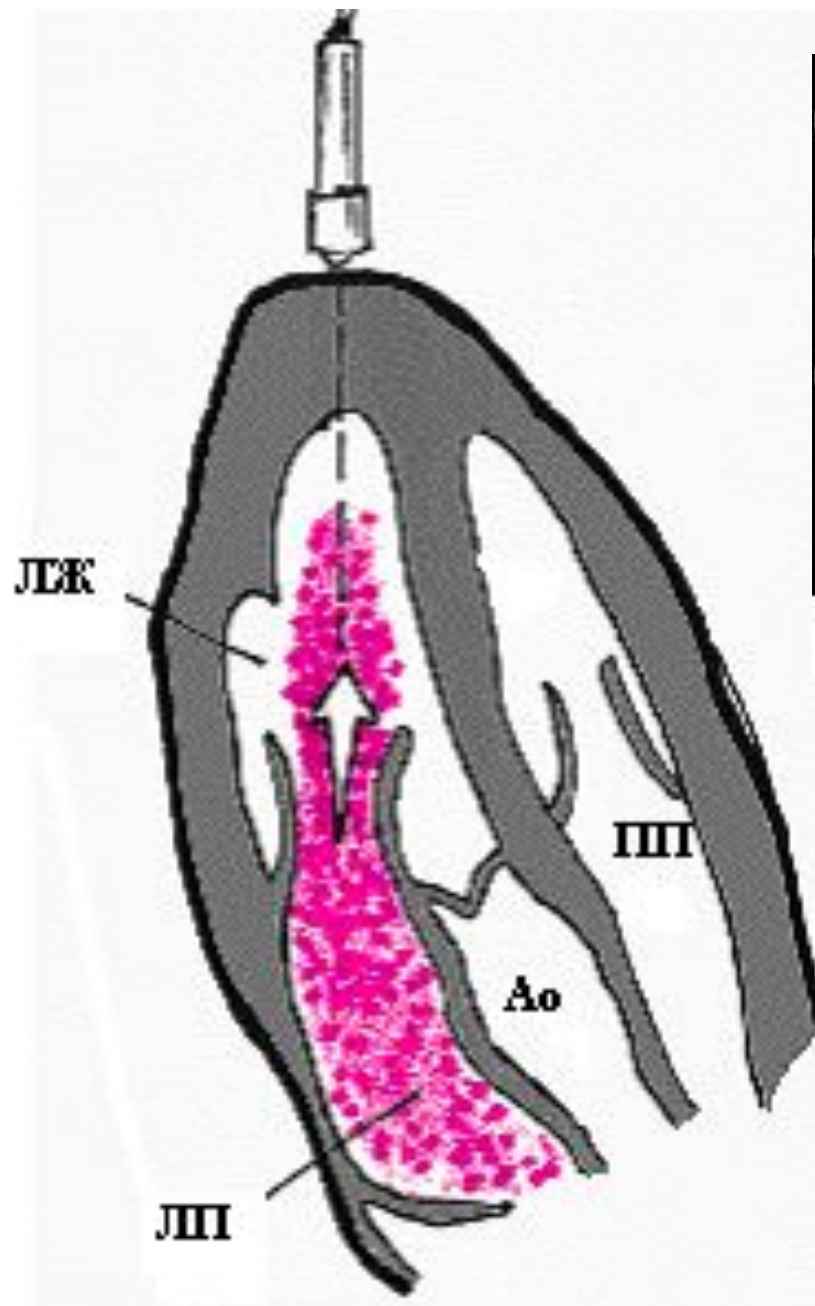


TIS:1.3

3/2/2012/A  
CLKE 3D #20  
CLKE ADULT

EPK 57  
CPF 55  
SEEFM  
ZCP  
WIFZ





IVRT = 70 мс

DT = 188 мс

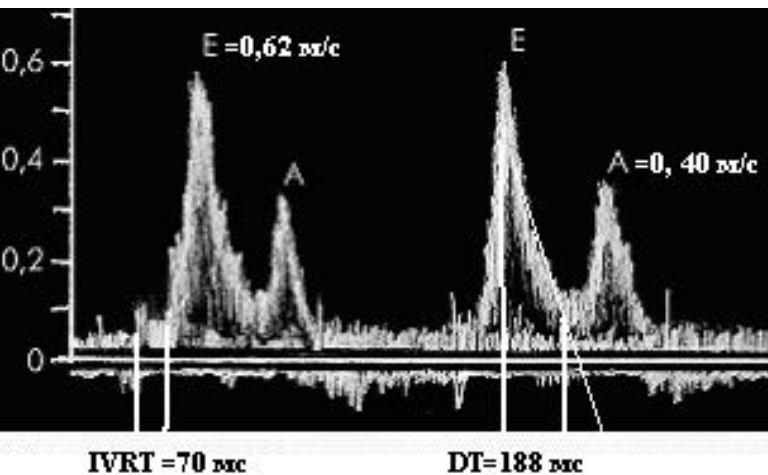


# Оценка диастолической функции ЛЖ (старый метод)

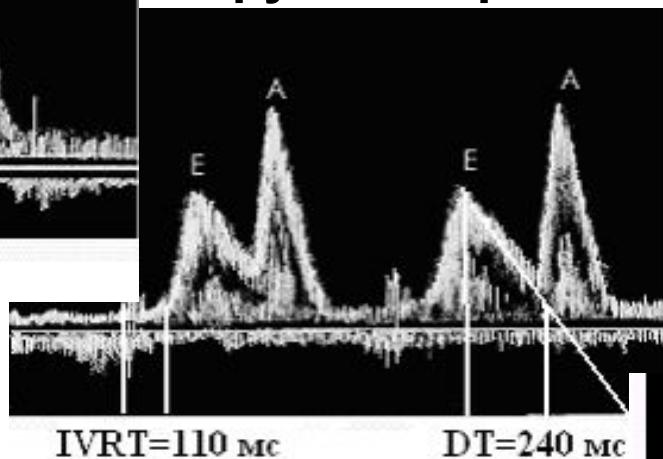
- Максимальная скорость раннего пика диастолического наполнения ( $V_{\max}$  пика E)
- Максимальная скорость трансмитрального кровотока во время систолы ЛП ( $V_{\max}$  пика A)
- Отношение максимальных скоростей раннего и позднего наполнения (E/A)
- Время изоволюметрического расслабления ЛЖ (2 фаза диастолы) — IVRT (*isovolumetric relaxation time*) (измеряется при одновременной регистрации аортального и трансмитрального кровотока в непрерывноволновом режиме из апикального доступа)
- Время замедления раннего диастолического наполнения (4 фаза диастолы) – DT (*deceleration time*)

# Типы диастолической функции (старый метод)

## Норма

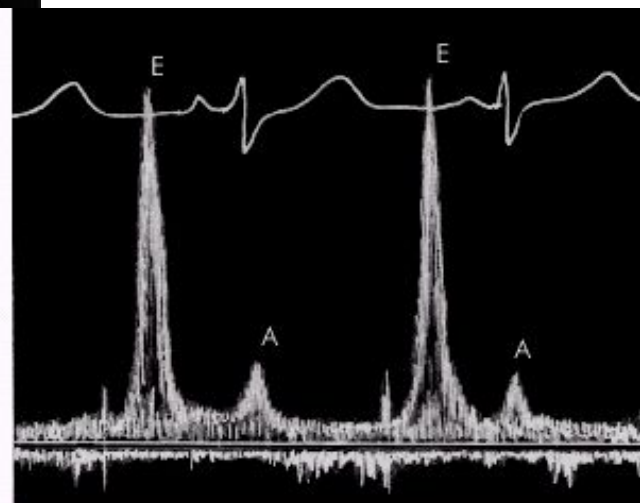


## Нарушение релаксации



Псевдонормализация

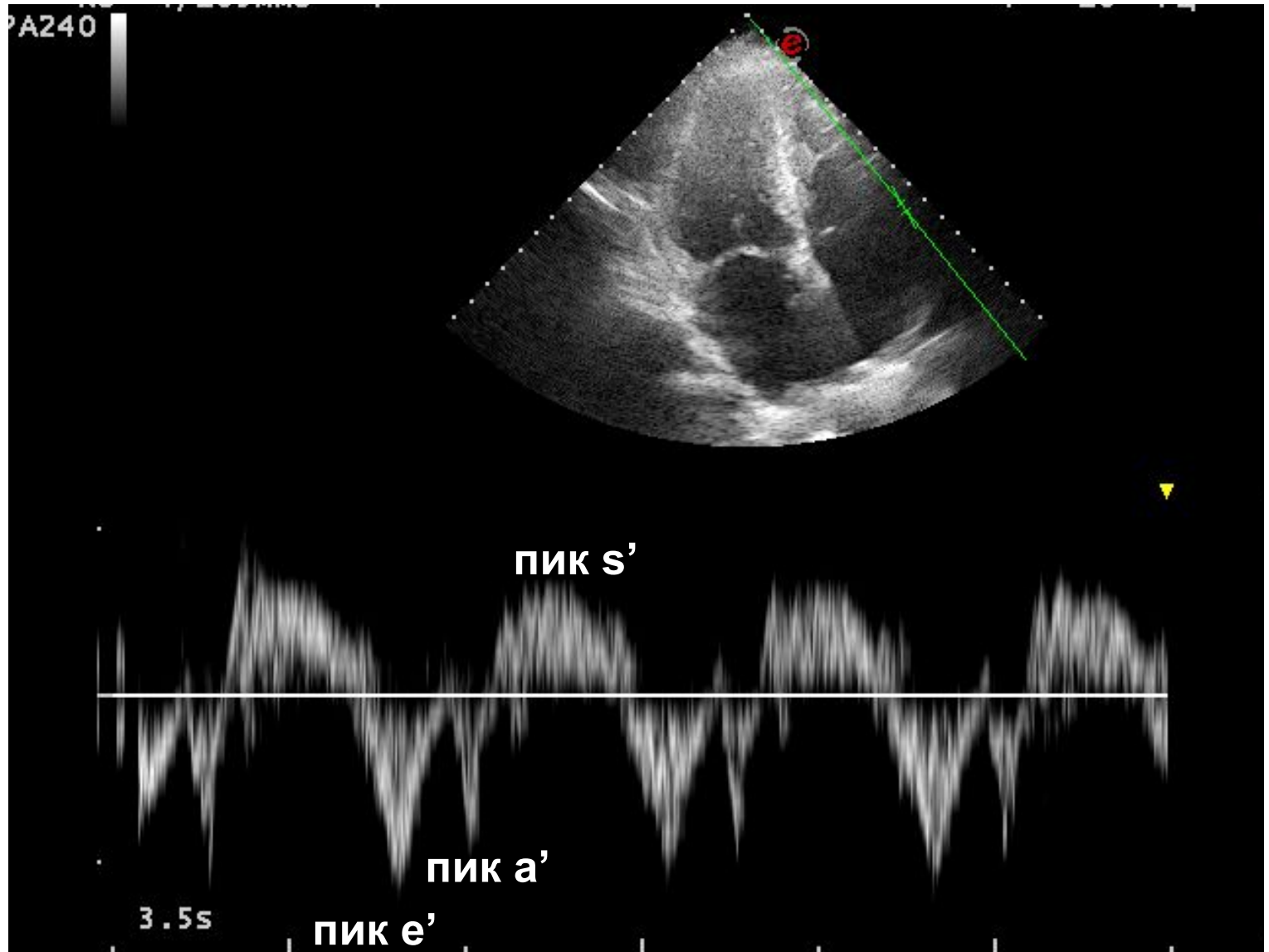
Рестриктивный тип



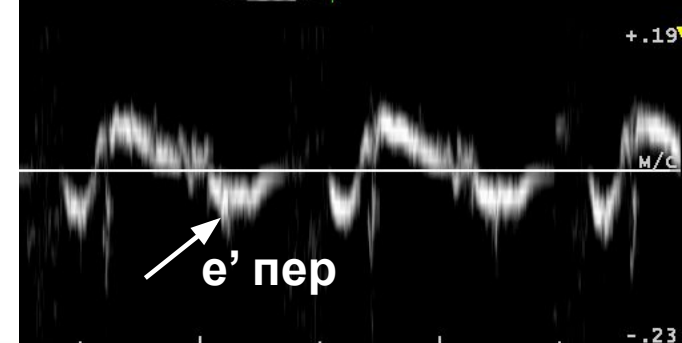
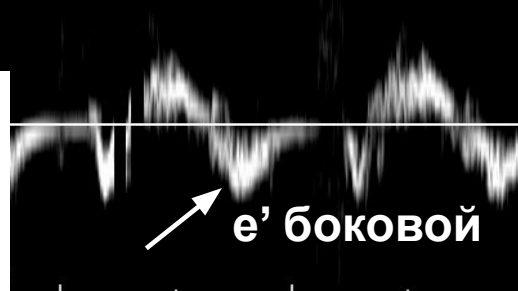
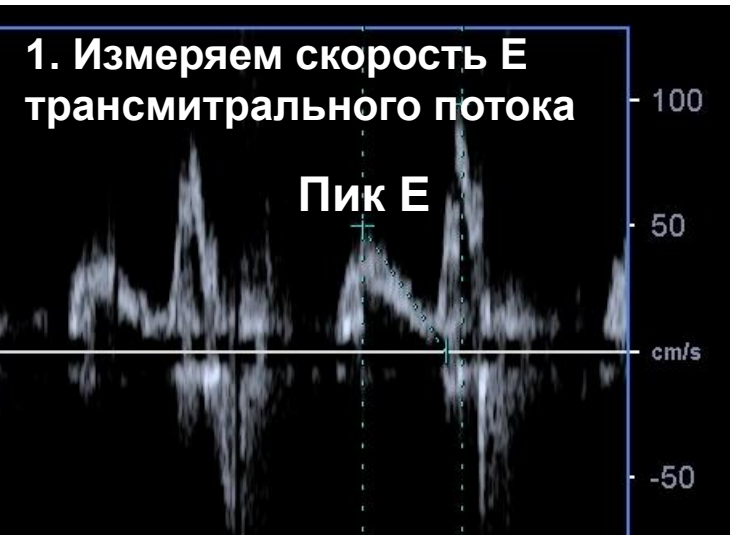
# Оценка диастолической функции ЛЖ (современный подход)

- Отношение максимальных скоростей раннего и позднего наполнения (E/A).
- Среднее отношение  $E/e'$
- Максимальная скорость трикуспидальной регургитации
- Индекс объема левого предсердия

# Тканевой доплер



# Измерение среднего E/e'



$$\text{средний } E/e' = \frac{E_{\text{трансмитр}}}{1/2(e'_{\text{перегор}} + e'_{\text{боковой}})}$$



# Площадь поверхности тела (BSA Body Surface Area)

это измеренная или рассчитанная поверхность человеческого тела. Для многих клинических целей ППТ является лучшим показателем метаболического обмена, чем масса тела, поскольку она менее зависит от излишнего количества жировой ткани

- **Формула Дюбуа и Дюбуа (модификация):**

$$\text{ППТ(м}^2\text{)} = 0.007184 \times \text{рост (см)}^{0.725} \times \text{вес (кг)}^{0.425}$$

- **Формула Мостеллера:**

$$\text{ППТ(м}^2\text{)} = 0.016667 \times \text{рост (см)}^{0.5} \times \text{вес (кг)}^{0.5}$$

- **Формула Хейкока:**

$$\text{ППТ(м}^2\text{)} = 0.024265 \times \text{рост (см)}^{0.3964} \times \text{вес (кг)}^{0.5378}$$

# Степени диастолической дисфункции ЛЖ

	Нормальная	I степень	II степень	III степень
ДЛП	Нормальное	Низкое или нормальное	Повышено	Повышено
Отношение E/A	$\geq 0.8$	$\leq 0.8$	$>0.8$ , но $<2$	$>2$
Среднее отношение E/e'	$<10$	$<10$	10–14	$>14$
Максимальная скорость TR (м/с)	$<2.8$	$<2.8$	$>2.8$	$>2.8$
Индекс объёма ЛП	Нормальный	Нормальный или увеличен	Увеличен	Увеличен

# Заключение ЭхоКГ

<b>ФИО</b>	
<b>Дата рождения</b>	
<b>Возраст</b>	
<b>Рост, см</b>	
<b>Вес, кг</b>	
<b>ППТ, м<sup>2</sup></b>	
<b>Тип ритма, ЧСС, АД</b>	

## Заключение ЭхоКГ

камера	Параметр	фактически	норма
ЛЖ	КДР, мм		≤58,4 (М) ≤52,2 (Ж)
	КСР, мм		≤39,8 (М) ≤34,8 (Ж)
	Относительная толщина стенок ЛЖ, см		≤0,42
	ИМЛЖ, г/м <sup>2</sup>		≤102 (М) ≤88 (Ж)
	Индекс КДО		≤75 (М) ≤62 (Ж)
	Индекс КСО		≤32 (М) ≤25 (Ж)
	ФВ ЛЖ, % (двухмерн)		≤52 (М) ≤54 (Ж)
	Индекс УО (доплер) мл/м <sup>2</sup>		>35
	GLS глобальный продольный стрейн, %		>20

# Заключение ЭхоКГ

камера	Параметр	фактически	норма
ДФЛЖ	Трансмитральный E/A		>0,8 но <2,0
	DT пика E, мсек		160-220
	e' перегород, см/сек		>7
	e' боковой, см/сек		>10
	E/e'		<8



# Заключение ЭхоКГ

Камера	Параметр	Фактически	норма
левое предсердие	индекс ЛП, мл/м <sup>2</sup>		≤34
корень аорты (индексированные параметры)	Кольцо, см/м <sup>2</sup>		≤1,4
	синусы Вальсальвы		≤1,9 (М) ≤2,0 (Ж)
	синотубулярное соединение		≤1,7
	проксимальная восходящая аорта		≤1,7 (М) ≤1,9 (Ж)

# Заключение ЭхоКГ

Камера	Параметр	Фактически	норма
Правый желудочек	Базальный диаметр, мм		<42
	Диаметр в средней трети, мм		<36
	Проксимальный диаметр ВТПЖ, мм		<36
	Дистальный диаметр ВТПЖ, мм		<28
	TAPSE, мм		>17
	Фракция сокращения площади, %		<35
Глобальный стрейн свободной стенки, %		>23	

# Заключение ЭхоКГ

Камера	Параметр	Фактически	норма
Правое предсердие	Индекс объема ПП, мл/м <sup>2</sup>		< 30 (М) < 28 (Ж)
Нижняя полая вена	Диаметр НПВ, см		<2,1
	Спадение НПВ на вдохе		>50%
Трикуспидальная регургитация	Скорость струи регургитации, м/сек		<2,8

# Заключение ЭхоКГ

<b>Митральный клапан: описание изменений (дегенерация, дилатация, кальциноз, пролапс)</b>			
<b>Митральная регургитация</b>	<b>EROA, мм<sup>2</sup></b>		<b>Степень тяжести</b>
	<b>Vena contracta, мм</b>		
<b>Митральный стеноз</b>	<b>РНТ, мсек</b>		<b>Степень тяжести</b>
	<b>Максимальный и средний градиент давления, мм рт.ст.</b>		
	<b>Площадь МК (анатомически и функционально), мм<sup>2</sup></b>		

**Спасибо за  
внимание**