

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»**

**РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

---

**Е.П. КОРОВИНА, А.Ф. САФАРОВА,**

**Ж.Д. КОБАЛАВА, В.С. МОИСЕЕВ**

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА  
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ  
КРУПНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ**

**Учебное пособие**

**Москва**

**2008**

**«Создание комплекса инновационных образовательных программ  
и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих  
эффективно реализовывать государственные интересы РФ  
через систему экспорта образовательных услуг»**

Экспертное заключение:

доктор медицинских наук, профессор *Г.Г. Иванов*,  
доктор медицинских наук, профессор *В.Е. Дворников*

**Коровина Е.П., Сафарова А.Ф., Кобалава Ж.Д., Моисеев В.С.**

Ультразвуковая диагностика морфологических нарушений крупных магистральных артерий: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 145 с.: ил.

В учебном пособии отражены вопросы по изучению морфо-функционального состояния сердца и коронарного кровотока в норме, изложены теоретические знания по изучению ультразвуковых изменений и гемодинамических показателей сердца и сосудов при различных врожденных и приобретенных заболеваниях магистральных сосудов.

Для врачей терапевтов, кардиологов, врачей функциональной и лучевой диагностики, ординаторов, аспирантов, обучающихся по специальностям «Кардиология» (14.00.06), «Лучевая диагностика» (14.00.19).

*Учебное пособие выполнено в рамках инновационной образовательной программы Российского университета дружбы народов, направление «Комплекс экспортноориентированных инновационных образовательных программ по приоритетным направлениям науки и технологий», и входит в состав учебно-методического комплекса, включающего описание курса, программу и электронный учебник.*

## 1. СТАНДАРТНЫЕ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ

ЭхоКГ-исследование проводится путем направления ультразвукового пучка на грудную клетку. Ультразвуковой датчик генерирует ультразвуковые волны и принимает волны, отраженные от органов грудной клетки.

Ультразвуковая волна не проникает сквозь костные структуры (грудину, ребра) и лёгочную ткань, поэтому для ЭхоКГ-исследования пациента используются узкие ультразвуковые окна, обходящие эти препятствия. Классические ультразвуковые исследования проводятся при положении датчика в межреберном промежутке слева от грудины, на верхушке, из субстернального доступа, который располагается в эпигастральной области, и из супрастернальной позиции (рис. 1.).

Структуры, расположенные вблизи от датчика, отображаются в верхней части экрана, более удаленные – в нижней части.

### 1.1. Двумерная эхокардиография (В-режим)

Двумерная эхокардиография (2D ЭхоКГ) дает изображение структур сердца и их движение. При двумерном исследовании ультразвуковой пучок имеет вид арки, представляющей собой часть сектора.

В эхокардиографии используют ряд обязательных стандартных позиций (Зарецкий В.В. 1979, Абдуллаев Р.Я. 1998, Шиллер Н., 2005, Feigenbaum Н. 2005, Otto С.М. 2000). Умение получить и проанализировать все необходимые стандартные позиции составляет основу владения методом.

#### **Стандартные позиции:**

- Левая парастернальная.
- Правая парастернальная.
- Верхушечная (апикальная).
- Субкостальная.
- Супрасернальная.

## **Парастернальная позиция.**

### **Паратернальная позиция по длинной оси**

Из этой позиции начинается обследование. Датчик располагается на уровне третьего-четвёртого межреберного промежутка у края грудины. Анатомические структуры, которые визуализируются из данной позиции, изображены на рис. 1.1.1. В ней исследуются полость и движение стенок левого желудочка. Так же возможно хорошо визуализировать створки митрального и аортального клапанов, левое предсердие.

Ультразвуковой луч рассекает левый желудочек от вершины до основания. На рис. 1.1.1 видна небольшая часть правого желудочка в верхней части изображения. Ниже идет межжелудочковая перегородка. Из данной позиции можно видеть только базальную и среднюю часть левого желудочка. Вершина не визуализируется и судить о ее сократимости в данной позиции не представляется возможным. Корень аорты располагается над левым предсердием ниже и правее выходного тракта правого желудочка. Левое предсердие видно по передне-задней оси. В выемке между левым предсердием и левым желудочком видны коронарные синусы. Коронарные синусы (хотя они не всегда легко различаются) располагаются под кольцом митрального клапана у точки соединения левого желудочка и левого предсердия в поперечном разрезе и имеют вид округлого эхо-свободного образования. Под левым предсердием видна нисходящая часть грудной аорты. Позади корня аорты находится митральный клапан. В нижней части рисунка располагается задняя папиллярная мышца. Передняя створка митрального клапана визуализируется сверху, задняя – снизу (рис. 1.1.2, слева). Во время диастолы створки расходятся к межжелудочковой перегородке и задней стенке левого желудочка. Створки аортального клапана в это время смыкаются. Во время систолы створки аортального клапана расходятся к стенкам аорты, створки митрального клапана смыкаются (рис. 1.1.2, справа).

### **Правые отделы по длинной оси**

Далее, уходя от базальных отделов сердца на уровне аорты и левого предсердия, несколько поворачивая датчик по часовой стрелке, наклоняя ниже-медиально, можно увидеть правые отделы по длинной оси (рис. 1.1.3).

Правое предсердие находится справа и внизу, верхушка правого желудочка – слева вверху. Створки трикуспидального клапана отделяют полость правого предсердия от правого желудочка. Трехстворчатый клапан находится в центре изображения. Хорошо видны его передняя и перегородочная створки. Обе эти позиции могут быть очень полезны для измерения давления в легочной артерии и выявления трикуспидальной регургитации.

### **Парастернальная позиция по короткой оси левого желудочка**

Особого внимания требует парастернальная позиция по короткой оси. Для перехода в неё необходимо расположить датчик в парастернальной позиции по длинной оси, затем повернуть на  $90^\circ$  по часовой стрелке и перемещать его вверх и вниз. Передвигая датчик от верхушки к основанию, мы выводим срез левого желудочка по короткой оси на разных уровнях.

### **Короткая ось левого желудочка на уровне верхушки**

В этом положении видны верхушки левого и правого желудочков, разделенные верхушечной частью межжелудочковой перегородки. На практике эту позицию используют редко.

### **Короткая ось левого желудочка на уровне папиллярных мышц**

При ориентировании датчика по направлению к основанию сердца визуализируются средние отделы, которые включают в себя передне-латеральную (на уровне боковой стенки левого желудочка - на четырёх часах) и ниже-медиальную (на уровне ниже-перегородочной стенки левого желудочка – на восьми часах) папиллярные мышцы по всей их длине (рис. 1.1.4).

В случае правильного расположения датчика правый желудочек полумесяцем окружает левый желудочек, который выглядит скорее округлым, нежели эллиптическим.

### **Короткая ось левого желудочка на уровне митрального клапана**

Базальный отдел (рис. 1.1.5) распространяется от конца папиллярных мышц (в конце диастолы) до митрального кольца и позволяет видеть заднюю (ниже на изображении) и переднюю митральные створки в виде «рыбьего рта» в центре левого желудочка, митральное кольцо, комиссуры и стенки левого и правого желудочков.

Створки митрального клапана расходятся к стенкам левого желудочка в диастолу и смыкаются в систолу. Между створками располагаются латеральная и медиальная комиссуры.

### **Парастернальная позиция короткая ось аортального клапана.**

Позиция на уровне крупных сосудов позволяет увидеть корень аорты и аортальный клапан с его тремя створками (левая коронарная – справа, правая коронарная – слева вверху, некоронарная – слева внизу) (рис. 1.1.6). Корень аорты в этой позиции округлый.

Небольшой наклон датчика может позволить визуализировать в приближении устье и проксимальный отдел левой коронарной артерии, которая берёт свое начало из левого коронарного синуса Вальсальвы. В реальном времени коронарная артерия визуализируется в течение не всего сердечного цикла. Может быть определена и правая коронарная артерия, выходящая из правого коронарного синуса Вальсальвы.

Слева от аорты находится правое предсердие и трикуспидальный клапан. Сверху и спереди правый желудочек охватывает аорту и заканчивается легочной артерией и ее клапаном. Сзади располагается левое предсердие.

В самой верхней позиции по короткой оси можно увидеть лёгочный ствол на всем его протяжении с бифуркацией на правую и левую легочную артерию (рис. 1.1.7).

Клапан лёгочной артерии в норме трехстворчатый. При ЭхоКГ-исследовании, как правило, возможно визуализировать только правую и заднюю створки.

### **Правая парастернальная позиция**

Правая парастернальная позиция получается при расположении датчика в третьем - четвёртом межреберье справа около грудины и позволяет увидеть правое предсердие и желудочек, нижнюю и верхнюю полые вены, трикуспидальный клапан и восходящую аорту.

Правый парастернальный подход позволяет обнаружить различные структуры сердца и даёт возможность визуализировать значительную часть правой коронарной артерии на уровне трикуспидального кольца, межпредсердную перегородку и любые ее дефекты. Правое предсердие используется, как основное окно правых отделов (Marcella С.Р. 1993).

### **Верхушечная позиция**

С верхушки сердца возможно получить четыре стандартных позиции.

### **Верхушечная четырехкамерная позиция**

Верхушечная четырехкамерная позиция (рис. 1.1.8) получается при расположении датчика в области верхушки сердца. Эта позиция визуализируется перпендикулярно плоскости рассмотренной выше. В плоскости одновременно должны быть выведены оба желудочка и оба предсердия. В большинстве институтов на правой части изображения располагаются левые отделы сердца, слева – правые. Но возможно и обратное расположение на экране. Створки митрального и трикуспидального клапанов должны визуализироваться в их полном раскрытии. В этом случае плоскость проходит через длинные оси обоих желудочков.

К датчику ближе всего расположена верхушка левого желудочка. Правый желудочек можно отличить от левого по более выраженной трабекулярности и модераторному пучку, который может быть ясно виден. И только в левом желудочке визуализируются передняя и задняя папилляр-

ные мышцы. Кроме этого, в этой позиции можно видеть правое и левое предсердия, которые расположены в нижних отделах изображения, так как они наиболее удалены от датчика.

Так же можно рассмотреть митральный клапан и митральное кольцо в наибольшем размере, переднюю (медиальную) и заднюю (латеральную) створки митрального клапана, сухожильные хорды, папиллярные мышцы. Между правым предсердием и желудочком виден трикуспидальный клапан, подклапанный аппарат и перегородочная (прикреплена к перегородке и медиальная) и задняя (самая большая из трех створок крепится к латеральной части трикуспидального кольца) створки. Митральные и трикуспидальные створки расположены горизонтально в систолу и открываются в сторону верхушки в диастолу.

При передвижении датчика из апикальной позиции вниз можно визуализировать коронарный синус, который находится в выемке между левым предсердием и желудочком и открывается в правое предсердие.

#### **Пятикамерная верхушечная позиция**

Один из вариантов данной позиции при отклонении датчика вперед носит название пятикамерной и позволяет вывести аортальный клапан, корень аорты, проксимальную часть восходящей аорты (расположенную между предсердиями), выходной тракт левого желудочка и переднюю часть межжелудочковой перегородки (рис. 1.1.9).

Аорта продолжается в переднюю створку митрального клапана. Напротив нее расположена задняя створка митрального клапана, которая значительно короче.

При перемещении датчика вперед можно увидеть выходной тракт правого желудочка, легочную артерию.

#### **Двухкамерная верхушечная позиция**

Двухкамерная верхушечная позиция (рис. 1.1.10) получается при отклонении луча немного влево и вращении датчика на 60° против часовой стрелки из четырехкамерной позиции. При этом визуализируются только

левые отделы сердца. В этой позиции целиком видна нижняя стенка левого желудочка. На нижней стенке расположена задне-медиальная папиллярная мышца.

### **Верхушечная длинная ось левого желудочка**

Отклоняя датчик назад и вращая его против часовой стрелки примерно на 30°, на экран выводится изображение длинной оси левого желудочка. Эта позиция может оказать помощь, если затруднен осмотр в парастернальных позициях.

### **Субкостальный доступ**

Субкостальный доступ получается при расположении датчика под мечевидным отростком или немного правее на окологрудинной линии. Направляя пучок прямо в надключичную ямку или ярёмную выемку, можно получить так называемую четырехкамерную позицию.

### **Субкостальная четырехкамерная позиция**

Субкостальная четырехкамерная позиция позволяет четко визуализировать левое и правое предсердия, межпредсердную и межжелудочковую перегородки, свободную стенку правого желудочка и задне-латеральную стенку левого желудочка, митральный и трикуспидальный клапаны. Правые отделы расположены ближе к датчику и визуализируются сверху (правый желудочек - справа, предсердие – слева) (рис. 1.1.11).

При перемещении датчика влево в основном визуализируются два предсердия и межпредсердная перегородка. Верхушка в данной позиции обычно не видна. Перемещая датчик вперед, можно обнаружить аортальный клапан и оценить его движение, что бывает особенно полезно, когда визуализация клапана из парастернальной позиции затруднена.

### **Субкостальная длинная ось нижней поллой вены**

Если ультразвуковой луч направить вниз и немного вправо, можно увидеть паренхиму печени, печеночные вены и короткую ось нижней поллой вены. При перемещении луча кзади и влево визуализируется проксимальная часть брюшной аорты. Если луч направить вверх, то можно уви-

деть впадение печеночных вен в нижнюю полую вену. Длинную ось нижней полую вены можно визуализировать, направив датчик параллельно сагиттальной плоскости и смещая его несколько вправо (рис. 1.1.12).

При вращении датчика по часовой стрелке визуализируется субкостальная короткая ось желудочков и клапанов (рис. 1.1.13).

Перемещая датчик ниже, можно увидеть нижнюю полую вену и место ее впадения в правое предсердие. При вращении в этом месте можно обнаружить выходной тракт левого желудочка, аорту, выходной тракт правого желудочка и створки клапана легочной артерии.

### **Супрастернальная позиция**

Супрастернальная позиция получается при расположении датчика в югулярной ямке.

### **Супрастернальная позиция по длинной оси дуги аорты**

Для получения этой позиции датчик устанавливают в ямке так, чтобы дуга аорты имела максимальную ширину. При этом восходящая часть аорты располагается слева, дуга аорты – сверху, проксимальная часть нисходящей аорты – справа (рис. 1.1.14).

Из супрастернального доступа правая легочная артерия видна в поперечном сечении. Здесь же можно увидеть левую общую сонную артерию (выше) и подключичную артерию (ниже). Перемещение датчика медиально дает изображение правой легочной артерии в виде круга ниже дуги аорты. Этот вид часто используется для доплеровских исследований и диагностики коарктации аорты.

### **Супрастернальная позиция по короткой оси дуги аорты**

Вращая датчик против часовой стрелки на  $90^\circ$  и латерально, можно увидеть дугу аорты по короткой оси и правую легочную артерию по длинной оси (рис. 1.1.15). Левая легочная артерия может быть отображена в виде небольшой угловой структуры.

## 1.2. Одномерная эхокардиография (М-режим)

М-режим был одним из первых режимов, который стал использоваться в эхокардиографии. Он и до настоящего времени остается наиболее распространенным в комбинации с двумерной ЭхоКГ. М-режим получается при направлении ультразвукового луча через структуры грудной клетки. Обычно исследование проводится из левой парастеральной позиции.

На рис. 1.2.1 приведена схема стандартных позиций для М-режима.

### **М-модальное исследование на уровне створок аортального клапана и левого предсердия**

Для исследования аортального клапана и левого предсердия (рис. 1.2.2) необходимо ультразвуковой луч установить перпендикулярно задней стенке левого предсердия.

На рис. 1.2.2 показано ЭхоКГ исследование в М-режиме. Вертикальная ось отражает удаление структур сердца от датчика, горизонтальная ось отражает время. Аорта представлена двумя параллельными линиями, которые движутся вперед к датчику в систолу и смещаются назад в диастолу. При этом створки аортального клапана в систолу образуют коробочку (правая коронарная створка сверху, некоронарная – снизу), в диастолу – линейный эхо-сигнал. Под аортой располагается левое предсердие. Видна его полость и задняя стенка.

### **М-модальное исследование на уровне створок митрального клапана**

Затем луч смещают к краям створок митрального клапана (рис. 1.2.3).

Сверху луч проходит через небольшой участок правого желудочка. Ниже визуализируется межжелудочковая перегородка, полость левого желудочка и его задняя стенка. В систолу эти структуры движутся навстречу друг другу, в диастолу – расходятся. В полости левого желудочка движе-

ние передней створки митрального клапана (вверху) в диастолу напоминает букву М, задней (внизу) - букву W меньшей амплитуды.

### **М-модальное исследование левого желудочка**

М-модальное исследование левого желудочка производят при наклоне луча ближе к верхушке (рис. 1.2.4).

Для правильного выведения этой позиции необходимо, чтобы луч проходил параллельно короткой оси левого желудочка и был перпендикулярен межжелудочковой перегородке и задней стенке левого желудочка.

На схеме и эхокардиограмме 1.2.4 представлен левый желудочек по короткой оси на уровне папиллярных мышц. Межжелудочковая перегородка находится в середине экрана и располагается между полостями правого и левого желудочков. Снизу расположена нижняя стенка левого желудочка. Чёрная линия под ней – перикард.

Хотя многие из этих традиционных измерений могут быть заменены двумерной ЭхоКГ и более новыми технологиями, М-ЭхоКГ находит новые интересные применения для изучения функций сердца или оценки потоков посредством линейных измерений цветного М-режима. Кроме того, появился новый метод изучения – анатомический М-режим, обладающий высокой разрешающей способностью.

### **Анатомический М-режим**

Метод дает возможность получить адекватное изображение независимо от направления ультразвукового луча датчика. Введение анатомического М-режима сделало доступным получение изображения практически при любом направлении луча.

Возможность изменения направления луча в анатомическом М-режиме может помочь в измерении диаметра желудочков и толщины стенок при исследовании в тех ситуациях, когда не удастся перпендикулярно расположить луч при обычном М-ЭхоКГ исследовании в парастернальной позиции по длинной оси (рис. 1.2.5) (Carerj S. 2003).

Более того, эхокардиограф с анатомическим М-режимом позволяет изменять сохраненное изображение и дает возможность получить информацию М-режима одного и того же цикла в разных местах левого желудочка, позволяя оценить движение различных сегментов (рис. 1.2.6) (Kanzaki H. 2004).

Анатомический М-режим ЭхоКГ является объективным методом количественной оценки систолического утолщения стенки левого желудочка во время проведения добутаминового стресс-теста.

### **Цветовой доплер, М-режим**

Цветовой доплер в М-режиме обеспечивает комплексное изображение потока в большой области путем измерения скорости вдоль каждой секторальной линии двумерного ЭхоКГ-изображения и отображает информацию в виде цветных точек. Этот метод наиболее информативен в диагностике регургитации и стеноза, отражает систолические и диастолические потоки, определяет наличие внутрисердечных шунтов и визуализирует коронарный кровоток. Обычный импульсный доплер отражает временное распределение скорости потока крови в определенном месте, тогда как цветовой М-метод отражает распределение мгновенных значений скоростей в пространстве и времени вдоль направления луча.

Одно из наиболее важных применений цветового М-режима ЭхоКГ является оценка потока наполнения левого желудочка. Для того чтобы сделать цветовую запись в М-режиме, курсор размещают в центре митрального потока в четырехкамерной позиции сердца (рис. 1.2.7).

## **Литература**

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Зарецкий В.В., Бобков В.В., Ольбинская Л.И.* Клиническая эхокардиография. - М., "Медицина". -1979.

3. Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография. М., 2005.
4. Carerj S, Micari A, Trono A, et al. Anatomical M-mode: an old-new technique // Echocardiography 2003;20:357-361.
5. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's Echocardiography: 6th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
6. Kanzaki H, Nakatani S, Nakasone I, Katsuki K, Miyatake K. Regional heterogeneity of left ventricular myocardial work quantified using anatomical M-mode echocardiography // Basic Res Cardiol. 2004;99(3):204-11.
7. Marcella CP, Johnson LE. Right parasternal imaging: an underutilized echocardiographic technique // J Am Soc Echocardiogr. 1993;6:453.
8. Otto C.M. Textbook of Clinical Echocardiography. Saunders, 2000.

## 2. НОРМА

Один из важнейших моментов в ЭхоКГ исследовании – умение распознавать норму. С этого начинаются все учебники по ЭхоКГ (Зарецкий В.В. 1979, Шиллер Н. 2005, Feigenbaum Н. 2005, Otto С.М. 2000). Многие фрагменты из этой главы будут подробно рассматриваться ниже.

### 2.1. Двумерная эхокардиография (В-режим)

#### **Парастернальная позиция по длинной оси левого желудочка**

Начинать исследование следует из парастернальной позиции по длинной оси левого желудочка (рис. 2.1.1). Глубина сканирования в начале исследования должна быть 20 см, чтобы осмотреть все структуры. В дальнейшем она уменьшается до 16 см для более детального обследования.

Форма левого желудочка в этой позиции вытянутая, овальная. Межжелудочковая перегородка движется синхронно с задней стенкой левого желудочка. Утолщение его стенок синхронизировано с движением основания левого желудочка. Межжелудочковая перегородка и задняя стенка левого желудочка утолщены в систолу за счет уменьшения объема левого желудочка. В этой позиции проводится ряд важных ЭхоКГ измерений: измерение передне-заднего размера левого желудочка (стрелка), толщина стенок, полость левого предсердия, расхождение створок аортального и митрального клапанов. Межжелудочковая перегородка в норме имеет прямое расположение. С возрастом она может принимать S-образную форму.

Створки митрального и аортального клапанов имеют нормальную толщину. Передняя створка митрального клапана в диастолу почти доходит до межжелудочковой перегородки. Это служит косвенным признаком нормальной общей сократимости левого желудочка. В митральном кольце не должно быть утолщения и обызвествления. Митральный клапан, так же как и аортальный, следует оценивать из позиции с максимальным раскрытием

створок. Часто это невозможно сделать из одной плоскости и приходится немного изменять наклон датчика. Во время систолы створки аортального клапана расходятся к стенкам аорты, створки митрального клапана смыкаются. Створки аортального клапана во время систолы расходятся и лежат параллельно сосудистой стенке. Амплитуда расхождения створок в норме более 15 мм. Трехстворчатый аортальный клапан дает линию смыкания посередине корня аорты во время диастолы. Створки аортального клапана не должны пролабировать в выходной тракт левого желудочка в диастолу (рис. 2.1.2).

Эта позиция является основной для ряда измерений в аорте и выходном тракте левого желудочка (рис. 2.1.3).

Должны быть произведены следующие измерения:

- аортального кольца на уровне крепления аортальных клапанов;
- на уровне синусов Вальсальвы;
- на уровне перехода синусов в трубную часть аорты;
- на уровне проксимальной части восходящей аорты.

Результаты измерений аорты зависят от возраста и индексируются с площадью поверхности тела, как предложено Roman M.U. и др. (рис 2.1.4) (Roman M.U. 1989).

Корень аорты имеет больший диаметр, чем остальная часть аорты. Он формируется тремя синусами Вальсальвы, которые называются аналогично створкам клапана. В норме аорта не превышает 3,5 см. В корне аорты не должно быть утолщения и обызвествления. В месте перехода синусов Вальсальвы в восходящую аорту могут быть атеросклеротические бляшки.

В этой позиции в норме видно нормальное движение листков перикарда друг относительно друга: параллельность перемещения обоих листков и отсутствие расхождения листков в систолу и диастолу. Следует отметить, что диагностическое значение имеет только диастолическая сепарация листков.

В парастернальной позиции по длинной оси левого желудочка можно рассмотреть правую легочную артерию и нисходящую аорту. Коронарный синус визуализируется в месте перехода левого предсердия в левый желудочек под кольцом митрального клапана. Если коронарный синус не расширен, то он почти не виден. При расширении коронарного синуса его можно принять за нисходящую аорту. Но следует иметь в виду, что коронарный синус движется вместе с митральным кольцом, в то время как аорта остается на месте.

#### **Парастернальная позиция по короткой оси левого желудочка на уровне папиллярных мышц**

Парастернальная позиция по короткой оси левого желудочка на уровне папиллярных мышц (рис. 2.1.5) позволяет судить о систолической функции левого желудочка. В режиме реального времени все сегменты левого желудочка сокращаются одновременно, утолщаются в систолу и движутся к центру желудочка (сегментарное деление левого желудочка будет отражено в главе инфаркт миокарда). Необходимо обратить внимание на однородность структуры миокарда.

Измерение площадей, которые занимают эпикардиальный и эндокардиальный контуры миокарда, так же проводятся по парастернальной короткой оси на уровне сосочковых мышц. В дальнейшем эти расчеты используются для определения массы миокарда левого желудочка (см. соответствующую главу).

Межжелудочковая перегородка располагается между левым и правым желудочком. В норме межжелудочковая перегородка своей выпуклостью обращена к правому желудочку. Правый желудочек имеет сложную форму и оценивать его размеры из одной отдельно взятой позиции нельзя.

#### **Парастернальная позиция по короткой оси левого желудочка на уровне митрального клапана**

На рис. 2.1.6 приведено изображение по короткой оси в диастолу с открытыми створками митрального клапана. В режиме реального времени

видно нормальное закрытие и открытие створок митрального клапана. Между створками располагаются латеральная и медиальная комиссуры.

В норме отсутствует сращение передней и задней створок по комиссурам. Здесь возможно планиметрическое измерение отверстия митрального клапана. В норме площадь открытия митрального клапана 2,5 - 6 см<sup>2</sup>. Вверху справа также могут быть видны створки трехстворчатого клапана – передняя, задняя и перегородочная. И опять необходимо обратить внимание на нормальное сокращение всех сегментов стенки левого желудочка.

### **Парастернальная позиция по короткой оси аортального клапана**

Структуры, визуализируемые из парастернальной позиции по короткой оси аортального клапана, представлены на рис. 2.1.7.

Здесь виден аортальный клапан с его тремя створками. Правая коронарная створка прилежит к выносящему тракту правого желудочка, не коронарная – к правому предсердию, левая коронарная – к левому желудочку. В норме створки тонкие, симметрично расположенные. В систолу створки полностью раскрываются до самой стенки аорты и формируют треугольное отверстие (рис. 2.1.8). Перед диастолой необходимо выявить этот систолический треугольник. Определение числа створок возможно только в систолу. Это дает возможность отличить трехстворчатый аортальный клапан от двухстворчатого. В диастолу створки закрываются, образуя фигуру, похожую на Y. Место смыкания может выглядеть чуть утолщенным. Комиссуры между створками аортального клапана располагаются на уровне двух, шести и десяти часов.

Выносящий тракт правого желудочка и легочная артерия могут быть оценены из парастернальной позиции по короткой оси. Здесь же можно вывести бифуркацию легочного ствола, ушко левого предсердия. Это лучшая позиция для доплеровского исследования кровотока в легочном стволе.

Позиция позволяет визуализировать нормально расположенные коронарные артерии. Нужно обратить особое внимание на возможное обызвествления в стволе левой коронарной артерии.

Сзади от аорты располагается левое предсердие. Важно рассмотреть движение межпредсердной перегородки: по его форме можно сделать заключение о диастолическом давлении в полостях сердца. Межпредсердная перегородка в норме обращена выпуклостью вправо, так как давление в левом предсердии несколько выше, чем в правом. По ходу сердечного цикла она колеблется, это говорит о том, что временами давление в правом предсердии превышает давление в левом. Все это свидетельствует о нормальном давлении в предсердиях, а значит, и нормальном диастолическом давлении в желудочках.

### **Верхушечная четырехкамерная позиция**

При исследовании в верхушечной четырехкамерной позиции (рис. 2.1.9) на экран одновременно выводятся оба желудочка и оба предсердия. Створки митрального и трикуспидального клапанов должны визуализироваться в их полном раскрытии.

Эта позиция является одной из важнейших при ЭхоКГ-исследовании и наиболее часто используется для оценки общей и локальной сократимости левого желудочка. Здесь проводятся измерения, необходимые для расчета объемов левого желудочка по методу дисков (см. соответствующую главу). В норме левый желудочек имеет вытянутую форму. Мерой сферичности служит отношение размеров левого желудочка по короткой и длинной осям (рис. 2.1.10). В норме индекс сферичности меньше 0,76.

К датчику ближе всего расположена верхушка сердца. Если правый желудочек не увеличен, то левый полностью занимает верхушку сердца.

Оценка функции правого желудочка клинически и прогностически важна при сердечно-сосудистых заболеваниях. Рекомендации Американского и Европейского обществ кардиологов обращают внимание на необходимость оценивать функции правого желудочка как количественно, так

и качественно. В связи с тем, что в легочной артериальной системе низкое давление и высока ее степень податливости, правый желудочек очень чувствителен к изменениям постнагрузки, и его объем быстро увеличивается в ответ на увеличение легочного сопротивления. Размер полости правого желудочка может быть качественно определен из апикальной четырехкамерной позиции путем сравнения размеров двух желудочков: в норме правый желудочек меньше чем левый и считается увеличенным, когда его размеры соответствуют или больше размеров левого желудочка. Размер правого желудочка может быть количественно измерен из апикальной четырехкамерной позиции путем определения длины (от трикуспидального кольца до верхушки) и двух диаметров: первый - на уровне трикуспидального кольца и второй – на уровне середины желудочка (рис. 2.1.11).

Митральные и трикуспидальные створки расположены горизонтально в систолу, в норме не пролабируют в полость предсердий и открываются в сторону верхушки в диастолу.

Правый желудочек можно отличить от левого по более выраженной трабекулярности и модераторному пучку, который может быть ясно виден. Кроме этого следует иметь в виду, что трикуспидальный клапан на изображении оказывается на 3-5 мм выше митрального. Эта часть перегородки называется предсердно-желудочковой перегородкой и отделяет левый желудочек от правого предсердия (стрелка). И только в левом желудочке визуализируются передняя и задняя папиллярные мышцы.

Увеличение размеров левого предсердия служит маркером высокого риска различных сердечных заболеваний, включая фибрилляцию предсердий, артериальную гипертензию и сердечную недостаточность. Левое предсердие увеличивается трехмерно, но неравномерно во всех трех направлениях, и его передне-задний диаметр не отражает реальных размеров предсердия. По этой причине в рекомендациях 2006 г. (Lang R.M. 2006) ASE и EAE для вычисления размеров камеры рекомендуется выполнять вычисления объема левого предсердия на основе двумерного ЭхоКГ-

исследования в конце систолы. Биплановый метод площадь-длина использует данные площади левого предсердия, полученные из четырех- и двухкамерной позиции, и диаметр левого предсердия по его длинной оси, определяемый от уровня митрального клапана до верхней стенки левого предсердия (рис.. 2.1.12, справа). По методу Симпсона объем левого предсердия вычисляется как сумма нескольких отдельных дисков различного объема. Метод может быть использован как альтернативный вариант метода площадь-длина (рис. 2.1.12, слева).

В соответствии с рекомендациями ASE и EAE (Lang R.M. 2006) размеры левого предсердия часто индексируются в отношении с площадью поверхности тела (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1.

#### Значения размеров левого предсердия

Измерения ЛП	Нормальные значения		Незначительные изменения		Средняя степень		Тяжелые изменения	
	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М
Размер ЛП/ППТ (см/м <sup>2</sup> )	1.5-2.3	1.5-2.3	2.4-2.6	2.4-2.6	2.7-2.9	2.7-2.9	>3.0	>3.0
Площадь ЛП (см <sup>2</sup> )	<20	<20	20-30	20-30	30-40	30-40	>40	>40
Объем ЛП/ППТ (мл/м <sup>2</sup> )	22±6	22±6	29-33	29-33	34-39	34-39	>40	>40

*Примечание.* ЛП – левое предсердие, ППТ – площадь поверхности тела.

Объем правого предсердия может быть вычислен путем аккуратно очерченных контуров предсердия из апикальной четырехкамерной позиции. В норме обычно размер правого предсердия соответствует размеру левого предсердия. Эти измерения коррелируют с конечно диастолическим давлением в левом желудочке (Briguori C. 1998).

Предсердия разделены межпредсердной перегородкой. В средней ее части можно выявить клапан овального окна или возможные дефекты перегородки.

### **Пятикамерная верхушечная позиция**

Апикальная пятикамерная позиция (рис. 2.1.13) применяется для двумерного и доплеровского исследования выносящего тракта левого желудочка и изучения аортального кровотока. Здесь хорошо видна передняя часть межжелудочковой перегородки и выносящий тракт левого желудочка, трикуспидальное кольцо, по движению которого оценивают сократимость правого желудочка.

### **Двухкамерная верхушечная позиция**

При двухкамерной верхушечной позиции (рис. 2.1.14) визуализируются только левые отделы сердца. Здесь целиком видна нижняя стенка левого желудочка. Эта позиция может оказать помощь, если затруднен осмотр в парастернальных позициях.

Таким образом, ЭхоКГ дает возможность получить необходимую информацию о функциональном состоянии и кровоснабжении сердца.

### **Субкостальная позиция**

#### **Субкостальная четырехкамерная позиция**

Субкостальная четырехкамерная позиция (рис. 2.1.15) лучше всего позволяет судить о размерах правого желудочка.

Стенка правого желудочка тонкая и может быть измерена как при М-модальном, так и при двумерном ЭхоКГ-исследовании. Рекомендуется измерять толщину свободной стенки правого желудочка на уровне хорд трикуспидального клапана из субкостального доступа. В норме толщина свободной стенки правого желудочка меньше 0,5 см.

Из субкостальной позиции можно просмотреть всю межпредсердную перегородку и выявить первичные дефекты в нижней её части, вторичные - в области овального окна. Из этой позиции перикард виден на наибольшем протяжении.

#### **Субкостальная длинная ось нижней поллой вены**

Из субкостальной позиции производят исследование и измерение нижней поллой вены (рис. 2.1.16).

Эта позиция имеет очень важное значение для оценки давления в правом предсердии с дальнейшим расчетом легочной гипертензии (см. соответствующий раздел). В норме нижняя полая вена имеет диаметр менее 17 мм и спадается при глубоком вдохе более чем наполовину. Это говорит о том, что давление в правом предсердии составляет 0-5 мм рт. ст. Когда диаметр уменьшается менее чем на 50% при вдохе, предполагают, что давление в правом предсердии высокое. Кроме того, можно обнаружить спонтанное контрастирование нижней полой вены. Скорость кровотока в полых венах низкая и это - вариант нормы.

При субкостальном расположении датчика иногда можно обнаружить накопление жидкости, как в брюшной полости, так и в плевральном синусе. В норме этого быть не должно.

## **2.2. Одномерный эхокардиография (М-режим)**

Двумерное изображение помогает правильно ориентировать ультразвуковой луч для М-модального исследования. Парастернальная позиция по длинной оси левого желудочка наиболее часто используется для проведения ЭхоКГ в М-режиме.

### **Исследование аортального клапана и левого предсердия.**

Исследование начинают с выведения на экран изображения аортального клапана и левого предсердия (рис. 2.2.1). Эта позиция позволяет анализировать вышеперечисленные структуры и проводить фазовый анализ сердечного цикла по их движению и движению створок аортального клапана.

Аорта представлена двумя параллельными линиями, которые движутся вперед к датчику в систолу и смещаются назад в диастолу. Экскурсия корня аорты в норме более 7 мм, что свидетельствует о нормальном ударном объеме. При нормальной диастолической функции левого желу-

дочка раннее диастолическое движение корня аорты существенно превышает его движение во время систолы предсердий.

Расхождение створок аортального клапана может быть измерено как в начале (1 на рис. 2.2.1), так и в конце (2 на рис. 2.2.1) систолы. Амплитуда расхождения створок аортального клапана в норме 1,5-2 см. Если неизменные створки аортального клапана в систолу открываются не полностью, это обычно означает резкое снижение ударного объема. Если створки резко захлопываются, то следует заподозрить врожденный субаортальный стеноз. Частичное прикрытие створок аортального клапана в середине систолы, а затем вновь максимальное их раскрытие - косвенный признак динамического субаортального стеноза (гипертрофической кардиомиопатии). Возможна систолическая вибрация створок.

Створки аортального клапана смыкаются в диастолу, образуя линейный эхо-сигнал посередине между передней и задней стенками аорты. Эксцентрическое расположение линии смыкания позволяет заподозрить двустворчатый аортальный клапан.

Используя М-режим ЭхоКГ, возможно вычислять размеры левого предсердия. Они измеряются в конце систолы из парастернальной позиции по длинной оси как расстояние от края задней стенки аорты до края задней стенки левого предсердия, что соответствует передне-заднему диаметру левого предсердия. Однако левое предсердие увеличивается трехмерно и по этой причине ASE и EAE (Lang R.M. 2006) для вычисления размеров камеры рекомендуют использовать двумерное ЭхоКГ-исследование.

#### **М- режим. Исследование на уровне конца створок митрального клапана**

Эта позиция позволяет проводить точный фазовый анализ сердечного цикла по движению створок митрального клапана (рис. 2.2.2). С помощью М-режима возможна диагностика дилатации камер сердца, снижения сократительной способности миокарда.

## **М - режим. Исследование на уровне полости левого желудочка**

Схема ЭхоКГ-исследования на уровне полости левого желудочка представлена на рис. 2.2.3.

При нормальной функции левого желудочка расслабление задней стенки происходит быстрее, чем сокращение. Межжелудочковая перегородка и задняя стенка левого желудочка сокращаются координированно, хотя их пики сокращения наступают не одновременно.

Многие лаборатории продолжают измерять толщину и диаметры желудочков в М-режиме, несмотря на рекомендации (Фейгенбаум Г. 1999, Шиллер Н. 2005, Otto С.М. 2000) использовать для этого двумерную ЭхоКГ. Передне-задний размер левого желудочка лучше измерять с помощью двумерного, а не М-модального исследования, так как в последнем часто получается завышенный результат из-за того, что не всегда удается направить ультразвуковой луч перпендикулярно задней стенке левого желудочка (рис. 2.2.4). Планиметрические и доплеровские измерения для этих расчетов см. в соответствующих главах.

ЭхоКГ обладает большой разрешающей способностью в определении жидкости в перикарде. В норме между его листками может содержаться от 10 до 50 мл жидкости. При этом листки перикарда могут расходиться в систолу, но в любом случае движение париетального и висцерального листков должно быть параллельным и совпадать с движением эпикарда.

**Нормальные значения эхокардиографических показателей, измеряемых из парастернального доступа по длинной и короткой осям (Бокерия Л.А. 2002)**

### *Аорта*

- 1) фиброзное кольцо - 1,8-2,6 см;
- 2) восходящий отдел-2,0-3,7 см;
- 3) открытие клапана - 1,5 - 2,6 см;
- 4) площадь отверстия  $> 2,0 \text{ см}^2$ .

Размер левого предсердия - 1,9-4,0 см.

### *Митральный клапан*

- 1) фиброзное кольцо – 2,3-3,0 см;
- 2) площадь открытия - 2,5-6,0 см<sup>2</sup>.

### *Левый желудочек*

- 1) КДР-3,7-5,6 см;
- 2) КДО-58-154 мл (Teicholz);
- 3) КСР-2,5-3,6 см;
- 4) КСО - 25-54 мл (Teicholz);
- 5) ударный объем ЛЖ - 44-100 мл;
- 6) минутный объем сердца - 3,5-7,5 л/мин;
- 7) сердечный индекс - 2,0-4,1 л/м<sup>2</sup>;
- 8) толщина МЖП = ЗСЛЖ - 0,6-1,1 см.

### *Правый желудочек*

- 1) переднезадний размер - до 3,2 см.
- 2) фиброзное кольцо трикуспидального клапана - 2,7-3,4 см.

### *Легочная артерия*

- 1) фиброзное кольцо - 1,8-2,5 см;
- 2) диаметр ствола - до 3,0 см.

## **2.3. М-режим, цветовой доплер**

Цветовой доплер в М-режиме обеспечивает комплексное изображение потока в большой области путем измерения скорости вдоль каждой секторальной линии двумерного ЭхоКГ-изображения и отображения информации в виде цветных точек. Этот метод наиболее информативен в диагностике регургитации и стеноза, отражает систолические и диастолические потоки, определяет наличие внутрисердечных шунтов и визуализирует коронарный кровоток.

Одним из наиболее важных применений цветового М-режима ЭхоКГ является оценка потока наполнения левого желудочка. Для того чтобы

сделать цветовую запись М-режима, курсор размещают в центре митрального потока в четырехкамерной позиции сердца (рис. 2.3.1).

Датчик может быть расположен напротив латеральной стенки для необходимости установить линию сканирования М-режима параллельно потоку цветного двумерного доплер-ЭхоКГ. Наклон, связывающий любые линии с одинаковыми скоростями от митральных створок к верхушке, представляет скорость, с которой поток распространяется внутри желудочков ( $V_p$ ). Важно, что показатель  $V_p$  не чувствителен к изменениям преднагрузки (Moller J.E. 2000, Garcia M.J. 2000) и тщательно должен быть измерен для того, чтобы избежать измерения внутрисполостного потока до начала митрального потока (Stugaard M. 1994). При аритмиях берется средняя величина из ряда измерений. Цветной метод измерения может быть затруднен у пациентов с тахикардией и/или атриовентрикулярной блокадой I степени. У этих пациентов сложно выявить раннюю и предсердную волну наполнения. Следует иметь в виду, что у некоторых больных с гипертрофической или рестриктивной кардиомиопатией внутрисполостной поток, возникающий до митрального потока, может быть очень выражен и его можно спутать с волной раннего наполнения, дающей появление очень быстрого  $V_p$ .

В норме пространственная ориентация контрольного объема пиковой скорости раннего диастолического наполнения (Е волна) ближе к верхушке желудочка, чем при сокращении предсердия (А волна). Таким образом, градиент внутрижелудочкового давления во время раннего диастолического наполнения приводит к повышению присасывающей силы, что ведет к увеличению потока через митральный клапан.

Считается, что градиент внутрижелудочкового давления приводит к повышению присасывающей силы только в желудочках с нормальной диастолической функцией. Courtois M. и Ludbrook C. (Courtois M. 1994) показали, что этот градиент является результатом активности миокарда. В результате этого формируется модель диастолической функции, в основе кото-

рой лежит верхушка, как анатомическое образование, вносящее основной вклад в процесс наполнения в результате активного присасывания крови из базальных и средних отделов ЛЖ в апикальные. Этот градиент значительно уменьшается у людей с ишемией и кардиомиопатией. Исследования различных групп населения выявили слабую корреляцию между скоростью наполнения  $V_p$ , измеряемого в М-режиме, и скоростью волны Е в доплеровском режиме. Формирование турбулентного потока объясняет тот факт, что скорость нарастания пика Е может быть выше, чем скорость наполнения  $V_p$  в патологическом желудочке. Согласно гидродинамическим принципам скорость волны Е в турбулентном потоке увеличивается, при этом весь поток  $V_p$  не изменяется благодаря внутренним циркуляторным движениям. Турбулентный поток формируется в результате взаимодействия крови, поступающей в ЛЖ с кровью, которая в нем уже находится.

Доказано, что значения наполнения ЛЖ и поток в легочной артерии, измеренные с помощью доплер-ЭхоКГ, используются для расчета таких параметров, как диастолическая функция, включая давление наполнения ЛЖ, диастолическое расслабление и электрическую жесткость (Appleton С.Р. 1988).

Так как ряд физиологических изменений мгновенно воздействует на скорость потока при доплеровском исследовании, сложно выявить главный фактор в данной ситуации (Choong С.У. 1988, Colan S.D. 1985, Ishida У. 1986). Поэтому использование цветного М-режима при ЭхоКГ может помочь оценить диастолическую функцию. Ряд работ показали, что использование цветного М-режима может быть полезно для оценки релаксации ЛЖ, а также дифференциального диагноза рестриктивной кардиомиопатии от рестриктивного перикардита у пациентов со сниженной систолической функцией (García M.J. 1996).

Цветной М-режим может быть использован для оценки степени тяжести аортальной (рис. 2.3.2) и митральной регургитации (рис. 2.3.3).

## Литература

1. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Иваницкий А.В. Функциональная диагностика в кардиологии. – М., 2002.
2. Зарецкий В.В., Бобков В.В., Ольбинская Л.И. Клиническая эхокардиография. - М.: Медицина, 1979.
3. Фейгенбаум Г. Эхокардиография. 5-е издание (перевод с английского под редакцией В.В. Митькова).- М.,1999.
4. Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография.- М., 2005.
5. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: new insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study// J Am Coll Cardiol 1988;12(2):426-40.
6. Briguori C., Betocchi S., Losi M.A., et al. Noninvasive evaluation of left ventricular diastolic function in hypertrophic cardiomyopathy// AmJ Cardiol 1998; 81:180-7.
7. Choong CY, Abascal VM, Thomas JD, et al. Combined influence of ventricular loading and relaxation on the transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography// Circulation. 1988;78(3):672-83.
8. Colan SD, Borow KM, Neumann A. Effects of loading conditions and contractile state (methoxamine and dobutamine) on left ventricular early diastolic function in normal subjects// AmJ Cardiol. 1985;55(6):790-6.
9. Courtois M, Ludbrook C. Intraventricular pressure transients during relaxation and filling. In: Gaasch WH, LeWinter MM (ed.). Left ventricular diastolic dysfunction and heart failure. Lea & Febiger.- Philadelphia, 1994.- P. 150-166.
10. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's Echocardiography, 6th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.

11. *Garcia MJ, Rodriguez L, Ares M, et al.* Differentiation of constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy: assessment of left ventricular diastolic velocities in longitudinal axis by Doppler tissue imaging// *J Am Coll Cardiol* 1996; 27(1):108-14.
12. *Garcia MJ, Smedira NG, Greenberg NL, et al.* Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation// *J Am Coll Cardiol*. 2000;35(1):201-8.
13. *Ishida Y, Meisner JS, Tsujioka K, et al.* Left ventricular filling dynamics' influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure// *Circulation*. 1986;74(1):187-96.
14. *Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al.* Recommendations for chamber quantification// *Eur J Echocardiography*. 2006; 7:79-108.
15. *Moller JE, Poulsen SH, Sondergaard E, et al.* Preload dependence of color M-mode Doppler flow propagation velocity in controls and in patients with left ventricular dysfunction// *J Am Soc Echocardiogr*. 2000;13(10):902-9.
16. *Otto C.M.* Textbook of Clinical Echocardiography. Saunders, 2000.
17. *Roman MU, Devereux RB, Kramer Fox R, et al.* Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults// *Am J Cardiol*. 1989;64:507-12.
18. *Stugaard M, Risoe C, Ihlen H, et al.* Intracavitary filling pattern in the failing left ventricle assessed by color M-mode Doppler echocardiography// *J Am Coll Cardiol*. 1994;24(3):663-70.

### 3. СТАНДАРТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ МЕТОДОМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Исследования сердца в двухмерном и одномерном режимах могут быть существенно дополнены данными доплеровских показателей гемодинамики, такими как ударный и минутный объем сердца; площадь клапанов; градиенты давления; давление в камерах сердца; характеристики систолической и диастолической функции левого желудочка.

Метод вычисления *ударного объема* основан на измерении интеграла линейной скорости кровотока через выходной тракт и площади поперечного сечения выходного тракта левого желудочка (ВТЛЖ). Интеграл линейной скорости определяется как произведение средней скорости кровотока в систолу и продолжительности систолы. Он соответствует расстоянию, которое проходит ударный объем крови за время систолы:

$$VTI = ET \times V_{mean},$$

где VTI – velocity time integral, интеграл линейной скорости;

ET – ejection time, время кровотока;

$V_{mean}$  – средняя скорость кровотока

Для вычисления *ударного объема* через выходной тракт ЛЖ необходимо (рис. 3.1):

1. Определить площадь поперечного сечения выходного тракта ЛЖ. Для этого нужно измерить диаметр выходного тракта левого желудочка в систолу (в момент максимального раскрытия аортального клапана) из парастернальной позиции по длинной оси левого желудочка.

2. Площадь выходного тракта левого желудочка вычисляется по формуле:

$$VTЛЖ = \pi r^2 = \pi(D/2)^2 = 3,14 \times (D/2)^2 = 0,785 \times D^2$$

3. В режиме импульсного доплера из пятикамерной позиции вычисляется интеграл линейной скорости ВТЛЖ. Контрольный объем устанавливается на 0,5 см проксимальнее аортального клапана.

Ударный объем (SV) = D ВТЛЖ<sup>2</sup> x 0,785 x VTI

Расчет *сердечного выброса* (минутного объема кровотока):

$$CO = HR \times SV,$$

где CO – минутный объем кровотока, HR – частота сердечных сокращений, SV – ударный объем.

При определении объема кровотока необходимо соблюдать следующие условия:

– площадь поперечного сечения сосуда или отдела сердца и интеграл линейной скорости кровотока должны быть определены на одном и том же уровне;

– доплеровский спектр кровотока должен иметь ровные контуры;

– угол между направлением кровотока и ультразвукового луча не должен превышать 20 градусов;

– площадь поперечного отдела сосуда или отдела сердца должна оставаться примерно одинаковой на протяжении исследования.

*Градиент давления* (рис. 3.2) вычисляется с помощью упрощенного уравнения Бернулли: макс градиент (PΔ) = 4 x (V макс. скорость кровотока)<sup>2</sup>.

Если скорость кровотока проксимальнее места обструкции превышает 1,2 м/с, применяется полный вариант уравнения Бернулли:

$$P\Delta = (V_1 - V_2)^2$$

где V<sub>1</sub> – скорость кровотока дистальнее обструкции, V<sub>2</sub> – скорость кровотока проксимальнее обструкции.

При наличии внутрисердечных шунтов отношение между легочным и системным кровотоками отражает величину *внутрисердечного шунта*.

Легочный кровоток (Qp) вычисляется по выносящему тракту правого желудочка (RVOT), а системный кровоток (Qs) – по выносящему тракту левого желудочка (LVOT) соответственно:

$$Qp = VTI_{RVOT} \times CSA_{RVOT},$$

$$Qs = VTI_{LVOT} \times CSA_{LVOT},$$

где  $CSA_{RVOT}$  – площадь выносящего тракта правого желудочка,  $CSA_{LVOT}$  – площадь выносящего тракта левого желудочка.

Величина легочного шунта равна:  $Q_p / Q_s = VTI_{RVOT} \times CSA_{RVOT} / VTI_{LVOT} \times CSA_{LVOT} = D_{RVOT}^2 \times 0,785 \times VTI_{RVOT} / D_{LVOT}^2 \times 0,785 \times VTI_{LVOT} = D_{RVOT}^2 \times VTI_{RVOT} / D_{LVOT}^2 \times VTI_{LVOT}$ .

При митральном стенозе необходимо оценить гемодинамическую значимость стеноза. Количественную оценку стеноза митрального клапана получают путем расчета времени полуспада градиента давления. Эта методика была предложена L. Hatle, B. Angelsen в 1978г. Для этого в четырехкамерной позиции левого желудочка устанавливают контрольный объем на уровне кончиков створок митрального клапана и в режиме постоянно-волнового доплера получают спектр транмитрального потока. Принцип, используемый для расчета полуспада градиента давления, основан на результатах экспериментальных работ по катетеризации сердца, согласно которым отверстию в  $1 \text{ см}^2$  соответствует время полуспада пикового диастолического градиента на клапане, равное 220 мс.

$$S = 220 / PHT_{1/2},$$

где  $S$  – площадь атриовентрикулярного отверстия,  $PHT_{1/2}$  – время полуспада пикового диастолического градиента.

## Литература

1. Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э. Современная эхокардиография. - Харьков, 1998
2. Шиллер Н, Осипов М.А. Клиническая эхокардиография.- М., 2005.
3. Hatle L., Brubakk A., Tromsdal A., Angelsen B. Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound.// Br. Heart J 40(2):131-40,1978.
4. Hatle L. Doppler echocardiographic evaluation of mitral stenosis.// Cardiol Clin. 8(2):233-47, 1990.

5. *Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's Echocardiography, 6<sup>th</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.*
6. *Otto C.M. Textbook of Clinical Echocardiography. - Saunders, 2000.*

#### 4. СТАНДАРТНЫЙ ДОПЛЕРЭХОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНУТРИСЕДЕЧНОГО КРОВОТОКА В НОРМЕ

Информация о гемодинамике представляет собой неотъемлемую часть современного эхокардиографического исследования и играет важную роль в клинической кардиологии. Для получения информации о состоянии гемодинамики используют данные доплерэхокардиографии, так как этот метод позволяет оценить кровоток в сердце и периферических сосудах. Двумерная эхокардиография выявляет ряд косвенных признаков гемодинамических нарушений (таблица 4.1).

Таблица 4.1

##### Косвенные признаки гемодинамических нарушений

Гемодинамические нарушения	Двумерная ЭхоКГ
Повышенное давление в правом желудочке	Дилатация правого желудочка и D-образная форма правого желудочка
Повышенное давление в правом предсердии	Дилатация нижней полой вены и коллапсирование ее на вдохе менее чем на 50% Выбухание межпредсердной перегородки в сторону левого предсердия
Повышенное давление в левом предсердии	Выбухание межпредсердной перегородки в сторону правого предсердия
Тампонада сердца	Коллапс сердечных камер в диастолу (диастолическое прогибание внутрь правого желудочка и/или стенки правого предсердия)

Для оценки кровотока используют доплеровский метод как в импульсно-волновом, так и постоянном режиме. Доплеровский спектр отображается в виде графического изображения развертки скорости кровотока во времени. Кровоток, направленный к датчику, изображается на графике выше базовой линии, от датчика – ниже базовой линии. Спектр ламинарного потока при равномерном движении эритроцитов характеризуется малой шириной и выглядит в виде узкой линии, что связано с небольшим разбросом скоростей в контрольном объеме. Турбулентный поток, возникающий в местах ускорения кровотока при стенозе отверстия, характери-

зуются большим разбросом скоростей и отображается широкой линией с размытыми контурами. Во время исследования доплеровские частоты преобразуются в обычные звуковые сигналы, что помогает оператору во время исследования правильно ориентировать направление ультразвукового луча под контролем звука.

*Импульсно-волновой* доплеровский режим определяет характер и скорость кровотока в конкретном месте, т.е. в месте установленного контрольного объема. Контрольный объем можно смещать от датчика по вертикали и по горизонтали на необходимое расстояние. Этот метод применяется для определения характера скорости и наличия регургитации в выходном тракте левого и правого желудочков, легочной артерии, легочных и печеночных венах, через митральное и трикуспидальное отверстие, для оценки параметров диастолического наполнения левого желудочка, а также для установления факта о турбулентности кровотока.

Для точного количественного измерения высоких скоростей в местах сужения сосудов и при стенозах клапанных отверстий применяется *постоянно-волновой* доплеровский режим. Метод позволяет исследовать высокоскоростной поток по всей глубине исследования на пути ультразвукового луча. Постоянно-волновой режим применяется для определения максимальной скорости потока крови, градиента давления через клапан и измерения значений интеграла «скорость-время», а также градиента давления в выходном тракте левого и правого желудочков, в легочной артерии, определения скорости нарастания давления в левом предсердии и левом желудочке ( $dp/dt$ ).

Для получения данных о гемодинамических изменениях в двухмерном режиме определяют направление ультразвукового луча и место расположения контрольного объема. Одним из важных условий является максимальное сближение хода ультразвукового луча с направлением исследуемого потока. Максимально допустимый угол между направлением кровотока и ультразвукового луча не должен превышать 20 градусов. В таблице

4.2 представлены нормальные пиковые скорости потоков у здоровых людей.

Таблица 4.2.

**Максимальные пиковые скорости у здоровых лиц**

<b>Место локации</b>	<b>Скорость потока (м/с)</b>
Митральный клапан	0,6-1,3
Трикуспидальный клапан	0,3-0,7
Легочный клапан	0,6-0,9
Аортальный клапан	0,9-1,7
Выходной тракт левого желудочка	0,7-1,1

При исследовании кровотока в выносящем тракте левого желудочка из апикального доступа в пятикамерной позиции контрольный объем устанавливают под аортальным клапаном (рис. 4.1), а при исследовании кровотока в аорте - прямо над аортальным клапаном (рис. 4.2). Допплеровский спектр регистрируется под базовой линией в виде треугольника с ровными контурами и в норме имеет ламинарный характер.

Для доплеровского исследования кровотока через митральный и трикуспидальный клапаны из апикального доступа в четырехкамерной позиции контрольный объем устанавливают на уровне кончиков створок. Трансмитральный поток можно исследовать также в двухкамерной позиции из апикального доступа. Спектр митрального потока имеет двухпиковую форму, регистрирующуюся над базовой линией. Первый пик соответствует фазе быстрого наполнения левого желудочка и следует за зубцом Т на электрокардиограмме. Второй пик отражает ускорение кровотока при сокращении левого предсердия и соответствует началу зубца Р на электрокардиограмме. Соотношение скорости раннего и позднего трансмитрального кровотока в норме более 1 (рис. 4.3).

Спектр трикуспидального клапана напоминает кривую митрального клапана, также имеет два пика скорости, соответствующие периоду быст-

рого наполнения правого желудочка и периода наполнения правого желудочка при сокращении правого предсердия.

Исследование потока через легочный клапан проводят в парастернальной позиции левого желудочка вдоль короткой оси на уровне аорты, направляя ультразвуковой луч несколько кверху. В норме движение крови в легочной артерии ламинарное. Спектр легочного кровотока располагается ниже базовой линии и имеет также треугольную форму, но в отличие от аортального спектра имеет существенно меньшее ускорение и более закругленную вершину в середине систолы. Контрольный объем рекомендуют устанавливать таким образом, чтобы на спектральной кривой были также видны «щелчки» открытия и закрытия клапана легочной артерии (рис.4.4).

### Литература

1. *Алехин М.Н., Седов В.П.* Допплер-эхокардиография. - М., 1997
2. *Шиллер Н, Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. - М., 2005
3. Chung N. et al. Measurement of left ventricular dp/dt by simultaneous Doppler echocardiography and cardiac catheterization. //J Am. Soc. Echo. 5:147-152, 1992.
4. *Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T.* Feigenbaum's Echocardiography, 6<sup>th</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
5. *Otto C.M.* Textbook of Clinical Echocardiography.- Saunders, 2000.

## **5. ПОРОКИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА**

Патология аортального клапана встречается у 30 – 35% больных с пороками клапанов сердца, а по частоте поражения ревматическим процессом аортальный клапан занимает второе место после митрального (Бураковский В.И. 1989).

### **5.1. Недостаточность аортального клапана**

В целом распространенность аортальной регургитации составляет 4,9% по данным Фрамингемского исследования (Framingham Heart Study) (Singh J. 1999) и 10% - по данным Исследования Здорового Сердца (Strong Heart Study) (Lebowitz N.E. 2000). Распространенность тяжелой и средне-тяжелой аортальной регургитации составляет 0,5 и 2,7%, соответственно. Недостаточность аортального клапана в отличие от недостаточности других клапанов, почти всегда указывает на патологию.

#### **Этиология недостаточности аортального клапана**

- Дегенеративные изменения и кальциноз аортального клапана.
- Ревматическое поражение аортального клапана.
- Врожденная аномалия клапана (наиболее часто это - двустворчатый аортальный клапан).
- Инфекционный эндокардит.
- Абсцесс корня аорты.
- Аневризмы синусов Вальсальвы.
- Проплапс аортального клапана.
- Расширение корня аорты.
- Расслаивающая аневризма грудной аорты.

## **ЭхоКГ диагностика недостаточности аортального клапана**

### **Допплер-ЭхоКГ**

Допплер-ЭхоКГ в настоящее время является основной методикой для ультразвуковой диагностики аортальной регургитации (Esper 1982, Ciobanu 1982).

### **Цветовая доплер-ЭхоКГ**

В настоящее время цветовая доплер-ЭхоКГ считается лучшим неинвазивным методом диагностики аортальной регургитации. На рис. 5.1.1 показана цветовая доплер-ЭхоКГ из парастернальной позиции по короткой (слева) и длинной (справа) осям левого желудочка на уровне аортальных клапанов больного с аортальной регургитацией. Визуализируется поток крови, проходящий через аортальный клапан (стрелка).

На рис. 5.1.1. цветовая доплер-ЭхоКГ позволила определить распространение небольшой аортальной регургитации до конца митральных створок, в то время как при выраженной регургитации поток уходит далеко в полость левого желудочка (рис. 5.1.2.).

В отличие от митральной регургитации, максимальная глубина проникновения струи в левый желудочек и площадь, которую занимает струя, не слишком много говорят о тяжести аортальной недостаточности и слабо коррелируют с данными ангиографии (Smith, M.D 1988, Reimold, S.C., 1992). Сейчас этот способ почти не используется для определения тяжести аортальной регургитации, так как даже небольшая аортальная регургитация может достигать конца створок митрального клапана.

Существуют более надежные методы для оценки степени аортальной регургитации.

**Оценка степени аортальной регургитации по отношению ширины струи аортальной регургитации к ширине выходного тракта левого желудочка по длинной оси.**

Измерение ширины струи аортальной регургитации в выносящем тракте левого желудочка приведено на рис. 5.1.3. (Perry, G.J. 1987).

Это измерение проводят в парастернальной позиции по длинной оси. Ширина струи аортальной регургитации измеряется на уровне отверстия аортального кольца. Затем она сравнивается с шириной выходного тракта левого желудочка. При данном исследовании необходимо максимально точно совместить луч с осью струи. Может возникнуть недооценка тяжести аортальной регургитации при эксцентрическом направлении струи.

На рис. 5.1.4. показан расчет степени аортальной регургитации по соотношению диаметров выходного тракта левого желудочка и диаметра потока регургитации.

Аортальная регургитация занимает 27% ширины выходного тракта левого желудочка в диастолу в месте измерения его диаметра.

#### **Оценка степени аортальной регургитации по соотношению площадей потока регургитации и выходного тракта левого желудочка**

При оценке степени аортальной регургитации этим методом проводят исследование из парастернальной позиции по короткой оси на уровне аортального клапана. Здесь измеряют и затем рассчитывают процентное отношение площади струи аортальной регургитации к площади выходного тракта левого желудочка. Важно измерять площадь аортальной регургитации в диастолу прямо под створками аортального клапана, так как дальше поток расширяется.

На рис. 5.1.5 парастернальная позиция по короткой оси у больного с аортальной регургитацией. В диастолу аортальная регургитация занимает 12% площади выходного тракта левого желудочка. В табл. 5.1.1 представлены различные степени аортальной регургитации.

Отмечена тесная корреляционная связь этих ЭхоКГ методов расчета тяжести аортальной регургитации с инвазивными методами (Perry, G.J., 1987).

**Степень недостаточности аортального клапана  
по отношению ширины основания струи регургитации к диаметру выходного  
тракта левого желудочка и площади основания струи регургитации  
к площади выходного тракта левого желудочка**

Степень	Ширина струи/диаметр вы- ходного тракта	Площадь основания струи/площадь выходного тракта
Минимальная	1 - 24	< 4
Легкая	25 - 46	4 – 24
Средней степени	47 – 64	25 – 59
Тяжелая	$\geq 65$	$\geq 60$

### **Цветовая М-доплер ЭхоКГ**

Цветовая М-доплер ЭхоКГ также дает возможность выявить аортальную регургитацию. На рис. 5.1.6 и 5.1.7 показан поток небольшой аортальной регургитации в цветовом М-доплеровском режиме. Турбулентная струя регургитации выглядит как зеленый поток в пределах аорты.

Большая аортальная регургитация в цветовом М-доплеровском режиме выглядит как желто-зеленый поток и заполняет объем над передней створкой митрального клапана в момент диастолы (стрелка вверх) (рис. 5.1.8). На этом же рисунке можно видеть тяжёлую митральную регургитацию, которая в систолу заполняет левое предсердие (стрелка вниз).

Цветовая М-доплер ЭхоКГ также позволяет судить о тяжести аортальной недостаточности. Для этого необходимо рассчитать перешеек аортальной регургитации. Перешеек измеряется в самом узком месте струи аортальной регургитации (на уровне створок) и в нашем примере (рис. 5.1.6) он равен 4 мм. При проведении исследования луч должен проходить через створки аортального клапана. Перешеек 6 мм и более почти всегда свидетельствует о тяжелой аортальной недостаточности, а 4 мм и менее – о легкой степени тяжести (Шиллер Н. 2005).

## **Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ**

Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ широко используется для выявления и определения тяжести аортальной регургитации. Исследование проводится из верхушечного пятикамерного доступа.

Для постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ большое значение имеет направление луча. Угол между потоком и лучом должен быть минимальным. У каждого больного следует искать струю наилучшего качества. Цветовое доплеровское исследование позволяет точно направить ультразвуковой луч для постоянно-волнового исследования.

Существует несколько сходных по своей надежности способов оценки тяжести аортальной недостаточности методом постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ. Самые распространенные из них:

- Интенсивность сигнала.
- Измерение времени полуспада диастолического градиента давления между аортой и левым желудочком ( $T_{1/2}$ ).
- Поиск ретроградного кровотока в нисходящей аорте из супрастернального доступа и в брюшной аорте из субкостального доступа.

### *Оценка тяжести аортальной регургитации по интенсивности сигнала*

Чем больше аортальная регургитация, тем интенсивнее сигнал. На рис. 5.1.9 показана постоянно-волновая ЭхоКГ с небольшой аортальной регургитацией, которая проявляется сигналом небольшой интенсивности (стрелка). Систолический аортальный поток ярче, чем диастолический.

При большей аортальной регургитации сигнал ярче (стрелка) (рис. 5.1.10).

### *Измерение времени полуспада диастолического градиента давления между аортой и левым желудочком*

Скорость снижения диастолического потока информирует о степени тяжести аортальной регургитации (Slordahl, S.A., 1990, Teague, S.M 1986).

На рис. 5.1.11 изображен принцип применения этого подхода.

Скорость потока аортальной регургитации зависит от градиента давления между аортой и левым желудочком во время диастолы. Скорость, с которой аортальное и левожелудочковое давления уравниваются, зависит от тяжести аортальной регургитации. Выраженная регургитация приводит к быстрому падению артериального давления. Кроме того, при увеличении объема аортальной регургитации диастолическое давление в левом желудочке повышается намного быстрее. Таким образом, при тяжёлой аортальной регургитации градиент будет уменьшаться быстро и даже исчезнет, если диастолический интервал достаточно длинный для выравнивания давления в левом желудочке и аорте. Этот уменьшающийся градиент приводит к увеличению скорости замедления потока регургитации. Степень недостаточности аортального клапана по времени полуспада диастолического аортального градиента давления представлена в табл. 5.1.2.

*Таблица 5.1.2.*

**Степень недостаточности аортального клапана по времени полуспада диастолического аортального градиента давления**

Степень	Время полуспада диастолического аортального градиента давления (мс)
Легкая	$\geq 400$
Средней степени	250 – 400
Тяжелая	$\leq 250$

ЭхоКГ пациента с небольшой аортальной регургитацией. Градиент давления снижается медленно и поток пологий (рис. 5.1.12). Время полуспада градиента давления 766 мс.

На рис. 5.1.13 ЭхоКГ пациента с выраженной аортальной регургитацией. Конечная диастолическая скорость мала, так как градиент в аорте и левом желудочке в конце диастолы маленький. Время полуспада градиента давления 252 мс, что говорит о тяжелой аортальной регургитации.

Иногда при сочетании аортальной недостаточности и митрального стеноза могут возникнуть трудности в различении их сигналов. В непрерывно-волновом режиме поток аортальной регургитации может накладываться

ваться на более низкоскоростной поток через митральный клапан. Поток аортальной регургитации начинается немного раньше потока через митральный клапан (предшествует период изоволюмического расслабления левого желудочка) и имеет большую скорость (начальная скорость струи аортальной регургитации около 4 м/с, а стенотической струи при митральном стенозе - около 2 м/с). На правильность оценки тяжести аортальной недостаточности по времени полуспада градиента давления между левым желудочком и аортой наличие митрального стеноза не влияет.

### **Импульсно-волновая ЭхоКГ**

#### **Исследование струи аортальной регургитации в выходном тракте левого желудочка.**

При импульсном доплеровском исследовании контрольный объем помещают в выносящий тракт левого желудочка под местом смыкания створок аортального клапана. Необходимо проводить исследование повторно для выявления всех возможных направлений струи регургитации. Чаще всего лучшей оказывается пятикамерная верхушечная позиция.

Аортальная регургитация выявляется с использованием импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ. Турбулентный поток занимает всю диастолу, разнонаправленный, выявляется даже из парастерального доступа (рис. 5.1.14).

Импульсно-волновая ЭхоКГ позволяет выявить глубину распространения потока регургитации в полость левого желудочка. Исследование проводится в пятикамерной позиции. Контрольный объем помещают под створки аортального клапана в выходном тракте и смещают к верхушке. Выносящий тракт от створок аортального клапана до верхушки делится на 4 зоны. В зависимости от того, как глубоко распространяется регургитация, судят о её степени. Если струя заходит более чем на одну треть глубины левого желудочка, то аортальная недостаточность редко оказывается легкой. Как уже отмечалось ранее, определение степени тяжести аортальной ре-

регургитации по глубине проникновения струи в левый желудочек слабо коррелирует с данными ангиографии (Dolan M., 1995).

#### *Расчёт фракции регургитации*

Для количественной оценки фракции аортальной регургитации можно использовать импульсно-волновую доплер-ЭхоКГ: вычислить аортальный поток и митральный поток, по разности этих величин получить объём аортальной регургитации (Rokey, R., 1986). Этот метод может быть использован при изолированной аортальной регургитации.

#### **Исследование кровотока в нисходящей аорте из супрастернального доступа**

Исследование кровотока при аортальной регургитации возможно в нисходящей аорте из супрастернального доступа. Если ретроградный (направленный к датчику) диастолический кровоток в нисходящей аорте не выявляется, то можно утверждать, что гемодинамически значимой аортальной недостаточности нет.

ЭхоКГ методы исследования кровотока в нисходящей аорте из супрастернального доступа:

- импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ;
- цветовая импульсно-волновая доплер- ЭхоКГ;
- цветовой импульсно-волновой М-режим доплер-ЭхоКГ.

#### **Импульсно-волновая доплер ЭхоКГ аорты из супрастернальной позиции**

Возможности импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ для выявления выраженной аортальной регургитации:

- Обнаружение обратного потока крови в нисходящей аорте.
- Расчёт фракции регургитации (методика затруднительна и обычно не применяется).
- Выявление снижения времени полуспада митрального клапана.

*Обнаружение обратного потока крови в нисходящей аорте*

На рис. 5.1.15 показано примерное место расположения контрольного объёма.

При исследовании импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ нисходящей аорты в норме определяется систолический поток ниже линии и небольшой поток в раннюю диастолу над линией (что является физиологичным). У больного с небольшой аортальной регургитацией большая скорость в начале диастолы, быстро спадает и держится на низком уровне (на таком низком, что его невозможно увидеть при цветовом доплер-ЭхоКГ- исследовании) (рис. 5.1.16).

При выраженной аортальной регургитации в течение всей диастолы сохраняется большая скорость возвращающегося потока (рис. 5.1.17).

Для выраженной аортальной регургитации при двумерной ЭхоКГ характерен вид дуги аорты. У пациентов с аортальной регургитацией со временем отмечается расширение аортального кольца. Это не зависит от тяжести и причины аортальной регургитации (Reimold SC, 1998).

**Цветовая доплер-ЭхоКГ аорты из супрастернальной позиции**  
Цветовая доплер-ЭхоКГ аорты из супрастернальной позиции также позволяет выявить аортальную регургитацию. В систолу в нисходящей аорте поток зелёно-голубой (стрелка) (рис. 5.1.18, слева), в диастолу при большой аортальной регургитации вся нисходящая аорта заполнена красным (стрелка) (рис. 5.1.18, справа).

**Цветовая М-модальная доплер-ЭхоКГ аорты из супрастернальной позиции**

Выявление аортальной регургитации из супрастернальной позиции возможно с помощью цветовой М-модальной ЭхоКГ. При небольшой аортальной регургитации (рис. 5.1.19) в систолу выявляется синий поток (движение потока от датчика), в диастолу – красный только в начале диастолы (возвращение потока к датчику – стрелка).

На рис. 5.1.20 импульсно-волновой цветовой доплер М-режим больного с выраженной аортальной регургитацией. В систолу регистриру-

ется желто-зеленый поток (движение потока от датчика), в диастолу – красный поток аортальной регургитации занимает всю диастолу (возвращение потока к датчику – стрелка).

#### *Расчёт фракции аортальной регургитации*

При чреспищеводной ЭхоКГ можно с большой точностью рассчитать фракцию регургитации при аортальной недостаточности. Для этого нужно измерить интегралы линейной скорости в нисходящей аорте в импульсном доплеровском режиме и там же — диаметр аорты в систолу и в диастолу.

#### *Выявление снижения времени полуспада митрального клапана*

Выраженная аортальная регургитация приводит к снижению времени полуспада митрального клапана, что так же можно определить при исследовании импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ.

На рис. 5.1.21 импульсно-волновой доплер митрального клапана у пациента с выраженной аортальной регургитацией. Давление в левом желудочке повышается быстро. Это приводит к укорочению времени полуспада не только аортального, но и митрального клапана. В данном случае время полуспада митрального клапана равно 65 мс (норма – 160 мс).

Еще одним признаком тяжелой аортальной регургитации может быть поздняя диастолическая (пресистолическая) митральная регургитация, которая возникает в результате повышения давления в левом желудочке. На рис. 5.1.22 доплер-ЭхоКГ митрального клапана у больного с тяжелой аортальной регургитацией. Щелчок закрытия митрального клапана регистрируется до комплекса QRS, и митральная регургитация начинается в диастолу и продолжается в систолу.

Таким образом, при исследовании больного с аортальной регургитацией надо максимально извлечь информацию из доплер-ЭхоКГ:

- определить основные параметры выносящего тракта левого желудочка;
- исследовать кровотоки в дуге аорты;
- получить информацию в приточном отделе левого желудочка.

Для оценки тяжести аортальной регургитации могут использоваться все доплеровские методы, но каждый из них имеет определённые ограничения. Необходимо использовать максимально возможное число измерений (Nishimura, R.A., 1992).

### **М-режим ЭхоКГ**

При ЭхоКГ- исследовании должны обязательно оцениваться размеры левого желудочка и его функция, так же как и степень дилатации восходящей аорты.

Исторически первым ЭхоКГ признаком аортальной регургитации было диастолическое дрожание передней или обеих створок митрального клапана (рис. 5.1.23).

Наличие этого признака зависит от попадания струи аортальной регургитации в диастолу на створки открытого митрального клапана. При другом направлении струи дрожание створок митрального клапана может отсутствовать. При тяжелой аортальной недостаточности в М-режиме возможно обнаружить раннее закрытие створок митрального клапана.

ЭхоКГ позволяет выявить остроту аортальной регургитации. Причинами острой аортальной регургитации могут быть инфекционный эндокардит с поражением аортального клапана, отслойка интимы аорты, острая аневризма восходящего отдела аорты.

На рис. 5.1.24 представлены ЭхоКГ в М-режиме на уровне створок митрального клапана у больных с хронической (слева) и острой (справа) аортальной регургитацией.

Слева – хроническая аортальная регургитация. Поток аортальной регургитации, направленный на переднюю створку митрального клапана, вызывает её мелкоамплитудное дрожание. В данном случае митральный клапан закрывается в своё время, следуя за QRS-комплексом.

Справа - острая аортальная регургитация. Резкое повышение давления в левом желудочке приводит к преждевременному закрытию створок митрального клапана (до комплекса QRS).

## Двумерная ЭхоКГ

Как уже отмечалось, при оценке тяжести аортальной регургитации не должны игнорироваться размеры левого желудочка (рис. 5.1.25).

Заметное расширение левого желудочка сопровождается увеличением риска внезапной смерти (Bonow R.O. 1991). Изучение сократимости левого желудочка, его объема, формы и массы методом двумерной ЭхоКГ может дать ценную информацию для определения тяжести аортальной недостаточности. Прирост объема и массы левого желудочка тесно коррелирует с тяжестью аортальной регургитации (Radial L.R. 1998).

Двумерная ЭхоКГ позволяет выявить расширение левых камер сердца и сферическую форму левого желудочка вследствие объемной перегрузки при аортальной регургитации (превышающей I степень) (рис. 5.1.26).

При выраженной аортальной регургитации можно обнаружить вибрацию хорд митрального клапана, межжелудочковой перегородки и даже свободной стенки левого желудочка. Тяжелая хроническая регургитация сопровождается выраженным расширением левого желудочка, тогда как при острой – расширение полости не бывает столь значительным. Быстрое нарастание давления в левом желудочке в фазу диастолы приводит к преждевременному закрытию створок митрального клапана, что также может диагностироваться двумерной ЭхоКГ. Иногда можно обнаружить несмыкание створок аортального клапана в диастолу. Однако, этот признак обладает низкой специфичностью и чувствительностью.

На рис. 5.1.27 М-режим больного с выраженной аортальной регургитацией. Левый желудочек увеличен: конечный диастолический размер – 6,3 мм, систолический – 3,2 мм. Фракция выброса 81%. Это свидетельствует о перегрузке объемом, что является значимым для пациента с аортальной регургитацией.

### **ЭхоКГ признаки тяжелой аортальной регургитации:**

- Выраженная дилатация левого желудочка (конечный диастолический размер более 7,5 см).
- Ширина цветовой струи аортальной регургитации занимает более 60% диаметра выносящего тракта левого желудочка, а площадь цветовой струи более 60% площади поперечного сечения выносящего тракта левого желудочка.
- Снижение времени полуспада диастолического градиента давления менее 200 мс.
- Длительный диастолический обратный поток в нисходящей аорте.
- Регистрация очень «плотного» спектра потока аортальной регургитации в непрерывно-волновом доплеровском режиме.
- Рестриктивная форма кривой диастолического наполнения левого желудочка при остро возникшей аортальной недостаточности.

*(Абдуллаев Р.Я. 1998).*

### **Показания к хирургическому лечению**

Вопрос о необходимости операции при аортальной недостаточности решить непросто. Необходимо проводить комплексную оценку клинической симптоматики, фракции выброса и конечного систолического объема левого желудочка (Donovan C.L. 1997). Выраженность регургитации, тяжесть симптомов и степень расширения аорты являются основными моментами при выборе лечения. Протезирование аортального клапана показано всем больным с тяжелой аортальной недостаточностью, у которых есть жалобы, независимо от сократимости левого желудочка. Прямые показания к операции – выявление одного или нескольких признаков из так называемой триады симптомов - обмороки, сердечная астма, ангинозные боли (Бураковский В.И. 1989). Принимать решение о хирургическом вмешательстве необходимо на более раннем этапе заболевания (Bonow R 1998).

Если у пациента нет жалоб, но есть систолическая дисфункция левого желудочка, то велика вероятность необходимости операции в ближайшие полгода. Если нет жалоб, нормальная переносимость физической нагрузки, отсутствует нарушение сократимости левого желудочка, то достаточно назначение медикаментозной терапии и повторное ЭхоКГ (динамика фракции выброса, размеров и объемов левого желудочка). Единого мнения по поводу того, когда направлять больных на протезирование аортального клапана, нет. По данным Feigenbaum H. (Feigenbaum H. 2005), эхокардиографическое доказательство ухудшения функции левого желудочка, вероятно, самый важный аргумент в пользу рассмотрения вопроса о хирургической замене клапана. Выраженная дилатация левого желудочка (конечный диастолический диаметр 80 мм или более) - известный фактор риска внезапной смерти (Bonow R.O. 1991).

Enriquez-Sarano M. (Enriquez-Sarano M. 2004) рекомендует проводить повторную ЭхоКГ раз в 2-5 лет больным с легкой степенью регургитации, ежегодно – больным с тяжелой и средне-тяжелой, каждые 6 месяцев – больным с желудочковыми нарушениями, близкими к тем, что являются показаниями к хирургическому лечению. Несмотря на то, что риск эндокардита у таких больных невысокий, больные должны получать профилактическое лечение в случае стоматологических манипуляций или оперативных вмешательств, как это предписывает Американская Ассоциация Сердца (American Heart Association 2004).

## Литература

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Бураковский В.И., Бокерия Л.А.* Сердечно-сосудистая хирургия. - М., 1989.

3. Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография. - М., 2005.

4. American Heart Association. Wallet card page. (Accessed September 13, 2004, at <http://www.americanheart.org/downloadable/heart/1023826501754/walletcard.pdf>.)

5. Bonow R, Carabello B, DeLeon AC Jr, et al. Guidelines for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Patients with Valvular Heart Disease). // *Circulation* 1998;98:1949-84.

6. Bonow RO, Lakatos E, Maron BJ, Epstein SE. Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function. // *Circulation* 1991;84:1625-35.

7. Dolan M., Castello R. St., Vrian JI et al: Quantification of aortic regurgitation by Doppler echocardiography: a practical approach. // *Am. Heart J.* 129: 1014, 1995.

8. Donovan CL, Starling MR: Role of echocardiography in the timing of surgical intervention for chronic mitral and aortic regurgitation. In Otto CM (ed): *The Practice of Clinical Echocardiography*. // Philadelphia, WB Saunders, 1997. - Pp 327-354.

9. Enriquez-Sarano M., Tajik A. J.: Aortic Regurgitation N. Engl. // *J. Med.* 2004; 351:1539-1546, Oct 7, 2004.

10. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's Echocardiography: 6th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.

11. Lebowitz NE, Bella JN, Roman MJ, et al. Prevalence and correlates of aortic regurgitation in American Indians: the Strong Heart Study. // *J Am Coll Cardiol* 2000;36:461-7.

12. Nishimura, R.A., Vonk, G.D., Rumberger, J.A., and Tajik, A.J.: Semiquantitation of aortic regurgitation by different Doppler echocardi-

graphic techniques and comparison with ultrafast computed tomography. // Am. Heart J., 124:995, 1992.

13. *Padial LR, Oliver A, Vivaldi M, et al:* Doppler echocardiographic assessment of progression of aortic regurgitation. Am J Cardiol 80:306-314, 1998.

14. *Perry, G.J., Helmcke, F., Nanda, J.C, Byard, C, and Soto, B.:* Evaluation of aortic insufficiency by Doppler color flow mapping. // J. Am. Coll: Cardiol., 9:952, 1987

15. *Reimold SC, Orav EJ, Come PC, et al:* Progressive enlargement of the regurgitant orifice in patients with chronic aortic regurgitation. //Am Soc Echocardiogr 11:259-265, 1998.

16. *Reimold, S.C., Thomas, J.D., and Lee, R.T.:* Relation between Doppler color flow variables and invasively determined jet variables in patients with aortic regurgitation. //J. Am. Coll. Cardiol., 20:1143,1992.

17. *Rokey, R., Sterling, L.L., Zoghbi, W.A., Sartori, M.P., Limacher, M.C., Kuo. L.C., andQuinones, M.A.:* Determination of regurgitant fraction in isolated mitral or aortic regurgitation by pulsed Doppler two-dimensional echocardiography. //J. Am. Coll. Cardiol., 7:1273, 1986.

18. *Singh J, Evans J, Levy D, et al.* Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation. //Am J Cardiol 1999;83:897-902. [Erratum, //Am J Cardiol 1999; 84:1143.]

19. *Slordahl, S.A., Piene, H., and Skjaerpe, T:* Pressure half-time in aortic regurgitation: Evaluation with Doppler in a cardiovascular hydro-mechanical simulator and in a computer model. //J. Am. Soc., Echocardiogr., 3:46, 1990.

20. *Smith, M.D., Grayburn, P.A., Spain, M.G., DeMaria, A.N., Kwan, O.L., and Moffett, C.B.:* Observer variability in the quantitation of Doppler color flow jet areas for mitral and aortic regurgitation. //J. Am. Coll. Cardiol., 11:579, 1988.

21. *Teague, S.M., Heinsimer, J.A., Anderson, J.L., Sublett, K., Olson, E.G., Voyles, WE, and Thadani, U.:* Quantification of aortic regurgitation utilizing continuous wave Doppler ultrasound. //J. Am. Coll. Cardiol., 8:592, 1986.

## 5.2. Стеноз устья аорты

### **Локализация и этиология аортального стеноза**

Аортальный стеноз может быть локализован на различном уровне относительно аортального клапана. В зависимости от локализации обструкции различают клапанный, надклапанный и подклапанный аортальный стеноз. Это не анатомические разновидности одного и того же порока, а различные нозологические формы, отличающиеся по этиологии, течению, прогнозу и требующие различных методов лечения.

**Надклапанный** аортальный стеноз – редкий врожденный порок. Он бывает изолированным или встречается при некоторых наследственных синдромах. Сужение просвета аорты при этом пороке расположено дистальнее устья коронарных артерий.

**Подклапанный** аортальный стеноз имеет различные морфологические типы.

Морфологические типы подклапанного аортального стеноза:

- мембранозный – соединительно-тканная мембрана в выходном тракте левого желудочка;
- фиброзно-мышечный – длинный узкий фиброзно-мышечный канал, диаметр которого остается неизменным во время всего сердечного цикла;
- мышечный – гипертрофия межжелудочковой перегородки;
- дополнительные образования (трабекулы) в выходном тракте левого желудочка;
- аномальное расположение и крепление хорд и папиллярных мышц митрального клапана.

**Клапанный** аортальный стеноз может быть следствием врожденной аномалии клапанного аппарата, возникать в результате воспалительного процесса (например, ревматической этиологии) или дегенеративной кальцификации.

## **ЭхоКГ диагностика аортального стеноза**

ЭхоКГ-исследование считается сегодня лучшим неинвазивным методом диагностики и оценки тяжести аортального стеноза.

Полная эхокардиографическая оценка больного с клапанным стенозом должна включать:

- Определение этиологии стеноза.
- Количественную оценку степени стеноза.
- Определение общей и регионарной сократимости миокарда левого желудочка.
- Оценку сопутствующего поражения других клапанов
- Оценку систолической и диастолической функции левого желудочка.
- Выраженность изменений аорты.
- Оценку изменений в других камерах сердца и легочного сосудистого русла, вызванных хронической перегрузкой давлением.

Для представления полной картины о больном результаты ЭхоКГ - исследования оцениваются вместе с соответствующими клиническими данными.

## **ЭхоКГ диагностика приобретенного клапанного стеноза**

Вначале остановимся на приобретенном клапанном стенозе.

### **М-режим ЭхоКГ**

М-модальное исследование при аортальном стенозе играет незначительную роль, но может быть полезно при качественной оценке порока. Оно выявляет изменение структуры и движения створок. Визуализируются плотные створки неоднородной структуры. Уменьшается степень их расхождения в систолу (рис. 5.2.1).

Метод позволяет выявить выраженный кальциноз створок аортального клапана и аорты по увеличению интенсивности эхосигналов, появлению эхосигналов параллельно стенкам аорты (рис. 5.2.2).

Высказываются мнения о возможности суждения о степени аортального стеноза по раскрытию створок.

Степень аортального стеноза по раскрытию створок аортального клапана:

- легкая степень – 12 - 15 мм;
- средняя степень – 8 - 12 мм;
- тяжелый стеноз – меньше 8 мм.

Однако, такое изменение створок возможно и при отсутствии аортального стеноза. Показатель этот ненадежен, так как зависит от ударного объема (недостаточность кровообращения, мерцательная аритмия и т.д.) и имеет лишь историческое значение. Поэтому нельзя ориентироваться только на М-режим.

### **Двумерная ЭхоКГ**

Двумерная ЭхоКГ позволяет определить:

- морфологическое строение клапана,
- подвижность створок,
- отложение солей кальция,
- выявить степень гипертрофии левого желудочка и оценить его функцию.

Двумерное ЭхоКГ-исследование позволяет определить форму и движение створок аортального клапана. При выраженном аортальном стенозе определяется систолический прогиб створок клапана в аорту (куполообразное движение) (аналогично «парусению» митрального клапана) или расположение створок под углом друг к другу – неполное раскрытие аортального клапана. Вероятно, это наиболее надежный признак любого клапанного стеноза в двумерном режиме (Фейгенбаум Г. 1999). Края створок изогнуты к центру аорты.

Косвенными признаками гемодинамически значимого аортального стеноза являются:

- выраженная гипертрофия стенок левого желудочка без его дилатации (рис. 5.2.3);
- постстенотическое расширение аорты вследствие увеличения линейной скорости кровотока.

Расширение левого желудочка присоединяется поздно при миогенной дилатации или сопутствующей митральной регургитации.

Стенозирование аортального клапана чаще всего ревматической этиологии. Аортальный стеноз ревматической этиологии диагностируют при его сочетании с ревматическим поражением митрального клапана. При этом выявляется сращение створок по комиссурам в результате их фиброза. Прогрессирование фиброза, кальциноз створок и кольца вызывают дополнительное сужение клапанного канала. При двумерном исследовании отмечаются участки повышенной эхогенности в области кончиков створок, комиссуральных сращений и систолическое куполообразное выбухание створок аортального клапана. Порок часто бывает комбинированным и сочетается с поражением митрального и других клапанов. Частота таких пациентов в последнее время снижается.

Однако, часто бывает трудно отличить данную ЭхоКГ картину от картины аортального стеноза вследствие кальцификации. Наиболее частой причиной аортального стеноза у взрослых является атеросклеротический аортальный стеноз. Для этого поражения наиболее характерно изначальное поражение аортального кольца с последующим распространением склеротического процесса на створки клапана по направлению от периферии к центру.

На рис. 5.2.4 представлена ЭхоКГ кальцинированного аортального клапана. Кальцинаты изменяют структуру створок. Кальциноз клапана развивается в течение многих лет и при двумерном ЭхоКГ-исследовании визуализируется, как область повышенной эхогенности кольца или створок аортального клапана без значимого препятствия току крови из левого

желудочка. Клинически значимая обструкция чаще наблюдается в возрасте 70-85 лет. Обструкция, выявляемая при двумерной ЭхоКГ, характеризуется выраженным увеличением эхогенности в области створок и уменьшением систолического раскрытия клапана. При расхождении створок в систолу на 15 мм и более наличие выраженной обструкции исключается. При наличии патологических изменений клапанов и систолическом расхождении менее чем 15 мм, степень обструкции может колебаться от легкой до тяжелой и зависит от площади поперечного сечения суженного отверстия. Прямое измерение площади клапана по короткой оси в двумерном ЭхоКГ режиме может быть произведено как при трансторакальном (при хорошей визуализации), так и при чреспищеводном исследовании. Планиметрическое измерение площади отверстия может быть ошибочным и данные должны интерпретироваться с осторожностью из-за сложной трехмерной анатомии отверстия при стенозе кальцинированного клапана.

### **Допплер-ЭхоКГ**

Тщательно измеренная в двумерном режиме площадь клапана отражает анатомическую площадь, тогда как доплеровское исследование дает представление о функциональной площади клапана. Допплер-ЭхоКГ используется для определения тяжести гемодинамических нарушений. Количественная оценка тяжести аортального стеноза – одно из главных достижений ЭхоКГ (Geibel A. 1991, Bengur A.R. 1989, Harrison M.R. 1988). При доплер-ЭхоКГ-исследовании мы получаем точную разницу давлений по обе стороны аортального клапана.

Для оценки тяжести аортального стеноза вычисляются:

- максимальная скорость кровотока через аортальный клапан;
- максимальный (мгновенный) градиент давления между левым желудочком и аортой;
- средний градиент давления между левым желудочком и аортой;
- площадь отверстия аортального клапана;

- отношение скорости в выходном тракте левого желудочка и в аорте.

На рис. 5.2.5 показаны различные доступы для определения скоростей и градиентов методом доплер-ЭхоКГ у больных с аортальным стенозом.

Для этих расчетов большое значение имеет направление луча. Угол между потоком и лучом должен быть минимальным. Неточная ориентация ультразвукового луча приводит к недооценке тяжести аортального стеноза. У каждого больного следует искать стенотическую струю из всех возможных позиций. Наибольшие скорости потока удастся получить при использовании апикальной, правой парастернальной и супрастернальной позиции.

#### **Максимальная скорость кровотока через аортальный клапан**

Важное значение для оценки стеноза устья аорты имеет максимальная скорость кровотока через аортальный клапан, вычисленная постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ из позиции, дающей максимальное значение.

На рис. 5.2.6 представлена постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ больного с клапанным аортальным стенозом. В нашем примере максимальная скорость кровотока через аортальный клапан из апикальной позиции - 5,12 м/с.

Максимальная скорость потока позволяет судить о степени стеноза аортального клапана (табл. 5.2.1) (АНА 2004).

*Таблица 5.2.1.*

#### **Степень стеноза аортального клапана по максимальной скорости потока**

Степень стеноза	Максимальная скорость потока
Легкая	менее 3 м/с
Средняя	3-4 м/с
Тяжелая	более 4 м/с

По максимальной скорости кровотока можно рассчитать максимальный градиент давления. В основу расчета клапанного градиента давления положено упрощенное уравнение Бернулли, согласно которому  $\Delta P = 4V^2$  (Penn I.M. 1988). В нашем примере при максимальной скорости кровотока через аортальный клапан - 5,12 м/с максимальный градиент давления между левым желудочком и аортой – 104,8 мм рт. ст.

Максимальный градиент давления также позволяет судить о степени стеноза аортального клапана (табл. 5.2.2).

*Таблица 5.2.2.*

**Степень стеноза аортального клапана по максимальному градиенту давления**

Степень стеноза	Максимальный градиент давления
Легкая	16-36 мм рт. ст
Средняя	36-50 мм рт. ст.
Средне-тяжелая-тяжелая	50-75 мм рт. ст.
Тяжелая	Более 75 мм рт. ст.

Существует выраженная корреляционная связь между данными вен-трикулографии и доплеровским максимальным градиентом давления (рис. 5.2.7).

Важно различать максимальный и средний градиенты давления. На рис. 5.2.8 представлены кривые давления в левом желудочке и аорте при аортальном стенозе.

Как показано на схеме, градиент давления, который измеряют при катетеризации сердца, не соответствует таковому при доплеровском ЭхоКГ-исследовании. Кривые давления достигают максимума не одновременно (в аорте позже, чем в левом желудочке). При катетеризации сердца измеряют максимальное давление в аорте, затем в левом желудочке и вычисляют их разницу (PP). При доплеровском исследовании измеряют максимальную скорость в аорте, которая соответствует максимальной одновременной разности давлений между левым желудочком и аортой (максимальному гради-

енту давления –  $P_{max} - MIG$ ). Поэтому при аортальном стенозе доплеровское исследование должно давать более высокие значения максимального градиента, чем при катетеризации полостей.

### **Средний систолический градиент давления между левым желудочком и аортой**

Средний систолический градиент давления между левым желудочком и аортой вычисляется из интеграла линейной скорости стенотической струи, записанной в режиме непрерывно-волновой доплер-ЭхоКГ (рис. 5.2.9).

Среднее давление можно определить, выбирая отдельные точки на огибающей спектра, где определяются мгновенные значения градиентов (рис. 5.2.10). Для получения среднего градиента суммируем эти значения и делим на число точек. Современные аппараты делают это автоматически. В табл. 5.2.3 представлены степени стеноза аортального клапана по среднему градиенту давления.

*Таблица 5.2.3.*

#### **Степень стеноза аортального клапана по среднему градиенту давления АНА 2004)**

Степень стеноза	Средний градиент давления
Легкая	менее 25 мм рт. ст.
Средняя	25 – 40 мм рт. ст.
Тяжелая	более 40 мм рт. ст.

Значения среднего систолического градиента точнее, чем максимального, соответствуют данным катетеризации сердца (Currie P.J. 1985, Teien D. 1986). Существует выраженная корреляционная связь между данными вентрикулографии и доплеровским средним градиентом давления (рис. 5.2.11).

Средний и пиковый градиенты при малых скоростях совпадают с данными вентрикулографии, при больших – расходятся (рисунок 5.2.12).

Следует обращать внимание на форму доплеровского спектра стенотической струи. Чем медленнее нарастает пик струи, тем тяжелее стеноз.

Градиент давления не всегда четко коррелирует с тяжестью стеноза. Он зависит как от степени сужения клапанного отверстия, так и от объёмной скорости кровотока. Таким образом, градиент давления у пациента может нарастать при увеличении трансортального ударного объема крови (например, при эмоциональном напряжении, физической нагрузке) и снижаться при его уменьшении (при седативном эффекте, гиповолемии).

Зависимость градиента давления от объёмной скорости кровотока может приводить к ошибочным измерениям степени стеноза у больных с увеличенным или сниженным трансортальным ударным объемом. Например, у пациентов со средней степенью сужения аортального отверстия и сопутствующей аортальной регургитацией будет отмечаться завышенный градиент давления в аорте. Наоборот, у больных с систолической дисфункцией левого желудочка и сопутствующей митральной регургитацией может наблюдаться небольшой трансортальный градиент давления при наличии тяжелого аортального стеноза. Описанная сопутствующая патология часто встречается у больных со стенозом аортального отверстия. В связи с этим для полной оценки тяжести заболевания необходимо определение площади суженного отверстия.

### **Расчет площади аортального отверстия**

Лучший показатель тяжести аортального стеноза – расчет площади отверстия аортального клапана. Площадь аортального отверстия может быть вычислена на основании принципа непрерывности потока (Bengur A.R. 1991, Otto CM. 1988). Для этого необходимо рассчитать TVI – интеграл линейной скорости аортального кровотока. Интеграл линейной скорости аортального кровотока представляет расстояние, которое кровь проходит при каждой систоле (рис. 5.2.13 и 5.2.14).

Если кровоток имеет ламинарный характер с плоским профилем скорости, то

$$УО = А \times TVI \text{ (рис. 5.2.15).}$$

Диаметр аорты вычисляется по длинной оси двумерной ЭхоКГ.

Поток через выходной тракт левого желудочка должен быть равен потоку через аортальный клапан (рис. 5.2.16).

Ударный объем проксимальнее аортального клапана (УО втлж) и на уровне клапана (УО аорт) имеют одинаковое значение:

$$\text{УО втлж} = \text{УО аорт}$$

Следовательно:

$$A \times \text{TVI втлж} = a \times \text{TVI аорт.}$$

При перестановке членов уравнения:

$$a = A \times \text{TVI втлж} / \text{TVI аорт.}$$

Определение площади аортального клапана может быть упрощено без уменьшения клинической значимости. Время выброса в выходном тракте и в аорте должны быть равны. Тогда:

$$\text{TVI втлж} / \text{TVI аорт} \approx V \text{ втлж} / V \text{ аорт} \text{ или } V_1/V_2.$$

Таким образом, упрощенное уравнение непрерывности потока выглядит так:

$$a = A \times V \text{ втлж} / V \text{ аорт} \text{ или } a = A \times V_1/V_2,$$

$$a = d^2 \times 0.785 \times V_1/ V_2 \text{ или } a = d^2 \times 0.785 \times V \text{ втлж} / V \text{ аорт.},$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения кровотока аорты ( $\text{см}^2$ ),  $a$  – площадь стенозированного аортального отверстия ( $\text{см}^2$ ),  $d$  – диаметр выходного тракта,  $\text{TVI втлж}$  – интеграл линейной скорости кровотока в выходном тракте левого желудочка (см),  $\text{УО втлж}$  – ударный объем проксимальнее аортального клапана,  $\text{УО аорт.}$  – ударный объем на уровне аортального клапана,  $\text{TVI аорт.}$  – интеграл линейной скорости кровотока в аорте (см),  $V \text{ втлж}$ ,  $V_1$  – скорость в выходном тракте левого желудочка,  $V \text{ аорт.}$ ,  $V_2$  – скорость кровотока через стенозированный аортальный клапан.

Пример расчета площади аортального отверстия у женщины с аортальным стенозом 80 лет.

Вычислим площадь выходного тракта левого желудочка. Для этого измерим выходной тракт левого желудочка (рис. 5.2.17). Имеет смысл измерять выносящий тракт левого желудочка три раза и брать среднюю ве-

личину. При диаметре выходного тракта 1,98 см площадь выходного тракта левого желудочка:

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (d/2)^2 = 0,785 \times d^2 = 0,785 \times 1,98^2 = 3,077 \text{ см}^2$$

Измерим скорость в выходном тракте левого желудочка из верхушечного доступа. Ставим контрольный объем импульсно-волнового доплера-ЭхоКГ под аортальным клапаном, где мы определяли диаметр, и определяем там скорость. Она равна 0.6 м/с (рис. 5.2.18).

Измерим скорость в аорте (рис. 5.2 .19). В данном случае используем различные позиции. Максимальная скорость из верхушечной позиции – 5,12 м/с.

Рассчитаем площадь стенотического аортального отверстия (а):

- диаметр выходного тракта левого желудочка 1,98 см,
- площадь выходного тракта левого желудочка (А) 3,07 см<sup>2</sup>,
- скорость в выходном тракте левого желудочка (V втлж) 0,6 м/с,
- скорость в аортальном клапане (V аорт) 5,12 м/с,
- $a = A \times V \text{ втлж} / V \text{ аорт} = 3.07\text{см}^2 \times 0.6\text{м/с} / 5.12\text{м/с} = 0.36 \text{ см}^2$ ,
- $a = 0.36 \text{ см}^2$ .

В табл. 5.2.4 представлены степени стеноза аортального клапана по площади стенотического отверстия.

*Таблица 5.2.4.*

**Степень стеноза аортального клапана по площади стенотического отверстия (АНА 2004)**

Степень стеноза	Площадь стенозированного клапана
Легкая	Более 1,5 см <sup>2</sup>
Средняя	1,0 – 1,5 см <sup>2</sup>
Тяжелая	менее 1,0 см <sup>2</sup>

В табл. 5.2.5 представлены данные исследований по корреляции площади отверстия аортального клапана инвазивным и ЭхоКГ методами.

Как видно из табл. 5.2.5 и рис. 5.2.20, корреляция методов отличная.

**Исследования по корреляции площади отверстия аортального клапана  
нвзвивным и ЭхоКГ методами**

<b>DOPPLER AVA vs. CATH AVA</b>			
<b>Author</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>Journal</b>
Skjaerpe	30	0.89	Circ Oct 1985
Otto	48	0.86	JACC Mar 1986
Zoghbi	39	0.95	Circ Mar 1986
Teirstein	30	0.88	JACC Nov 1986
Oh	100	0.83	JACC Jun 1988

Определение площади аортального отверстия особенно важно при низком или высоком сердечном выбросе. В этом случае разница давлений в выходном тракте левого желудочка и аорте не будет соответствовать степени стеноза аортального клапана.

Хотя соотношение скоростей не является прямой характеристикой площади отверстия клапана, оно может служить показателем степени стеноза (Otto С.М. 2000). Возможно представление «нормальной» площади отверстия клапана, как площади поперечного сечения кровотока выносящего тракта. Тогда нарастание скорости от выносящего тракта до аортального клапана отражает тяжесть стеноза.

Если «нормальная» площадь аортального клапана (ПАК) равна площади выходного тракта левого желудочка и

$$\text{Фактическая ПАК} \approx \text{«Нормальная» ПАК} \times V_{\text{ввлж}}/V_{\text{аорт.}}$$

Тогда:

$$\text{Фактическая ПАК}/\text{«Нормальная» ПАК} \approx V_{\text{ввлж}}/V_{\text{аорт.}},$$

где  $V_{\text{ввлж}}$  – скорость в выходном тракте левого желудочка,  $V_{\text{аорт.}}$  – скорость кровотока через стенозированный аортальный клапан.

По соотношению скоростей можно судить о степени обструкции.

Степень стеноза аортального клапана по соотношению скоростей в выходном тракте и в области стеноза:

- небольшой стеноз – соотношение скоростей около 1,
- уменьшение площади отверстия наполовину - 0,5,
- сокращение площади отверстия до одной четвертой от нормального размера - 0,25.

**ЭхоКГ признаки тяжелого аортального стеноза** (при отсутствии снижения общей сократимости левого желудочка и минутного объема):

- максимальная скорость кровотока через аортальный клапан более 4,5 м/с;
- средний аортальный градиент 50 мм рт. ст.;
- площадь отверстия аортального клапана менее 0,75 см<sup>2</sup>;
- соотношение интеграла линейной скорости кровотока в выходном тракте левого желудочка к интегралу линейной скорости кровотока через стенозированное аортальное отверстие менее 0,2.

Вычисление площади аортального отверстия с помощью уравнения непрерывности особенно важно у пациентов со средней степенью повышения скорости потока струи (3 - 4 м/с) и соответствующим средним градиентом давления (25 - 40 мм рт. ст.).

Поток митральной регургитации можно ошибочно принять за аортальный стеноз. В этом случае надо быть очень внимательным. Следует присмотреться к длительности сигнала. Время выброса в выходном тракте левого желудочка меньше времени митральной регургитации (рис. 5.2.21).

### **Врожденная патология аортального клапана**

Врожденный порок лучше виден в двумерном режиме по короткой оси. На рис. 5.2.22. показаны створки нормального аортального клапана в диастолу (слева) в систолу (справа).

Аортальное кольцо самое большое по площади в фазу диастолы. Слева расположена левая коронарная створка, вверху справа - правая, вни-

зу справа - некоронарная. В систолу створки расходятся и формируют треугольное отверстие. Перед диастолой необходимо выявить этот систолический треугольник. Истинный врожденный аортальный стеноз может быть и при трехстворчатом клапане с ограничением открытия створок.

Наиболее частая врожденная клапанная патология - двустворчатый аортальный клапан (рис. 5.2.23). Она встречается в 1 - 3% случаев.

При исследовании по длинной оси створки, прогибающиеся в аорту, формируют на ЭхоКГ-изображении купол во время систолы, что является следствием ограниченного движения кончиков створок клапана. В М-модальном режиме двустворчатый клапан характеризуется эксцентричной линией закрытия, однако, степень расхождения створок клапанов может сильно различаться в зависимости от расположения плоскости измерения (на кончиках створок или в их основании). Планиметрическое измерение площади отверстия в двумерном режиме также может быть ошибочным, если плоскость сканирования не проходит через кончики створок.

Двумерная ЭхоКГ играет главную роль в выявлении этой патологии. Необходимо получить изображение по короткой оси с большой разрешающей способностью. Две створки большие, избыточные по площади. Поверхность створок гладкая. Как правило, створки различаются по величине: при передне-заднем открытии - больше передняя, при латеро-медиальном – правая. Часто преобладающая по размеру створка имеет шов, поэтому закрытый клапан в диастолу может напоминать по форме трехстворчатый, но одна из комиссур может быть сросшейся. Более точное определение числа створок возможно только в систолу. Нераскрытие одной из комиссур до самой стенки аорты позволяет поставить диагноз двустворчатого аортального клапана. Помогают также эксцентричность раскрытия створок и очевидная разница в их размерах.

На рис. 5.2.24 показан двустворчатый аортальный клапан по короткой оси. В диастолу (рисунок слева) видны три комиссуры в положении 1 часа, 5 и 10 часов. Настоящие комиссуры определяются только в систолу

на 5 и 10 часах (рисунок справа). В положении 1 часа определяется не настоящая комиссура (стрелка), так как верхние части движутся вместе одной створкой.

Положение комиссур может быть различным, но чаще такое, как описано выше. Диагноз ставится не по наличию комиссур, а по визуализации овального отверстия между створками в систолу. Двустворчатый аортальный клапан склонен к фиброзированию и кальцификации у пациентов старше 40 лет. Он часто сочетается с другими поражениями аорты. Эта патология требует профилактики инфекционного эндокардита. Риск развития инфекционного эндокардита в 35 раз выше, чем среди населения в целом (Шиллер Н. 2005)

Одностворчатый аортальный клапан (рис. 5.2.25). При патологоанатомическом вскрытии эта патология выявляется в 0,75% случаев. В систолу по короткой оси в двумерном изображении на рис. 5.2.25 видна одна комиссура и одна створка в виде эксцентрической падающей капли. Раскрытие клапана ограничено. Одностворчатый клапан склонен к стенозированию и кальцификации даже у пациентов моложе 20 – 30 лет.

На рис. 5.2.26 и 5.2.27 представлен наиболее редко встречающийся (0,14% случаев) четырехстворчатый аортальный клапан. В нем 3 створки нормальной формы и нормальной локализации. Четвертая створка расположена эксцентрично и меньше по размеру. Такой клапан имеет большую вероятность стеноза, кальциноза и аортальной регургитации. В этом случае (рис. 5.2.27) имеются две некоронарные створки: одна в своей позиции, другая (четвертая) – дополнительная. В систолу отверстие все равно образует треугольник, а не четырехугольник, так как створка меньше. Стеноз четырехстворчатого аортального клапана развивается в старческом возрасте вследствие отложения солей кальция.

### **Комплексная оценка больного с аортальным стенозом**

Кроме того, что ЭхоКГ даёт возможность выявить этиологию и степень аортального стеноза, она позволяет оценить гипертрофию и функцию левого желудочка, и сопутствующие поражения клапанов.

Реакцией левого желудочка на хроническую перегрузку в результате аортального стеноза является развитие его концентрической гипертрофии – увеличение массы левого желудочка вследствие утолщения стенок миокарда. Степень гипертрофии левого желудочка дает представление о степени тяжести аортального стеноза (Donner R. 1984, Brenner J.I. 1980). Интересно, что имеются половые отличия реакции левого желудочка на стеноз аортального клапана. Женщины склонны к развитию более выраженной гипертрофии, меньшим размерам полости с сохраненной систолической функцией, тогда как мужчины – к меньшему увеличению толщины стенок, к расширению полости и большей степени дисфункции левого желудочка. (Otto C.M. 2000).

Систолическая функция левого желудочка нарушается, как правило, на поздних стадиях заболевания. Даже количественная ее оценка имеет большое прогностическое значение у не оперированных больных с аортальным стенозом.

Большинство больных (около 80%) с аортальным стенозом имеют также аортальную регургитацию, как правило, легкой и средней степени тяжести. Сопутствующая аортальная регургитация не искажает расчеты площади аортального отверстия. Необходимо проводить оценку степени тяжести сопутствующей аортальной регургитации, так как протезирование клапана может проводиться даже у больных с легкой или средней степенью тяжести аортального стеноза при наличии тяжелой аортальной регургитации и клинической симптоматики.

Как уже отмечалось, особенно внимательно следует вычислять площадь отверстия аортального клапана при наличии сопутствующей митральной регургитации. В противном случае, уменьшение трансортального градиента давления вследствие низкого трансортального потока может

привести к недооценке тяжелого аортального стеноза. Больные с аортальным стенозом ревматической этиологии могут иметь значительный сопутствующий стеноз митрального клапана, митральную недостаточность или сочетанную патологию митрального клапана.

Катетеризация нужна редко. Всего лишь у 3% пациентов нельзя определить степень аортального стеноза без этого метода. Катетеризацию проводят в тех случаях, когда клинические данные не соответствуют эхокардиографическим.

Для решения вопроса о виде лечения используются как клинические, так и эхокардиографические данные. Необходимо четко определить общий диагностический подход. Аортальный стеноз очень долго может протекать бессимптомно, но после появления жалоб продолжительность жизни невелика. Единственный метод эффективного лечения критического аортального стеноза – хирургическое вмешательство. Если у больных имеются клинические симптомы заболевания (обмороки, одышка, стенокардия, головокружение) и площадь клапанного отверстия  $> 1,0 \text{ см}^2$ , то скорее всего таким пациентам показано оперативное лечение (Абдуллаев Р.Я. 1998). Операция показана при бессимптомном аортальном стенозе с прогрессирующей систолической дисфункцией. При критическом аортальном стенозе исчерпываются компенсаторные возможности дальнейшего прироста гипертрофии и сократимости миокарда.

## Литература

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Н. Шиллер Н., Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. – М., 2005.
3. *Фейгенбаум Г.* Эхокардиография. 5-е издание (перевод с английского под редакцией В.В. Митькова), - М., 1999.

4. American Heart Association. Wallet card page. (Accessed September 13, 2004, at <http://www.americanheart.org/downloadable/heart/1023826501754walletcard.pdf>).
5. *Bengur A.R., Snider A.R., Meliones J.N. and Vermilion R.P.*: Doppler evaluation of aortic valve area in children with aortic stenosis. //J. Am. Coll. Cardiol., 18: 1449, 1991.
6. *Bengur A.R., Snider R., Serwer G.A., Peters J. and Rosenthal A.*: Usefulness of the Doppler mean gradient in evaluation of children with aortic valve stenosis and comparison to gradient at catheterization. // Am. J. Cardiol., 64:756, 1989.
7. *Brenner J.I., Baker K.R. and Berman M.A.*: Prediction of left ventricular pressure in infants with aortic stenosis. //Br. Heart J., 44:406, 1980.
8. *Currie P.J., et al.*: Continuous-wave Doppler echocardiographic assessment of severity of calcific aortic stenosis: A simultaneous Doppler-catheter correlative study in 100 adult patients. //Circulation, 71:1162, 1985.
9. *Donner R., Black I., Spann J.F. and Carabello B.A.*: Improved prediction of peak left ventricular pressure by echocardiography in children with aortic stenosis. //J. Am. Coll. Cardiol., 3:349, 1984.
10. *Geibel A., Gornandt L., Kasper W., and Bubenheimer P.*: Reproducibility of Doppler echocardiographic quantification of aortic and mitral valve stenoses: Comparison between two echocardiography centers. //Am. J. Cardiol., 67:1013, 1991.
11. *Harrison M.R., Gurley J.C., Smith M.D., Grayburn P.A. and DeMaria A.N.*: A practical application of Doppler echocardiography for the assessment of severity of aortic stenosis. //Am. Heart J., 115:622, 1988.
12. *Otto C.M., Pearlman A.S., Gardner C.L., Enomoto D.M., Togo T., Tsuboi H. and Lvey, T.D.*: Experimental validation of Doppler echocardiographic measurement of volume flow through the stenotic aortic valve. // Circulation, 78:435, 1988.
13. *Otto C.M.*: Textbook of Clinical Echocardiography. - Saunders, 2000.

14. *Penn I.M. and Dumesnil, J.G.:* A new and simple method to measure maximal aortic valve pressure gradients by Doppler echocardiography. // *Am. J. Cardiol.*, 61:382, 1988.

15. *Teien D., Karp K. and Eriksson P.:* Non-invasive estimation of the mean pressure difference in aortic stenosis by Doppler ultrasound. // *Br. Heart J.*, 56:450, 1986.

## **6. БОЛЕЗНИ АОРТЫ. ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ**

Оценка состояния корня аорты - обычная часть стандартного ЭхоКГ-исследования. При необходимости можно оценить восходящую часть, дугу и нисходящую часть аорты. Изображения, получаемые при трансторакальном исследовании, часто получаются недостаточно качественными. Чрезпищеводная ЭхоКГ значительно расширила возможности исследования аорты. Грудной отдел аорты стал доступен визуализации практически на всем его протяжении в поперечном и продольном сечениях.

### **6.1. Аневризма аорты**

Самая частая патология аорты - это её расширение, или увеличение диаметра больше значения, допустимого для данной массы тела и возраста (рис. 6.1.1) (Roman MU, 1989).

Когда расширение аорты достаточно большое, используется термин аневризма. Аневризма - локальное выбухание стенки аорты или диффузное расширение всей аорты более чем в 2 раза.

Классификация аневризм грудного отдела аорты основана на этиологии, локализации, форме, давности возникновения и виде.

#### **Этиология заболеваний грудной аорты**

##### **I. Врожденные формы:**

- кистозный медионекроз,
- синдром Морфана,
- врожденная извитость дуги аорты и коарктация аорты.

##### **II. Приобретенные формы:**

- атеросклероз аорты;
- воспалительные заболевания:

- специфические аортиты (сифилис, ревматизм, микотические поражения и др.);
- неспецифический аортоартериит.
- механические повреждения (травмы, ушибы, контузии, послеоперационные).

### **Локализация аневризм аорты (рис. 6.1.2)**

- синусы Вальсальвы.,
- восходящая аорта,
- дуга аорты,
- нисходящая аорта,
- грудная и брюшная аорты (комбинированные).

Аневризма может вовлекать одну или несколько частей аорты. Аневризмы могут локализоваться в любом месте, но чаще - в брюшном отделе (75%). По данным ИССХ им. А.Н.Бакулева АМН СССР, аневризмы восходящей части аорты с аортальной недостаточностью встречались у 1,7% больных с аортальными пороками сердца и в 44% всех аневризм грудной части аорты (Бураковский В.И. 1989).

### **Формы аневризм:**

- мешковидные - локальное выпячивание в виде вывернутого кармана,
- вретенообразное - расширение по всей окружности (наиболее частый вид).

### **Виды аневризм (рис. 6.1.3):**

- истинные,
- ложные,
- расслаивающие.

**Истинная аневризма** не нарушает структуру стенки аорты (типична при атеросклерозе).

**Псевдоаневризма** характеризуется дефектом в стенке аорты, который может быть связан с гематомой. Возможен и трансмуральный разрыв

стенки с истеканием крови за пределы аорты. Если кровь циркулирует из аорты в гематому, то формируется пульсирующая гематома. Такая аневризма может являться осложнением пункции аорты в случае неадекватного гемостаза или инфицирования. Прогноз ложной аневризмы обычно хуже, чем истинной.

**Расслаивающаяся аневризма** - характеризуется расслоением стенки аорты. Между расслаивающимися слоями стенки может формироваться новый, ложный просвет с наличием в нем кровотока или тромба.

Образовавшиеся аневризмы обычно постепенно увеличиваются в размерах, в среднем на 0,5 см в год. Риск разрыва аневризмы зависит от ее размера. Наружный диаметр аорты в норме не превышает 25 мм. При диаметре 5 см вероятность разрыва в течение года - 30-40%, 7-10 см - 45%, более 10 см - 60%. Поэтому все случаи аневризм любого диаметра требуют динамического наблюдения. При бессимптомных аневризмах диаметром более 4,5 см 2 раза в год проводят динамическое ультразвуковое исследование. При появлении каких-либо жалоб или подозрении на расслаивание аневризмы ультразвуковое исследование в полном объеме проводят немедленно.

### **Двумерное и доплер-ЭхоКГ исследование**

При трансторакальном исследовании корень аорты хорошо визуализируется в парастернальной позиции по длинной (рис. 6.1.4) и короткой осям. Визуализация дополнительных частей восходящей аорты может быть получена путем перемещения датчика в разные межреберные промежутки.

Корень аорты также может быть визуализирован из апикального доступа в четырехкамерной (пятикамерной) позиции. Качество двухмерного изображения может быть ограничено глубиной расположения восходящей части аорты по отношению к датчику. Однако, эта позиция позволяет оптимально направить луч доплера параллельно кровотоку в аорте. У некоторых пациентов восходящую часть аорты удается визуализировать из

субкостальной позиции. Дуга аорты исследуется из надключичного и супрастернального доступа. При этом пациент лежит на спине с валиком под шеей. Только короткий сегмент восходящей части аорты обычно виден из супрастернального доступа. Из супрастернального доступа с помощью импульсной или непрерывной доплер-ЭхоКГ можно зарегистрировать поток крови по нисходящей части аорты, удаляющийся от датчика со скоростью приблизительно 1 м/с. Необходимо использовать низкоскоростные параметры настройки фильтра, чтобы дифференцировать нормальный поток от патологического.

### **Хроническое расширение аорты**

С помощью ЭхоКГ можно точно оценить диаметр аорты. У пациентов с расширением аорты важно измерить диаметр аорты из нескольких позиций.

Типичные измерения включают (рис. 6.1.5):

- Аортальное кольцо (супрастернальная позиция по длинной оси).
- Край створок аортального клапана (стандартное положение M-режима аортального клапана).
- Синотубериальное соединение.
- Восходящая аорта.
- Дуга аорты.
- Грудная часть нисходящей аорты.

При ЭхоКГ исследовании выявляются:

- Веретенообразные, мешковидные или цилиндрические расширения аорты.
- Утолщенные, уплотненные, "изрытые" стенки аорты.
- Атеросклеротические бляшки, иногда кальцинированные.
- "Псевдоконтрастирование", т.е. визуализация медленно движущихся в обширной аневризме форменных элементов крови.
- Тромбы в расширение аорты.

У больных с хроническими аневризмами при выраженном атеросклерозе с дегенеративными изменениями аортального клапана часто регистрируется аортальная регургитация (рис. 6.1.6).

Количественная оценка расширения аорты и определение степени её тяжести чрезвычайно важна при последующем лечении пациента с хроническим прогрессирующим расширением аорты. Профилактическая операция корня аорты и замена клапана проводятся, когда степень расширения восходящей части аорты достигает критического значения (50-60 мм). При меньшем расширении необходимо динамическое наблюдение.

## **6.2. Расслаивающаяся аневризма аорты**

Расслоение аорты - опасная для жизни ситуация. Происходит разрыв интимы и формирование внутрстеночной гематомы между интимой и медиа с расслоением стенки аорты в дистальном и реже - в проксимальном направлении.

Ложный канал может:

- расширяться, сжимая истинный аортальный канал, от которого отходят главные ветви,
- расширяться, сжимая ниже отходящие ветви сосуда,
- тромбироваться,
- вызывать разрыв аорты.

Расслаивающаяся аневризма аорты является одним из наиболее тяжелых и частых заболеваний аорты. По данным Абдуллаева Р.Я. (Абдуллаев Р.Я 1998), частота расслоение аневризмы аорты на 1000000 составляет 5-10 человек в год. При естественном течении фатальный исход достигает 28% в течение первых 24 часов, 50% больных погибает в течение 48 часов, за 7 дней погибает 70%, а за 3 месяца умирает 90%. Большинство пациентов погибает на догоспитальном этапе или не успевает дожить до специализированной хирургической помощи. Правильная диагностика расслаи-

вающейся аневризмы аорты в практических лечебных учреждениях колеблется в пределах 1-50%, а летальность при консервативном лечении достигает 88-100%. Своевременно проведенное хирургическое лечение излечивает 80-90% больных с расслоением аневризмы аорты.

Основными этиологическими факторами расслоения стенки аорты являются: атеросклероз (78%), синдром Марфана (9%), идиопатический медионекроз (3%). Ведущими причинами, провоцирующими расслоение стенки аорты, являются артериальная гипертензия (70%) и физическая нагрузка (30%).

65% надрыв интимы в восходящем отделе аорты происходит на расстоянии 3 см от аортального кольца, распространяясь и в дистальном, и в проксимальном направлениях (Абдуллаев Р.Я. 1998).

### **Эхокардиография**

Самыми информативными в ургентной диагностике расслаивающейся аневризмы аорты являются ультразвуковые методы исследования. Анатомическая классификация расслаивающихся аневризм DeBakey М.Е. получила наибольшее распространение (рис. 6.2.1) (DeBakey М.Е. 1982).

С помощью ЭхоКГ исследования возможно обнаружить специфические признаки расслоения стенки аорты в 84,8% случаев (соответственно при I типе - 100%, при II типе - 85,7% и при III типе - 71,4%).

Признаками расслоения является обнаружение мобильной интимы в просвете аорты (рис. 6.2.2) и симптом «двустволки», свидетельствующий о наличии истинного и ложного просвета.

ЭхоКГ дает возможность выявить расположение первичного и вторичного разрывов (входного и выходного отверстий), распространение расслоения на крупные ветви аорты. Двумерная ЭхоКГ позволяет увидеть спонтанное контрастирование кровотока в просвете ложного канала. Возможно выявление интрамуральной гематомы, которая имеет чаще эксцентричную полулунную форму, при полной отслойке интимы - концен-

трическую. В ложном канале расслоенной аорты происходит образование тромбов, так же визуализирующихся при двумерной ЭхоКГ.

С помощью импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ можно дифференцировать истинный и ложный просвет аорты. В ложном просвете регистрируется низкоскоростной поток, в отличие от истинного с высокими скоростями. Цветовое доплеровское исследование выявляет место соединения истинного и ложного просветов расслаивающей аневризмы (рис. 6.2.3).

Разрыв расслоившейся аорты может протекать по нескольким путям:

Наружный разрыв в средостение или плевральную полость приводит к кровопотере с развитием острого гемодинамического коллапса. Если разрыв тромбируется, то у пациента может развиваться медиастинальная гематома и/или плевральный выпот (чаще на левой, чем на правой стороне).

Другой путь - разрыв в аортальное кольцо, в перикард. Повторный разрыв приводит к острой тампонаде сердца с развитием гемодинамического коллапса. Немедленное оперативное вмешательство необходимо при наличии жидкости в полости перикарда у пациентов с расслоением аорты.

ЭхоКГ дает возможность выявить ряд осложнений расслоения аорты.

### **Осложнения расслоения грудного отдела аорты:**

#### *I. Аортальная регургитация:*

- A. Вследствие расширения корня аорты.
- B. Вследствие «молотящей» аортальной створки.

#### *II. Окклюзия коронарной артерии при расслоении входа:*

- A. Фибрилляция желудочков.
- B. Острый инфаркт миокарда.

#### *III. Обструкция или окклюзия периферических сосудов:*

- A. Сонных артерий (инсульт).
- B. Подключичной артерии (ишемия верхних конечностей).

#### *IV. Разрыв аорты.*

А. В перикард.

1. Гемиперикард.
2. Тампонада сердца.

В. В средостение.

С. В плевральную полость.

1. Гемиторакс.
2. Гемодинамический коллапс.

ЭхоКГ позволяет проводить динамическое наблюдение расслаивания аорты, выявлять новые осложнения и нарушения внутрисердечной и периферической гемодинамики.

В большинстве случаев трансторакальная ЭхоКГ позволяет дифференцировать расслоение аорты от других заболеваний. Если же при боли в грудной клетке патология аорты не выявлена, то необходимо проводить ЭхоКГ-исследование для уточнения коронарного синдрома, патологии клапанов (например, аортального стеноза), эмболии легочной артерии, перикардита.

Вероятность этого диагноза не уменьшается отрицательными данными ЭхоКГ-исследования, когда клиническая картина характерна для расслоения аорты. В этой ситуации необходимо проводить трансэзофагальную ЭхоКГ, магнитно-резонансную томографию, компьютерную томографию.

#### **Хирургическое вмешательство**

Большинство хирургов сейчас проводят резекцию пораженной аорты. На ЭхоКГ визуализируется периаортальный шрам. Коронарные артерии имеют свое нормальное положение, если часть ткани аорты была сохранена. В этом случае необходимо тщательное наблюдение за делатированным участком аорты и синусами Вальсальвы. Если имплантат аорты располагается сразу от клапанов, то коронарные артерии подшиваются к имплантанту вместе с небольшим участком аорты.

## Литература

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Бураковский В.И., Бокерия Л.А.* Сердечно-сосудистая хирургия. - М., 1989.
3. *DeBaakey M.E., McColum C.H., Crawford E. et al:* Dissection and dissecting aneurysms of the aorta: Twenty year follow-up of five hundred twenty seven patients treated surgically. //Surgery, 92:1118-1134, 1982.
4. *Roman MU, Devereux RB, Kramer Fox R, et al :* Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. //Am J Cardiol 1989;64:507-12.

## **7. ПОРОКИ КЛАПАНА ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА**

### **7.1. Недостаточность клапана легочной артерии**

Минимальная недостаточность клапанов лёгочной артерии регистрируется почти у 80% здоровых людей (Шиллер Н. 2005). Её наличие в таких случаях не имеет никакой клинической значимости.

#### **Этиология недостаточности клапана лёгочной артерии**

Врожденная изолированная недостаточность клапана лёгочной артерии (отсутствие или гипоплазия клапанов) встречается очень редко. Часто она сочетается с инфундибулярным стенозом лёгочной артерии, дефектом межжелудочковой и межпредсердной перегородок, открытым артериальным протоком.

Приобретенная лёгочная регургитация встречается при:

- ревматическом поражении (сочетается с поражением других клапанов);
- инфекционном эндокардите (возможно изолированно);
- Карциноидном синдроме;
- сифилитическом поражении;
- легочной гипертензии любой этиологии;
- ятрогенные причины (вальвулотомия легочного клапана).

#### **ЭхоКГ диагностика недостаточности клапана легочной артерии**

Лучшим ультразвуковым методом диагностики недостаточности клапана легочной артерии является доплер-ЭхоКГ (Chandraratna, P.A.N., 1982, Patel, A.K., 1982).

#### **Допплер-ЭхоКГ**

#### **Цветовое доплер-ЭхоКГ исследование**

При цветовом доплер-ЭхоКГ исследовании наблюдается характерная струя регургитации, проходящая из легочной артерии в выходной

тракт правого желудочка. На рис. 7.1.1 показана цветовая ЭхоКГ легочной артерии из парастернального доступа по короткой оси на уровне аорты и легочной артерии.

Можно измерить длину струи регургитации. Если она короче 10 мм, то недостаточность клапана лёгочной артерии, скорее всего, лёгкая. При тяжелой регургитации струя длиннее, перешеек её толще, но длительность кровотока меньше (быстрое выравнивание давления в лёгочной артерии и в правом желудочке). Работ по сопоставлению доплеровской и ангиографической оценки тяжести недостаточности клапана лёгочной артерии мало (Шиллер Н. 2005). По мнению Фейгенбаума Х., никто не пытался количественно определить степень лёгочной регургитации методом доплер-ЭхоКГ (Фейгенбаум Х. 1999).

#### **Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ**

Для выявления недостаточности клапана лёгочной артерии методом импульсно-волновой доплер-ЭхоКГ контрольный объем помещают проксимальнее лёгочного клапана. На рис 7.1.2 показана двумерная ЭхоКГ лёгочной артерии из парастернального доступа по короткой оси на уровне аорты и лёгочной артерии. Стрелкой обозначено место размещения контрольного объёма.

Если скорость потока небольшая, то он будет регистрироваться выше базовой линии (рис. 7.1.3). При высокой лёгочной гипертензии, если скорость регургитации превышает предел Найквиста, поток будет двусторонним (рис. 7.1.4).

#### **Непрерывно-волновая доплер-ЭхоКГ**

Непрерывно-волновая доплер-ЭхоКГ при лёгочной регургитации позволяет выявить поток, характерный для недостаточности аортального клапана. На рис. 7.1.5 показано, что поток лёгочной регургитации располагается выше базовой линии и при сохраненном синусовом ритме в конце диастолы регистрируется пик (стрелка), соответствующий систоле правого предсердия.

Косвенными признаками тяжести недостаточности лёгочного клапана могут служить:

- Плотность доплеровского спектра регургитирующей струи (при выраженной недостаточности легочного клапана она ярче).
- Быстрота снижения скорости регургитирующего потока (чем быстрее, тем тяжелее недостаточность).
- Сопоставление кровотока через клапан легочной артерии и аортальный клапан (при тяжелой недостаточности клапана легочной артерии кровоток через него существенно выше).

С помощью доплер-ЭхоКГ по струе лёгочной регургитации можно определить диастолическое и среднее давление в лёгочной артерии (см. главу 8).

У больных с лёгочной регургитацией оказывается полезной и двумерная ЭхоКГ. Метод позволяет выявить расширение ствола легочной артерии (рис. 7.1.6).

Лёгочная регургитация может быть одной из причин объемной перегрузки правого желудочка (Такао S. 1988). Кроме дилатации правого желудочка у таких больных может встречаться патологическая конфигурация и движение межжелудочковой перегородки.

Клинически даже выраженная недостаточность клапана легочной артерии может переноситься хорошо и в изолированном виде редко сопровождается заметными гемодинамическими нарушениями.

## Литература

1. *Фейгенбаум Г.* Эхокардиография. 5-е издание (перевод с английского. Под редакцией В.В. Митькова), - М., 1999.
2. *Шиллер Н., Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. - М., 2005.

3. *Chandraratna P.A.N., Wilson D., Imaizumi T., Ritter W.S., and Aronow W.S.*: Invasive and noninvasive assessment of pulmonic regurgitation: Clinical, angiographic, phnncardiographic, echocardiographic, and Doppler ultrasound correlation. //Clin. Cardiol., 5:360, 1982.

4. *Patel A.K., Rowe G.G., Dhanani S.P., Kosolcharoen P., Lyle L.E.W., and Thomsen J.H.*: Pulsed Doppler echocardiography in diagnosis of pulmonary regurgitation: Its value and limitations. //Am. J. Cardiol., 49:1801, 1982.

5. *Takao S., Miyatake K., Izumi S., Okamoto M., Kinoshita N., Nakagawa H., Yamamoto K., Sakakibara H., and Nimura Y.*: Clinical implications of pulmonary regurgitation in healthy individuals: Detection by cross sectional pulsed Doppler echocardiography. //Br. Heart J., 59:542, 1988.

## **7.2. Стеноз легочной артерии**

Стеноз легочной артерии может быть на различных уровнях.

**Анатомическая классификация стеноза лёгочной артерии:**

- клапанный;
- инфундибулярный;
- стволовой.

**Этиология стеноза клапана легочной артерии**

**Врожденный стеноз клапана легочной артерии**

Врожденный стеноз клапана легочной артерии один из самых частых врожденных пороков сердца. Он выявлен у 12% больных с врожденными пороками сердца. Анатомически различаются следующие виды врожденного стеноза лёгочной артерии (Bankl G. 1980):

- Клапанный стеноз легочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой. При этом обычно наблюдается гипоплазия клапанного кольца, утолщение створок легочного клапана.

- Инфундибулярный стеноз легочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой.

- Надклапанный стеноз легочной артерии и ее ветвей.
- Стеноз выносящего тракта правого желудочка вследствие мышечной гипертрофии.
- Атрезия легочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой.

Чаще стеноз клапана легочной артерии бывает изолированным, но может сочетаться и с другими аномалиями сердца. Поражение клапана легочной артерии и легочного ствола могут быть составной частью некоторых наследственных синдромов: синдрома Нунан, синдрома Вильямса, трисомии по 13, 4, 15-й или 18-й хромосоме, фетального синдрома краснухи. Врожденный стеноз легочной артерии чаще встречается у женщин (Абдуллаев Р.Я. 1998).

Надклапанный стеноз легочной артерии может встречаться на любом уровне и при этом часто поражается много участков (Wren, C, 1991).

#### **Приобретенный стеноз клапана легочной артерии**

- Ревматическое поражение створок.
- Инфекционный эндокардит.
- Карциноидный синдром.
- Псевдостеноз (сдавливание опухолью переднего или верхнего средостения, аневризма правого или левого коронарного синуса Вальсальвы, массивная эмболия в легочный ствол).

При клапанном стенозе часто формируется слияние створок легочного клапана. По данным Бураковского В.И. (Бураковский В.И. 1989), у 20% больных с клапанным стенозом встречается двустворчатое строение клапана легочной артерии. Если створки клапана тонкие и эластичные, то отмечается их куполообразное движение с суженным отверстием. В исключительно редких случаях и только у взрослых клапан обызвествляется.

Расстройства гемодинамики при изолированном клапанном стенозе лёгочной артерии обусловлены препятствием току крови из правого желу-

дочка в легочную артерию. Давление в правом желудочке зависит от степени сужения. В результате повышения давления развивается гипертрофия правого желудочка. Это приводит к повышению его ригидности, что, в свою очередь, ведет к росту диастолического давления и присоединению, со временем, расширения правого предсердия. Увеличение давления в правом предсердии способствует открытию овального отверстия и появлению сброса крови справа налево. Может развиваться дилатация полости правого желудочка. Иногда формируется постстенотическое расширение ствола и левой ветви легочной артерии в результате гидродинамического удара и турбулентности потока крови, проходящей через суженное отверстие. При значительном клапанном стенозе гипертрофия правого желудочка может привести к подклапанному стенозу.

### **ЭхоКГ признаки стеноза клапана легочной артерии**

#### **М-режим**

С помощью М-режима ЭхоКГ сложно диагностировать стеноз клапана легочной артерии. В настоящее время он имеет историческое значение. Если провести курсор в парастернальной позиции через заднюю створку легочного клапана, то можно в систолу правого предсердия зарегистрировать волну «А» (рис. 7.2.1). При стенозе глубина этой волны возрастает и ее приближенно можно считать пропорциональной пиковому градиенту давления (Weyman, A.E., 1974).

#### **Двумерное ЭхоКГ исследование**

Двумерная ЭхоКГ позволяет не только выявить порок, но и детализировать его анатомическое строение. Двумерное ЭхоКГ исследование при изолированном стенозе клапана легочной артерии проводится из парастернальной позиции по длинной оси легочной артерии (рис. 7.2.2), по короткой оси на уровне корня аорты, из субкостальной проекции выходного тракта правого желудочка.

Створки клапана выглядят утолщенными и уплотненными. Их экскурсия снижается. В ряде случаев можно обнаружить систолическое ку-

полообразное неполное открытие створок (Silove, E.D. 1983, Richards, K.L. 1991). Возможно выявление уменьшения отверстия из-за сращения створок по комиссурам и гипоплазии кольца легочного клапана. Двумерная ЭхоКГ позволяет диагностировать гипертрофию правого желудочка. Ни степень утолщения створок, ни наличие гипертрофии правого желудочка не представляют, по данным Фейгенбаума Х., количественную меру тяжести порока (Фейгенбаум Х. 1999). При стенозе легочной артерии может отмечаться постстенотическое расширение легочного ствола, уменьшение его систолической пульсации.

### **Инфундибулярный (подклапанный) стеноз легочной артерии**

Инфундибулярный стеноз легочной артерии может быть врожденным, обусловленным гипертрофией одноименного отдела межжелудочковой перегородки. Он обычно сопровождается дефектом межжелудочковой перегородки и является составной частью тетрады Фалло, что так же диагностируется при двумерной ЭхоКГ.

Обструкция выходного тракта правого желудочка может быть у больных с преимущественно правосторонней гипертрофической кардиомиопатией (Руденко Р.И. 2008).

В то же время сам клапанный стеноз лёгочной артерии может приводить к концентрической гипертрофии и фиброзу мышц выходного отдела правого желудочка. Это способствует появлению у некоторых больных второго уровня стеноза, который имеет самостоятельное гемодинамическое значение.

### **Надклапанный стеноз лёгочной артерии**

При патологии проксимальных отделов лёгочной артерии возникает надклапанный стеноз лёгочной артерии. Дистальные отделы трудно визуализируются, особенно у лиц старшего возраста. Патологию следует заподозрить при пульсирующей проксимальной легочной артерии и неясной гипертрофии правого желудочка.

## Допплер-ЭхоКГ

В настоящее время доплер-ЭхоКГ – метод для оценки тяжести лёгочного стеноза (Lim, M.K., 1989, Lima, CO., 1983, Okamoto, M., 1981). У большинства больных оптимальное направления доплер-ЭхоКГ луча со стенотическим потоком достигается из парастернального доступа по короткой оси. У некоторых больных необходимо использовать более низкий межреберный промежуток. Субкостальный или супрастернальный доступ иногда оказывается оптимальным при расширении лёгочной артерии и смещении клапана кпереди. Контрольный объем надо ставить прямо под створками клапана лёгочной артерии (рис. 7.2.3).

### **Максимальный градиент давления между правым желудочком и лёгочной артерией**

Исследуя кровоток через лёгочный клапан, вычисляют (аналогично аортальному клапану) максимальный градиент давления между правым желудочком и лёгочным стволом ( $\Delta P$ ) с помощью упрощенного уравнения Бернулли:

$$\Delta P \text{ (мм рт. ст.)} = 4V^2,$$

где  $V$  - максимальная скорость стенотической струи через лёгочной клапан.

На рис. 7.2.4 непрерывно-волновое доплер-ЭхоКГ исследование из парастернального доступа по короткой оси у больного со стенозом лёгочной артерии. Максимальная скорость стенотической струи 2,56 м/с. Используя вышеприведенную формулу, можно вычислить максимальный градиент давления между правым желудочком и лёгочной артерией, который равен 26,1 мм рт. ст.

Максимальный градиент давления между правым желудочком и лёгочной артерией зависит от тяжести клапанного стеноза и может варьировать от 20 до 200 мм рт. ст.

Классификацию тяжести стеноза лёгочной артерии большинство авторов разработали с учетом систолического давления в правом желудочке:

1-я стадия – умеренный стеноз (давление в правом желудочке до 60 мм рт. ст.);

2-я стадия - выраженный стеноз (давление в правом желудочке 61-100 мм рт. ст.);

3-я стадия – резкий стеноз (давление в правом желудочке больше 100 мм рт. ст.);

4-я стадия – декомпенсация (систолическое давление в правом желудочке может быть не очень высоким).

### **Систолическое давление в легочной артерии**

Систолическое давление в легочной артерии в большинстве случаев в пределах нормы или слегка снижено.

Скорость трикуспидальной регургитации прямо зависит от выраженности стеноза лёгочной артерии. Поэтому при стенозе лёгочной артерии нельзя без поправок вычислять систолическое давление в лёгочной артерии по формуле, суммирующей градиент давления через трехстворчатый клапан и давление в правом предсердии. Для получения систолического давления в лёгочной артерии из этой суммы нужно вычесть градиент давления через клапан лёгочной артерии.

#### *Пример:*

1. Максимальная скорость кровотока через стенозированный клапан легочной артерии равна 3 м/с, следовательно максимальный градиент давления между правым желудочком и легочной артерией равен  $(4V^2)$  36 мм рт. ст.

2. Максимальная скорость трикуспидальной регургитации равна 5 м/с, следовательно максимальный градиент давления между правым желудочком и правым предсердием равен  $(4V^2)$  100 мм рт. ст.

3. Предположим, что нижняя полая вена спадается на вдохе менее 50%, следовательно, давление в правом предсердии равно 10 мм рт. ст. и систолическое давление в правом желудочке равно: транстрикуспидальный градиент + давление в правом предсердии

$$100 \text{ мм рт. ст.} + 10 \text{ мм рт. ст.} = 110 \text{ мм рт. ст.}$$

4. Систолическое давление в лёгочной артерии равно:

систолическое давление в правом желудочке - градиент давления через клапан легочной артерии

$$110 \text{ мм рт. ст.} - 36 \text{ мм рт. ст.} = 74 \text{ мм рт. ст.},$$

что соответствует выраженной легочной гипертензии.

### **Лечение**

При градиенте давления менее 25 мм рт. ст. этот порок редко требует какого-либо активного вмешательства (Hayes С. 1993). Даже при умеренном градиенте давления (25 - 50 мм рт. ст.) лишь в 20 % случаев требуется активное хирургическое вмешательство (Абдуллаев Р.Я. 1998).

Больным со стенозом лёгочной артерии проводится вальвулопластика либо хирургическая вальвулотомия. Операции на открытом сердце при стенозе легочной артерии в значительной мере уступили место баллонной вальвулопластике. При отсутствии гипертрофии правого желудочка она проводится в случаях, когда чресклапанный градиент давления превышает 40...50 мм рт. ст.

Если же имеет место выраженная гипертрофия миокарда правого желудочка, то баллонная вальвулопластика показана при клапанном градиенте давления более 20 мм рт. ст. (McCrinkle В. 1994).

Наличие подклапанного стеноза не должно служить противопоказанием к баллонной вальвулопластике. Высока вероятность того, что после устранения клапанного стеноза выраженность подклапанного стеноза со временем уменьшится. При сочетании клапанного стеноза с подклапанным градиентом давления между правым желудочком и легочной артерией остается высоким и после баллонной вальвулопластики,

но со временем, по мере обратного развития гипертрофии правого желудочка, градиент обычно снижается.

ЭхоКГ позволяет предсказывать результаты вальвулопластики. Оперативное вмешательство бывает малоэффективным при узком легочном кольце и выраженном обызвествлении створок легочного клапана.

### Литература

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Бураковский В.И., Бокерия Л.А.* Сердечно-сосудистая хирургия. - М., 1989.
3. *Руденко Р.И.* «Клинико-функциональная характеристика преимущественно правосторонней гипертрофической кардиомиопатии»: Дис... д-ра мед. наук. - Алматы, 2008.
4. *Шиллер Н., Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. - М., 2005.
5. *Bankl G.* Congenital diseases of the heart and great vessels, 1980.
6. *Hayes C, Gersony W., Driscoll D. et al:* Second natural history study of congenital heart defects: Results of treatment of patients with pulmonary valvular stenosis. //Circulation 87 (Suppl 1) 1-73, 1993.
7. *Lim M.K., Houston A.B., Doig W.B., Lilley S., and Murtagh E.P.:* Variability of the Doppler gradient in pulmonary valve stenosis before and after balloon dilatation. //Br. Heart J., 62:212, 1989.
8. *Lima CO., Sahn D.J., Valdes-Cruz L.M., Goldberg S.I., Barren J.V., Allen H.D., and Grenadier E.:* Noninvasive prediction of transvalvular pressure gradient in patients with pulmonary stenosis by quantitative two-dimensional echocardiographic Doppler studies. //Circulation. 67:866, 1983.
9. *McCord B.:* Independent predictors of long-term results after balloon pulmonary valvuloplasty. //Circulation, 89:1751, 1994.

10. *Okamoto M., Miyatake K., Kinoshita N., Matsuhisa M., Nakasone I., Nagata S., Sakakibara H., and Nimura Y.*: Blood flow analysis with pulsed echo Doppler cardiography in valvular pulmonary stenosis. //J. Cardiogr., 11:1291, 1981.
11. *Richards K.L.*: Assessment of aortic and pulmonic stenosis by echocardiography. //Circulation, 84 [Suppl 1]: 1-182, 1991
12. *Silove E.D., DeGiovanni J.V., Shiu M.F., and Yi M.M.*: Diagnosis of right ventricular outflow obstruction in infants by crosssectional echocardiography. //Br. Heart J., 50:416, 1983.
13. *Weyman A.E., Dillon J.C, Feigenbaum H., and Chang S.*: Echocardiographic pattern of pulmonic valve motion in pulmonic stenosis. // Am. J. Cardiol., 34:644, 1974.
14. *Wren C, Oslizok P., and Bull C*: Natural history of supra-avalvular aortic stenosis and pulmonary artery stenosis. //J. Am. Coll. CardioJ., 15:1625, 1991.

## 8. ЛЕГОЧНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ

### **Гемодинамика при нормальном давлении в правых отделах сердца**

Систолическое давление в полости правого желудочка в норме составляет около 30 мм рт. ст. Разница давления между правым желудочком и легочной артерией в систолу может достигать 10 мм рт. ст., а на фоне тахикардии - 17 мм рт. ст. Вследствие разности давлений кровь в систолу поступает из правого желудочка в легочную артерию.

Систолическое давление в правом предсердии в норме 0 - 5 мм рт. ст. В систолу створки трикуспидального клапана закрыты. Однако, по данным Митькова В.В. (Митьков В.В. 1998), у 98% обследованных регистрируется физиологическая трикуспидальная регургитация.

В диастолу створки легочного клапана закрыты. Диастолическое давление в легочной артерии в норме 3 - 12 мм рт. ст. В начале диастолы давление в правом предсердии 5 - 7 мм рт. ст., а в правом желудочке около 5 мм рт. ст. Кровь в диастолу поступает из правого предсердия (камера с большим давлением) в правый желудочек (камера с меньшим давлением).

Разница давлений между легочной артерией и правым желудочком в конце диастолы в норме не превышает 14 мм рт. ст. Из-за разности давлений может присутствовать обратный ток крови из легочной артерии в правый желудочек - физиологическая легочная регургитация.

### **Этиология легочной гипертензии**

*Первичная легочная гипертензия* - это поражение мелких легочных артерий, характеризующееся изменением стенок артерий среднего и мелкого калибра, уменьшением диаметра их просвета, ростом легочного сопротивления. Заболевание чаще встречается у женщин, клинически проявляется на третьем-четвертом десятилетии жизни.

### ***Вторичная легочная гипертензия.***

Причины развития вторичной легочной гипертензии:

- Клапанные пороки левого сердца (митральный стеноз и недостаточность, аортальный стеноз и недостаточность).
- Клапанные пороки правого сердца (трикуспидальная и легочная недостаточность).
- Врожденные пороки сердца с шунтированием крови.
- Хронические обструктивные заболевания легких.
- Тромбоэмболия легочной артерии.
- Инфекционный эндокардит с разрушением створок клапана и тяжелой регургитацией.
- Острый инфаркт миокарда и постинфарктный кардиосклероз.

Легочная гипертензия может возникать остро, например, при массивной тромбоэмболии или хронически.

### **ЭхоКГ диагностика легочной гипертензии**

#### ***M-режим***

Если поставить курсор в парастернальной позиции по длинной оси легочной артерии через заднюю створку легочного клапана, то в норме можно в систолу правого предсердия зарегистрировать волну «А» (при синусовом ритме) (рис. 8.1). При выраженной легочной гипертензии волна «А» уменьшена или отсутствует и можно видеть средне-систолическое прикрытие или зазубренность задней створки легочного клапана.

Наличие волны «А» не может исключать легочную гипертензию, особенно когда предполагается правожелудочковая недостаточность (Фейгенбаум Х. 1999). Наличие средне-систолического прикрытия или зазубренности задней створки легочного клапана представляет собой качественный признак легочной гипертензии (Tahara M. 1981).

## Двумерное ЭхоКГ исследование

Двумерная ЭхоКГ производится в различных сечениях, включая визуализацию пути притока и изгнания крови из правого желудочка: из парастернального доступа по короткой и по длинной осям, из верхушечного четырехкамерного доступа, из субкостальной проекции выходного тракта правого желудочка. При чреспищеводном исследовании правый желудочек сердца виден в сечении четырех камер, а также из глубокого желудочкового подхода. Важным для оценки правого предсердия, его ушка и полых вен является чреспищеводная позиция локализации двух предсердий.

При значительной легочной гипертензии часто отмечается дилатация правого желудочка. Измерение размера правого желудочка можно проводить из парастернального доступа по длинной оси. Однако, размеры правых отделов в парастернальной позиции могут быть недооценены или переоценены. В связи с этим лучше производить обследование из верхушечного или из субкостального доступов. При значительной легочной гипертензии часто отмечается дилатация не только правого желудочка, но и правого предсердия (рисунок 8.2).

Повышенное давление в правом предсердии приводит к выбуханию межпредсердной перегородки в сторону левого предсердия (рис. 8.2 и 8.3).

При отсутствии сопутствующих заболеваний миокарда и патологии клапанов левых отделов сердца в случаях легочной гипертензии любой этиологии левый желудочек на ЭхоКГ выглядит относительно небольшим. Систолическое давление в правом желудочке можно оценить при рассмотрении формы левого желудочка по короткой оси (Portman, M.A., 1987, Dittrich, H.C., 1988). В норме левый желудочек имеет форму круга. Когда давление в правом желудочке превышает 80 мм рт. ст., левый желудочек уменьшается в объеме, сдавливается дилатированным правым желудочком и приобретает форму полумесяца. Отмечается прогибание межжелудочковой перегородки в диастолу в сторону небольшого левого желудочка

(рис. 8.4) (King, M.E., 1983). Анатомическим ориентиром правого желудочка в этом случае будет являться модераторный пучок.

При высокой степени легочной гипертензии межжелудочковая перегородка движется парадоксально (рис. 8.5).

У больных с длительно существующей легочной гипертензией выявляется гипертрофия стенки правого желудочка. Измерение толщины стенки правого желудочка следует проводить в субкостальной четырехкамерной позиции в двумерном или М-режиме в диастолу (рис. 8.6). Данная позиция исключает завышение размера стенки за счет попадания в измерение эпикардального жира или трабекул правого желудочка. В норме толщина стенки правого желудочка в диастолу не должна превышать 5 мм.

По мере прогрессирования легочной гипертензии, объемной перегрузки и дилатации правого желудочка развивается гемодинамически значимая трикуспидальная недостаточность, обуславливающая увеличение правого предсердия.

Увеличение давления в правом предсердии может быть выявлено при исследовании нижней полой вены (Rein, A.J. 1982, Meltzer, R.S., 1982, Gullace, G. 1984). При легочной гипертензии нижняя полая вена расширяется и теряет способность спадаться на вдохе (Kircher, B.J., 1990).

- Давление в правом предсердии составляет 0 - 5 мм рт. ст., если размеры правых камер сердца не дилатированы, спадание нижней полой вены после глубокого вдоха превышает 50% и её диаметр не более 17 мм.

- Давление в правом предсердии принимают равным 5 - 10 мм рт. ст., если размеры правых камер сердца умеренно дилатированы, нижняя полая вена спадается после глубокого вдоха более 50%, но её диаметр нормальный (15 - 20 мм).

- Давление в правом предсердии принимают равным 10 - 15 мм рт. ст., если размеры правых камер сердца дилатированы, нижняя полая вена

спадается после глубокого вдоха менее на 50% и её диаметр нормальный (15 - 20 мм).

- Давление в правом предсердии принимают равным 15 - 20 мм рт. ст., если размеры правых камер сердца значительно дилатированы, нижняя полая вена спадается после глубокого вдоха менее на 50% и её диаметр расширен более 25 мм.

- Давление в правом предсердии принимают равным более 20 мм рт. ст., если размеры правых камер сердца значительно дилатированы, нижняя полая вена не реагирует на вдох, расширена более 25 мм и расширена печёночная вена.

В табл. 8.1 приведен расчет давления в правом предсердии (Otto С.М. 2000).

*Таблица 8.1.*

**Расчет давления в правом предсердии**

<b>Диаметр нижней полой вены (мм)</b>	<b>Реакция на вдох</b>	<b>Давление в правом предсердии (мм рт. ст.)</b>
менее 15 мм	спадание	0 - 5
15 - 25 мм	более 50%	5 - 10
15 - 25 мм	менее 50%	10 - 15
более 25 мм	менее 50%	15 - 20
то же + расширение печеночной вены	не реагирует	более 20

Диаметр печеночной вены в месте ее впадения в нижнюю полую вену не должен превышать 7 мм (рис. 8,7).

Нижняя полая вена небольших размеров исключает повышение давления в правом предсердии (Фейгенбаум Х. 1999).

При легочной гипертензии возможно расширение легочной артерии (рис. 8.8).

При хорошем ультразвуковом окне легочную артерию удаётся визуализировать из парастерального доступа по короткой оси вплоть до ее бифуркации (рис. 8.9).

Практически у всех больных бифуркацию легочной артерии и её ветви можно обнаружить при чреспищеводном ЭхоКГ исследовании. При тромбозе легочной артерии тромбы удается визуализировать на чреспищеводной ЭхоКГ. Чувствительность метода чреспищеводной ЭхоКГ в диагностике тромбоэмболии легочной артерии достигает 88% против 11 % при исследованиях из трансторакального подхода, специфичность метода составляет 97%. Проведение чреспищеводной ЭхоКГ показано всем больным, у которых по данным изотопного исследования вентиляции/перфузии (V/Q) имеется вероятность промежуточной тромбоэмболии легочной артерии и какие-либо признаки тромбоза глубоких вен бедра (Абдуллаев Р.Я. 1998).

### **Допплер-ЭхоКГ**

Допплер-ЭхоКГ является главным методом определения давления в легочной артерии. Он дает возможность точного неинвазивного определения давления в легочной артерии и проведение его мониторинга.

С помощью доплер-ЭхоКГ у больных легочной гипертензией можно определить:

- систолическое давление в легочной артерии,
- диастолическое давление в легочной артерии,
- среднее давление в легочной артерии,
- легочное сосудистое сопротивление.

Главным методом определения давления в легочной артерии является использование струи трикуспидальной регургитации. Этот метод является наиболее удобным и точным. Выявлена его хорошая корреляция с инвазивными методами расчета. Это позволяет сократить число инвазивных вмешательств у больных с легочной гипертензией.

Минимальная недостаточность трехстворчатого клапана регистрируется почти у большинства здоровых людей и не имеет никакой клиниче-

ской значимости. Возможность измерить систолическое давление в легочной артерии существует даже при минимальной трикуспидальной регургитации. Как уже отмечалось, при легочной гипертензии развивается гемодинамически значимая трикуспидальная недостаточность.

Для расчета скоростей и градиентов методом доплер-ЭхоКГ большое значение имеет направление луча. Угол между потоком трикуспидальной регургитации и лучом должен быть минимальным. Направление луча хорошо контролируется методом цветовой доплер-ЭхоКГ. Неточная ориентация ультразвукового луча приводит к недооценке тяжести легочной гипертензии. Наиболее часто максимальную скорость потока трикуспидальной регургитации удается получить при использовании апикальной четырехкамерной позиции (рис. 8.10).

### **Расчет максимального систолического давления в легочной артерии**

Систолическое давление в легочной артерии и в правом желудочке (при отсутствии стеноза клапана легочной артерии) близко по значению. В то же время систолическое давление в правом желудочке равно сумме максимального транстрикуспидального градиента и давления в правом предсердии. Трикуспидальный градиент можно рассчитать из максимальной скорости кровотока через трехстворчатый клапан.

Максимальная скорость кровотока через трёхстворчатый клапан вычисляется постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ из позиции, дающей максимальное значение (рис. 8.11).

По максимальной скорости кровотока можно рассчитать максимальный градиент давления. В основу расчета клапанного градиента давления положено упрощенное уравнение Бернулли (Penn I.M. 1988), согласно которому  $\Delta P = 4V^2$ , где  $V$  - максимальная скорость кровотока трикуспидальной регургитации.

В нашем примере при максимальной скорости кровотока через трехстворчатый клапан 6,31 м/с максимальный градиент давления между правым желудочком и легочной артерией – 159 мм рт. ст.

Для расчета максимального систолического давления в легочной артерии необходимо к трикуспидальному градиенту прибавить давление в правом предсердии. У нашей больной выраженное расширение правых отделов, отсутствует реакция нижней полой вены на глубокий вдох и её диаметр равен 27 мм, расширена печеночная вена. Следовательно, давление в правом предсердии можно принять за 20 мм рт. ст. (см. выше). Таким образом, максимальное систолическое давление в легочной артерии будет равно 159 мм рт. ст. + 20 мм рт. ст. = 179 мм рт. ст.

В норме систолическое давление в легочной артерии не превышает 25 мм рт. ст. Степень легочной гипертензии по максимальному систолическому давлению в легочной артерии представлена в табл. 8.2.

*Таблица 8.2.*

**Степень легочной гипертензии  
по максимальному систолическому давлению в легочной артерии**

Степень легочной гипертензии	Систолическое давление в легочной артерии
Умеренная	30 - 50 мм рт. ст.
Значительная	50 - 80 мм рт. ст.
Выраженная	Более 80 мм рт. ст.

Существует выраженная корреляция расчета систолического давления в легочной артерии между данными вентрикулографии и доплер-ЭхоКГ.

**Расчет конечно-диастолического давления в легочной артерии**

Конечно-диастолическое давление в легочной артерии рассчитывают по скорости струи регургитации через клапан легочной артерии. В режиме непрерывно-волновой доплер-ЭхоКГ необходимо получить по-

ток легочной регургитации. Скорость этого потока измеряется в конце диастолы (рис. 8.12).

Конец диастолы, где надо измерять конечно-диастолическую скорость, совпадает с пиком зубца R на ЭКГ. В нашем примере скорость потока легочной регургитации в конце диастолы 3,57 м/с.

Скорость потока диастолической легочной регургитации зависит от диастолического градиента давления между легочной артерией и правым желудочком. По уравнению Бернулли, расчет конечно-диастолического градиента давления между правым желудочком и легочной артерией проводится по формуле  $\Delta P = 4V^2$ , где V – конечная скорость легочной регургитации. В нашем примере  $4 \cdot 3,57 \cdot 3,57 = 50,9$  мм рт. ст.

Конечно-диастолическое давление в легочной артерии приблизительно равно конечно-диастолическому давлению в правом желудочке и измеряется как сумма конечно-диастолического градиента давления через легочный клапан и давления в правом предсердии.

Градиент давления между легочным стволом и правым желудочком у нашего пациента составил 50,9 мм рт. ст. Если учесть, что был расширен правый желудочек и нижняя полая вена, которая не спадалась на вдохе, расширена печеночная вена, то давление в правом предсердии равно 20 мм рт. ст. (см. выше). Конечно-диастолическое давление в легочной артерии составляет:

$$50,9 \text{ мм рт. ст.} + 20 \text{ мм рт. ст.} = 70,9 \text{ мм рт. ст. (норма – 3-12 мм рт. ст.)}$$

### **Расчет среднего давления в легочной артерии**

### **Расчет среднего давления по максимальной скорости диастолической легочной регургитации**

Исследования показали, что максимальная скорость диастолической легочной регургитации хорошо отражает значения среднего давления в легочной артерии (Masuyama T. 1986). Используя все то же уравнение Бернулли, расчет среднего давления в легочной артерии следует проводить по

формуле  $\Delta P = 4V^2$ , где  $V$  - максимальная скорость легочной регургитации.

В нашем примере (рис. 8.13), если максимальная скорость легочной регургитации равна 4,85 м/с, то среднее давление в легочной артерии =  $4 \cdot 4,85 \cdot 4,85 = 94,09$  мм рт. ст.

### **Расчет среднего давления по отношению времени ускорения потока к времени выброса в выносящем тракте правого желудочка.**

Измерения проводят в импульсно-волновом доплеровском режиме. Контрольный объем помещают сразу же над легочным клапаном в стволе легочной артерии. Допплерограмма нормального легочного систолического потока имеет симметричную форму с примерно одинаковым наклоном обоих участков нарастания и замедления скорости. В норме время ускорения потока в легочной артерии составляет  $134 \pm 24$  мс, а отношение времени ускорения потока к времени изгнания составляет  $0,45 \pm 0,05$  (Kitabake A., 1983).

Легочная гипертензия любого происхождения отражается на форме кривой доплеровского спектра кровотока через легочную артерию. При повышении давления в легочной артерии сокращается время ускорения легочного артериального кровотока (рис. 8.14).

Сокращение времени ускорения до значений равных или менее 90 мс имеет 89 % чувствительности при легочной гипертензии (Абдуллаев Р.Я. 1998).

Степень сокращения времени ускорения легочного кровотока в наибольшей мере коррелирует со значениями среднего давления в ЛА (Mahan G. 1983). На основании этой корреляции был предложен метод определения среднего давления в легочной артерии по формуле:

Ср. давление в ЛА =  $79 - 0,45 \cdot$  время ускорения легочного кровотока

Следует иметь в виду, что время ускорения потока зависит от величины сердечного выброса и от частоты сердечных сокращений. При частоте

те ритма сердца менее 60 и более 100 сокращений в минуту в расчеты необходимо также вносить поправку на ЧСС (Chan K.L. 1987).

Kitabake A. (Kitabake A., 1983) предложена другая формула расчета среднего давления в легочной артерии:

$$\text{Ср. давление в ЛА} = 0,0068 \cdot \text{время ускорения} + 2,1 \text{ мм рт. ст.}$$

Уменьшение соотношения времени ускорения легочного артериального кровотока к времени изгнания так же указывает на увеличение давления в легочной артерии. С помощью специальной таблицы (табл. 8.3) по отношению времени ускорения (ВУ) легочного артериального кровотока к времени изгнания (ВИ) можно рассчитать среднее давление в легочной артерии (Otto С.М. 1995).

Таблица 8.3.

**Расчет среднего давления в легочной артерии по соотношению времени ускорения легочного артериального кровотока к времени изгнания**

ВУ/ВИ	Р (мм рт. ст.)	ВУ/ВИ	Р (мм рт. ст.)
0,20	69	0,33	30
0,21	64	0,34	28
0,22	60	0,35	26
0,23	57	0,36	24
0,24	53	0,37	23
0,25	50	0,38	21
0,26	47	0,39	20
0,27	44	0,40	19
0,28	41	0,41	17
0,29	38	0,42	16
0,30	36	0,43	15
0,31	34	0,44	14
0,32	31	0,45	13

*Примечание:* ВУ - время ускорения легочного артериального кровотока, ВИ - времени изгнания легочного артериального кровотока, Р - среднее давление в легочной артерии.

Иногда при легочной гипертензии появляется средне-систолическая зазубренность на доплеровском спектре потока изгнания через легочный

клапан (рис. 8.15). Этот признак является мало чувствительным, но 100% специфичным для легочной гипертензии (Kitabake A., 1983).

При острой тромбоэмболии, если среднее давление в легочной артерии увеличивается до 30 - 40 мм рт. ст., то это соответствует тромбированию около 40% легочного сосудистого русла. Такая массивная тромбоэмболия всегда вызывает острую правожелудочковую недостаточность. В случаях небольшой острой тромбоэмболии ветвей легочной артерии давление в ней может не увеличиваться. Для эпизода острой массивной тромбоэмболии легочной артерии характерно быстрое развитие описанных выше ЭхоКГ-изменений на фоне появления внезапной одышки выраженных системных гемодинамических нарушений. Иногда у таких больных в правых отделах сердца при ЭхоКГ исследовании удается визуализировать проходящие тромбы (рисунок 8.16). Основным источником тромбоэмболии в легочную артерию являются тромбы из глубоких вен нижних конечностей.

У этих больных при наличии открытого овального окна в межпредсердной перегородке создаются гемодинамические предпосылки для попадания тромбов из правого в левое предсердие и развития эпизодов парадоксальной системной эмболии.

При подострой массивной тромбоэмболии среднее давление в легочной артерии увеличивается до 40 мм рт. ст., а систолическое давление возрастает до 70 мм рт. ст. и более (Kasper W. 1993).

При хронической легочной гипертензии давление в малом круге кровообращения может достигать более высоких значений, так как правый желудочек постепенно адаптируется к перегрузке давлением.

### **Расчет легочного сосудистого сопротивления**

По данным Abbas A.E. (Abbas A.E. 2003) с помощью ЭхоКГ можно весьма точно рассчитать легочное сосудистое сопротивление. Этот параметр особенно важен для решения вопроса о целесообразности закрытия дефектов межпредсердной, межжелудочковой перегородки и открытого артериального протока. По легочному сосудистому сопротивлению судят

об обратимости легочной гипертензии. Кроме того, легочное сосудистое сопротивление существенно для отбора больных, которым можно выполнить трансплантацию сердца без большой угрозы последующей острой правожелудочковой недостаточности.

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) измеряют при катетеризации сердца. Оно представляет собой разность между средним давлением в легочной артерии (ДЛА<sub>ср</sub>) и средним давлением в левом предсердии (его считают равным давлению заклинивания легочной артерии, ДЗЛА), поделенную на сердечный выброс (СВ):

$$\text{ЛСС} = [\text{ДЛА}_{\text{ср}} (\text{мм рт. ст.}) - \text{ДЗЛА} (\text{мм рт. ст.})] : \text{СВ} (\text{л/мин}).$$

Числитель этой формулы представляет собой средний градиент давления между легочной артерией и левым предсердием ( $\Delta p$ ). Данная формула дает значение легочного сосудистого сопротивления в так называемых единицах Вуда. Норма для легочного сосудистого сопротивления - до 1,7 ед. Вуда. Чтобы перевести единицы Вуда в стандартные единицы ( $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$ ), надо полученный результат умножить на 80.

Эхокардиографический метод расчета лёгочного сосудистого сопротивления таков. Исходя из предположения, что есть прямая зависимость между  $\Delta p$  и максимальной скоростью трикуспидальной регургитации (TRV), с одной стороны, и между сердечным выбросом СВ и интегралом линейной скорости в выносящем тракте правого желудочка ( $\text{VTI}_{\text{RVOT}}$ ), с другой, вычисляют отношение между двумя этими доплеровскими параметрами. Исследование показало, что следующая формула дает весьма точную оценку ЛСС доплеровским методом:

$$\text{ЛСС (ед. Вуда)} = 10 \cdot \text{TRV}(\text{м/с}) / \text{VTI}_{\text{RVOT}}(\text{см}).$$

Особенно точна оказалась данная формула при отношении  $\text{TRV}/\text{VTI}_{\text{RVOT}} > 0,2$ , т.е. при повышенном легочном сосудистом сопротивлении.

Заметим, что для получения кровотока в выносящем тракте правого желудочка контрольный объем надо ставить прямо под створки клапана

легочной артерии так, чтобы получить сигнал от их закрытия, но не раскрытия.

Пример расчета легочного сосудистого сопротивления доплеровским методом приведен на рис. 8.17.

Расчет лёгочного сосудистого сопротивления доплеровским методом. Здесь максимальная скорость трикуспидальной регургитации (слева) равна 3,6 м/с, интеграл линейной скорости в выносящем тракте правого желудочка (справа) - 6,5 см. Следовательно, легочное сосудистое сопротивление равно  $10 \cdot 3,6/6,5 \approx 5,5$  ед. Вуда, что говорит о значительной лёгочной гипертензии. При катетеризации сердца лёгочное сосудистое сопротивление тоже оказалось высоким, оно составило 6 ед. Вуда.

## Литература

1. *Абдуллаев Р.Я., Соболев Ю.С., Шиллер Н.Б., Фостер Э.* Современная эхокардиография. - Харьков, 1998.
2. *Митьков В.В., Сандриков В.А.* Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. - М. Видар, 1998.
3. *Шиллер Н., Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. - М., 2005.
4. *Фейгенбаум Г.* Эхокардиография. 5-е издание (перевод с английского под редакцией В.В. Митькова), - М., 1999.
5. *Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, Appleton CP, Moreno CA, Lester SJ.* A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance. // J Am Coll Cardiol 41:1021. 2003.
6. *Chan K.L. et al.* Comparison of three Doppler ultrasound methods in the prediction of pulmonary artery pressure. // J. Am. Coll. Cardiol. 9:549-554, 1987.

7. *Dittrich H.C., Nicod P.H., Chow L.C., Chappuis P.P., Moser K.M., and Peterson K.L.*: Early changes of right heart geometry after pulmonary thromboendarterectomy. //J. Am. Coll. Cardiol., 11:937, 1988.
8. *Gullace G. and Savoia M.T.*: Echocardiographic assessment of the inferior vena cava wall motion for studies of right heart dynamics and function. //Clin. Cardiol., 7:393, 1984.
9. *Kasper W., Geibel A., Tiede N. et al.*: Distinguishing between acute and subacute massive pulmonary embolism by conventional and Doppler echocardiography. //Br. Heart J. 70:352-356, 1993.
10. *King M.E., Braun H., Goldblatt A., Liberthson R., and Weyman A.E.*: Interventricular septal configuration as a predictor of right ventricular systolic hypertension in children: A cross-section echocardiographic study. // Circulation, 68:68, 1983.
11. *Kircher B.J., Himelman R.B., and Schiller N.B.*: Non-invasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. //Am. J. Cardiol., 66:493, 1990.
12. *Kitabake A., Inoue M., Asao M. et al.*: Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. //Circulation, 68:302-309, 1983.
13. *Mahan G. et al.*: Estimation of pulmonary artery pressure by pulsed Doppler echocardiography (Abstract). //Circulation, 68 (suppl III):367, 1983.
14. *Masuyama T., Kodama K., Kitabatake A. et al.*: Continuous wave Doppler in echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to noninvasive estimation of pulmonary artery pressure. //Circulation, 74:484-492, 1986.
15. *Meltzer R.S., McGhie J., and Roelandt J.*: Inferior vena cava echocardiography. //JCU, 10:47, 1982.
16. *Otto C.M., Pearlman A.S.* Textbook of clinical echocardiograph. Philadelphia; L; Toronto etc.: W.B. - Saunders Co., 1995. P. 239-241, 272-276.
17. *Otto C.M.* Textbook of Clinical Echocardiography. - Saunders, 2000.

18. *Portman M.A., Bhat A.M., Cohen M.H., and Jacobstein M.D.:* Left ventricular systolic circular index: An echocardiography measure of trans-septal pressure ratio. //Am. Heart J., 114:1178, 1987.

19. *Rein A.J., Lewis N., Forst L., Gotsman M.S., and Lewis B.S.:* Echocardiography of the inferior vena cava in healthy subjects and in patients with cardiac disease. //Isr. J. Med. Sci., 18:581, 1982.

20. *Tahara M., Tanaka H., Nakao S., Yoshimura H., Sakurai S., Tei C, and Kashima T.:* Hemodynamic determinants of pulmonary valve motion during systole in experimental pulmonary hypertension. //Circulation, 64:1249, 1981.

## **9. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЭКСТРАКРАНИАЛЬНОГО ОТДЕЛА БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ**

Исследование экстракраниального отдела сонных артерий и артерий вертебрально-базиллярной системы включает в себя последовательное двухстороннее изучение анатомических особенностей и хода магистральных артерий, исследование просвета и стенки сосудов, а также скорости и характера кровотока.

### **9.1 Ультразвуковая диагностика заболеваний сонных артерий**

Дуплексное сканирование сонных артерий проводят в положении пациента лежа на спине. Для улучшения визуализации сонной артерии пациент должен вытянуть шею, опустить плечи, а голову слегка повернуть в противоположную сторону.

Согласно рекомендациям (Агаджанова Л.П., 2000), исследование начинают с поперечного сканирования в режиме цветного доплеровского картирования на уровне нижней трети шеи. Продвигаясь краниально, доходят до бифуркации, а затем в поперечном сечении в В-режиме возвращаются к основанию шеи и изучают состояние стенок сосудов. При поперечном сканировании общая сонная артерия имеет вид круглого образования, кпереди от нее располагается овальная, сплюснутая в переднезаднем направлении яремная вена. Затем необходимо перейти к продольному сканированию, чередуя двухмерный режим с цветным доплеровским картированием. Подвигаясь по ходу общей сонной артерии к углу челюсти, выявляется небольшое расширение - изображение бифуркации. Внутренняя сонная артерия по своему ходу является продолжением общей сонной артерии и располагается латеральнее, а наружная сонная артерия - медиальнее (рис. 9.1.1).

При доплеровском исследовании сосудов контрольный объем устанавливают в центр сосуда, соблюдая правило, чтобы угол между ультразвуковым лучом и анатомическим ходом сосуда составлял менее 60 градусов. Спектр кровотока внутренней сонной артерии имеет высокий диастолический компонент, характерный для артерий, снабжающих кровью паренхиму мозга (область с низким периферическим сопротивлением) (рис. 9.1.2).

Таблица 9.1.1.

**Количественные показатели кровотока  
и диаметр магистральных артерий шеи у здоровых людей**

Артерия	Максимальная скорость кровотока (м/с)	RI	PI	Диаметр, см
БЦС	0,8-1,2	1,1-2,0	3,5-4,5	
ОСА	0,45-1,0	0,6-0,87	1,1-3,5	0,6 - 0,9
ВСА	0,35-1,0	0,6-0,8	0,8-2,82	0,4-0,7
НСА	0,4-1,1	0,8-1,2	1,15-3,95	0,25-0,5
ПА	0,25-0,7	0,61-0,85	0,6-3,0	0,2-0,5

Спектр наружной сонной артерии характеризуется низким диастолическим компонентом, так как она снабжает кровью мышцы и кожу головы, где высокое периферическое сопротивление. Звуковой сигнал внутренней сонной артерии мягкий и шипящий, в то время как наружной сонной артерии – более резкий и отрывистый (рис. 9.1.3).

Для исследования спектра доплеровского сигнала используют количественные (таблица 9.1.1) и качественные характеристики. Качественная характеристика включает оценку формы доплеровского спектра, наличие «окна» под систолическим пиком, уровень диастолического компонента.

В норме доплеровский спектр имеет чистое артериальное окно под систолическим пиком, что свидетельствует о ламинарном характере кровотока. При турбулентном типе кровотока (при сужении артерии более 50%) выявляется заполнение артериального окна под систолическим пиком и повышение линейной скорости кровотока (рис. 9.1.4).

К количественным параметрам относятся: пульсационный индекс *PI* (индекс Гослинга), который определяется как отношение разности максимальной систолической и минимальной диастолической скоростей к средней скорости кровотока за сердечный цикл скорости

$$PI = (V_{S_{\max}} - V_{d_{\min}}) / V_{\text{mean}},$$

где  $V_{S_{\max}}$  - максимальная систолическая скорость,

$V_{d_{\min}}$  - минимальная диастолическая скорость,

$V_{\text{mean}}$  - средняя скорость за сердечный цикл

и индекс периферического сопротивления *RI* (индекс Пурсело), представляющий собой отношение разности максимальной систолической и минимальной диастолической скоростей к максимальной систолической скорости:  $IR = (V_{S_{\max}} - V_{d_{\min}}) / V_{S_{\max}}$ .

Приведенные индексы рассчитываются в полуавтоматическом режиме. Основная роль этих параметров заключается в количественной характеристике периферического сосудистого сопротивления, изменение которого возникает главным образом при нарушении регуляции сосудистого тонуса. Снижение периферического сопротивления и ускорение оттока крови отмечается при вазодилатации, в то время как повышение периферического сопротивления возникает при вазоконстрикции, что обусловлено затруднением оттока крови на периферию.

*Строение артериальной стенки.* Артериальная стенка состоит из трех слоев: интимы (*tunica intima*), меди (туника меди) (*tunica media*) и адвентиции (*tunica adventicia*). Эти три слоя выявляются в виде двухполосного отражения с низкой эхогенностью в центре. Границу комплекса интима-медиа определяют между линиями, соответствующими внутреннему краю адвентиции и краю интимы, соприкасающему с просветом сосуда (рис. 9.1.5). Толщина стенки общей сонной артерии у взрослых людей, которая определяется по ширине комплекса интима-медиа (КИМ), в норме составляет 0,7-0,8 мм и увеличивается с возрастом до 1,0 мм.

Наиболее частой причиной поражения сосудистой стенки является атеросклероз, начальными признаками которого является утолщение комплекса интима-медиа более 1 мм (рис. 9.1.6). Развитие атеросклероза начинается с поражения внутренней оболочки сосуда – интимы в виде уплотнения, утолщения, неоднородности структуры и неровности контуров. (Покровский А.В., 1979). Атеросклеротический процесс чаще встречается в области бифуркации, устья артерий и местах перегибов.

При исследовании необходимо обратить внимание на компенсаторное расширение артериальной стенки на начальных этапах развития атеросклероза. На ранних этапах развития неосложненных атеросклеротических изменений сосуд некоторое время сохраняет округлую форму. Отмечается тенденция к росту атеросклеротической бляшки не в сторону просвета артерии, а от него, такие бляшки называются «муральными». Именно этим феноменом объясняется невозможность в некоторых случаях сопоставить размер атеросклеротических изменений артерии и степень стенозирования ее просвета, так как просвет сосуда даже при значительном объеме бляшки остается интактным (Балахонова Т.В., 2000).

Проводя исследование магистральных артерий, необходимо получить информацию как о степени поражения сосудов, так и о характере строения атеросклеротической бляшки (таблица 9.1.2). В современных условиях дуплексное сканирование является единственной неинвазивной методикой, позволяющей определить характер бляшки и уточнить наличие осложнений в виде кровоизлияния или изъязвления (Reilly S.M. et al., 1983; Кунцевич Г.И., 1999).

Разрыв мелких сосудов внутри атеросклеротической бляшки, а также изъязвления поверхности вследствие разрыва эпителиального слоя могут привести к распаду и эмболии. Изъязвление атеросклеротической бляшки при двухмерном изображении может иметь вид «ниши» или «кратера» (рис. 9.1.7).

## Характер строения атеросклеротических бляшек.

Атеросклеротическая бляшка				
по структуре	по эхогенности	по поверхности	Локализация	
			в продольном плане	в поперечном плане
Гомогенные	Гипоэхогенные	С гладкой поверхностью	Передняя	концентрическая
Гетерогенные	Изоэхогенные	Со сложной поверхностью	Задняя	эксцентрическая: передняя, задняя, медиальная, латеральная
	Гиперэхогенные	Поверхность не видна	Медиальная	
			Латеральная	

Увеличение глубины изъявления более 2 мм повышает эмбологенность атеросклеротической бляшки. При использовании режима цветного доплеровского картирования на поверхности атеросклеротической бляшки в нише выявляются разнонаправленные компоненты потока в виде инверсии цветового кодирования. Детальный анализ характера строения атеросклеротической бляшки (таблица 9.1.2) имеет прогностическое значение: гомогенные бляшки с гладкой поверхностью считаются стабильными и имеют благоприятный прогноз. Гетерогенные бляшки с зонами разной эхогенности, гипоэхогенные бляшки с плотными включениями и образованиями типа «кратер» считаются нестабильными и могут быть причиной развития нарушений мозгового кровообращения вследствие тромбоза сосудов и эмболических осложнений.

***Ультразвуковая классификация атеросклеротической бляшки (по Gray- Weale A.C. et al, 1988 г)***

- 1) однородные пониженной эхогенности,
- 2) неоднородные с преобладанием гипоэхогенных структур,
- 3) неоднородные с преобладанием гиперэхогенных структур,
- 4) однородные гиперэхогенные (с наличием участков кальциноза и без него).

***Ультразвуковая классификация атеросклеротической бляшки***  
***(Балахонова Т.В., 2000 г.)***

*I. Ультразвуковая плотность:*

1. Мягкие.
2. Средней плотности.
3. Плотные.
4. Твердые (кальцинированные).

*II. Структура АСБ:*

1. Гомогенная.
2. Гетерогенная.
  - С преобладанием гипоэхогенного компонента.
  - С преобладанием гиперэхогенного компонента.

*III. Состояние поверхности:*

1. Гладкая.
2. Шероховатая.
3. Изъязвленная.

*IV. По наличию осложнений:*

1. Осложненная.
2. Неосложненная:
  - кровоизлияния,
  - изъязвления,
  - пристеночный тромбоз.

Степень поражения артерий выявляется на основании данных, получаемых при оценке доплеровского спектра кровотока и «локальной степени стенозирования». При измерении «локальной степени стенозирования» учитывается соотношение остаточного просвета с истинным при изображении сосуда в двумерном режиме. Процент стеноза может быть найден двумя способами, на основании расчета поперечного сечения ( $S_A$ ) и по диаметру сосуда ( $S_D$ ). Эти расчеты производятся автоматически с помощью компьютерной программы.

$$S_D = (D_1 - D_2) \times 100\% / D_1,$$

где  $D_1$  – истинный диаметр сосуда,

$D_2$  – проходимый диаметр стенозированного сосуда,

$$S_A = (A_1 - A_2) \times 100\% / A_1,$$

где  $A_1$  – истинная площадь поперечного сечения стенозированного сосуда,

$A_2$  – проходимая площадь поперечного сечения стенозированного сосуда.

При стенозе менее 40% анализ доплеровского спектра не выявляет отклонений от нормы, основным способом определения степени стенозирования является визуализация выступающей в просвет атеросклеротической бляшки. Для более четкой визуализации бляшки применяется метод цветного доплеровского картирования.

При стенозе от 40-60% при доплеровском исследовании отмечается расширение доплеровского спектра с уменьшением или исчезновением артериального окна. Линейная скорость кровотока может быть в пределах нормы или возрастать, однако контур спектра не меняется и не теряет своего пульсирующего характера.

При стенозе 60-90% (рис. 9.1.8-9) в результате уменьшения просвета сосуда увеличивается линейная скорость кровотока. Кровоток теряет свой пульсирующий характер, отмечается значительное расширение доплеровского спектра и исчезновение артериального окна, а также изменение звукового сигнала на слух. В режиме цветного доплеровского картирования при выраженном стенозе регистрируется изменение интенсивности окрашивания на участке поражения за счет наложения спектров, тем самым облегчая обнаружение участка максимального сужения просвета сосуда. В отдельных случаях инверсия цвета над пораженным участком является единственным маркером стенозирования.

При оценке поражения сосудистой стенки наряду с измерением процента стеноза рекомендуется измерение скорости и оценка спектра кровотока до-, над- и постстенотических участках для выявления выраженности стенозирования. Как правило, дистальнее места стенозирования поток ста-

новится вновь ламинарным, и доплеровский спектр кровотока восстанавливается и появляется артериальное окно под систолическим пиком.

При стенозе более 90% отмечается значительное снижение скорости кровотока и деформация доплеровского спектра над зоной поражения. Наиболее оправданным в данной ситуации является исследование сосудов в режиме цветного доплеровского картирования как в продольной, так и поперечной плоскости, который позволяет выявить проходимость сосуда. Полное отсутствие кровотока по данным цветного доплеровского картирования и доплеровского спектра кровотока указывает на полную окклюзию артерии. В двумерном режиме визуализируются стенки артерий, гипоэхогенный просвет сосуда, заполненный гиперэхогенными массами. Со временем дифференцировка стенок и просвета артерий с окружающими тканями исчезает.

У некоторых пациентов наблюдается повышение скорости кровотока без видимых поражений стенок артерий и атеросклеротических бляшек. К стенозированию кровотока и повышению линейной скорости кровотока может привести также извитость (kinking) сонных артерий, обусловленная врожденной неполноценностью строения артериальной стенки (Покровский, А.В., 1992) или вследствие атеросклеротического поражения стенки сосудов у больных с артериальной гипертонией (Афанасьева Е.Д., 2002). Различают разные типы изгибов: S-образные, C-образные и петлеобразные извитости (рис. 9.1.10). Диагностика гемодинамически значимых перегибов основывается на выявлении инверсии цвета (наложении спектров) при цветном доплеровском картировании и увеличении скорости кровотока более чем в 2 раза.

## **9.2. Ультразвуковая диагностика заболеваний позвоночных артерий**

Исследование позвоночных артерий несколько осложняется тем, что большая часть артерии располагается в костном канале. Ход позвоночных

артерий условно разделяется на четыре сегмента (рис. 9.2.1). От устья позвоночной артерии до входа в позвоночный канал поперечных отростков шестого, реже пятого, шейного позвонка располагается первый сегмент (I) (рис. 9.2.2). В канале поперечных отростков от шестого до второго шейных позвонков - второй сегмент (II) позвоночной артерии. От выхода из канала поперечного отростка второго шейного позвонка начинается до входа в череп через большое затылочное отверстие - третий (III) сегмент. Для исследования четвертого интракраниального сегмента (IV) используют трансоксипитальный доступ.

При исследовании второго сегмента ход позвоночной артерии прерывается гипозоногенными поперечными отростками позвонков, что облегчает поиск позвоночной артерии (рис.9.2.3). При дуплексном исследовании позвоночных артерий рекомендуют чередовать В-режим и цветное доплеровское картирование. Двухмерное исследование артерий позволяет проводить морфологическую оценку стенки и внутрисосудистых структур, в то время как режим цветного доплеровского картирования помогает выявить наличие извитостей, гипоплазии, а также других возможных вариантов патологии.

Позвоночные артерии располагаются позади сонных артерий и в режиме цветного доплеровского картирования окрашиваются тем же цветом (красным или синим), что и сонные артерии. Это обусловлено однонаправленным кровотоком в этих сосудах (рис. 9.2.4-5). Появление разнонаправленных потоков при условии линейного хода артерий может указывать на наличие синдрома обкрадывания.

Диаметр позвоночных артерий можно измерить в первом или во втором сегментах. Уменьшение диаметра артерии до 2 мм и менее является признаком гипоплазии. Достаточно часто встречаются асимметрии диаметра позвоночных артерий. Позвоночные артерии имеют низкое периферическое сопротивление, так как принимают участие в кровоснабжении головного мозга. Доплеровский спектр позвоночной артерии монофаз-

ный, имеет высокий уровень диастолической скорости кровотока, непрерывную пульсацию и непрерывный звуковой сигнал на слух.

При гипоплазии позвоночной артерии сигналы доплеровского спектра становятся периферического типа, с реверсивной фазой и низкой диастолической скоростью кровотока. При отсутствии поражения позвоночных артерий появление периферического типа доплеровского спектра указывает на стенозирующие процессы в подключичных артериях, приводящих к формированию стил-синдрома.

В просвете позвоночной артерии можно локализовать атеросклеротическую бляшку, вызывающую стеноз различной степени, вплоть до полной окклюзии. При окклюзии проксимального отдела позвоночной артерии, как правило, отсутствует изображение исследуемой артерии в надключичной области, а в проекции сосцевидного отростка визуализируется просвет артерии с коллатеральным типом кровотока. При окклюзии дистального отдела позвоночная артерия локализуется только в надключичной области, при этом диаметр ее будет редуцированной, а скорость кровотока низкой.

### **9.3. Ультразвуковая диагностика плече-головного ствола и подключичных артерий**

Для получения изображения подключичной артерии (ПкЛА) используют надключичный и подключичный доступы. При надключичном доступе, который применяют для получения I сегмента подключичных артерий (до отхождения позвоночных артерий), датчик располагают в надключичной ямке параллельно ключице при направлении ультразвукового луча вниз и медиально. Для исследования дистальных отделов артерии датчик перемещают под латеральный отдел ключицы (подключичный доступ). Диаметр ПкЛА составляет 0,9-1,1 см. Доплеровский спектр подключичной артерии имеет три компонента: систолическую пульсацию, обусловленную прямым кровотоком, обратный раннедиастолический кровоток в период, связанный с артери-

альным рефлюксом, и отклонение в период поздней диастолы. Такой тип кровотока называют трехфазным магистральным кровотоком (рис.9.3.1).

Причинами поражения плече-головного ствола и подключичных артерий чаще всего являются атеросклероз, неспецифический аорто-артериит, травмы, расслаивающие аневризмы дуги аорты.

При стенозе и окклюзии проксимального отдела подключичной артерии формируются различные варианты синдрома обкрадывания (стил-синдромы). Позвоночная артерия при этом компенсирует кровоснабжение верхней конечности, исполняя роль основного коллатерального сосуда.

Умеренный стеноз подключичной артерии приводит к *образованию начального позвоночно-подключичного синдрома*, что выражается в снижении скорости систолического кровотока в позвоночной артерии и в систолической части доплеровского спектра в появлении дополнительного зубца («провал»).

При гемодинамически незначимом стенозе (70-75%) подключичной артерии кровотоки в позвоночной артерии становятся двунаправленными. Во время систолы кровотоки направляются к руке, и ток становится ретроградным, во время диастолы кровь возвращается к голове и делается антероградным. Этот вариант синдрома обкрадывания называется *неполным, или переходным, стил-синдромом*.

При критическом стенозе, или полной окклюзии, подключичной артерии формируется *полный стил-синдром*. Кровотоки в позвоночной артерии в течение сердечного цикла становятся ретроградными или могут полностью прекращаться, или резко снижаться в поздней диастоле (рис.9.3.2-4).

Для уточнения сегмента поражения и подтверждения наличия стил-синдрома проводят пробу «реактивной гиперемии». При проведении пробы производят искусственную компрессию плечевой артерией манжеткой, соединенной с манометром. Накачивают давление в манжетке до тех пор, пока оно не превысит систолическое артериальное давление, и продолжают компрессию в среднем 3 минуты. В течение всей процедуры регистрируют

кровоток в позвоночной артерии. По окончании компрессии в верхней конечности наступает реактивная гиперемия. В момент резкой декомпрессии плечевой артерии отсутствие каких-либо изменений указывает антероградное направление кровотока, которое связано с окклюзией II и/или III сегментов подключичной артерии – отрицательная проба. При окклюзии I сегмента подключичной артерии в момент декомпрессии будет наблюдаться резкое увеличение скорости кровотока, что соответствует ретроградному направлению кровотока и указывает на положительную пробу «реактивной гиперемии».

### Литература

1. *Агаджанова Л.П.* Ультразвуковая диагностика заболеваний ветвей дуги аорты и периферических сосудов. Атлас. М. 2000.
2. *Аничков М.Н., Лев И.Д.* Клинико-анатомический атлас патологии аорты. Л.: Медицина, 1967.
3. *Верещагин Н.В.* Патология вертебро-базиллярной системы и нарушения мозгового кровообращения.- М.: Медицина, 1980
4. *Джибладзе Д.Н., Покровский А.В., Никитин Ю.М., Лагода О.В.* Значение структуры атеросклеротических бляшек и степени стеноза внутренней сонной артерии в клинике ишемических нарушений мозгового кровообращения.//Ангиология и сосудистая хирургия. -1997.-№2.-С.51-62
5. *Кунцевич Г.И.* Ультразвуковая диагностика в абдоминальной и сосудистой хирургии.- Минск, 1999.
6. *Покровский А.В.* Заболевания аорты и ее ветвей. - М.: Медицина, 1979.
7. *Baldassare D., Biol S., Poli A. et al.* Common carotid intima-media thickness measurement. //Stroke.- 1994.- V 25.- P. 1588-1592.
8. *Clagett G. P., Robinowitz M, Yonkey J.R. et al.* Morphogenesis and clinicopathologic characteristics of recurrent carotid disease.//J Vasc. Surg. - 1986.- V.3.- P. 10-23.

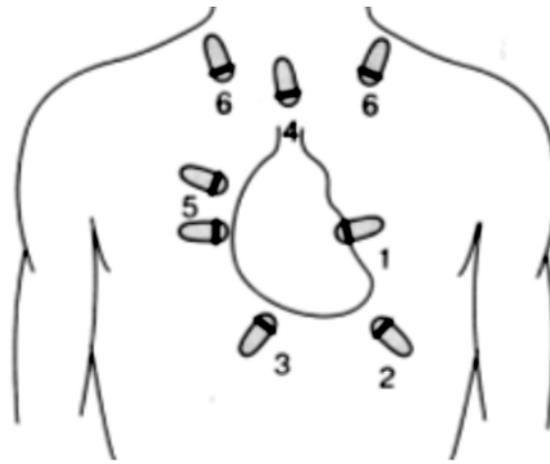


Рисунок 1. Схема локализации датчика для ЭхоКГ исследований.  
 1 – левая парастеральная, 2 – верхушечная, 3 – субкостальная, 4 – супрастерральная, 5 – правая парастеральная, 6 – надключичные позиции

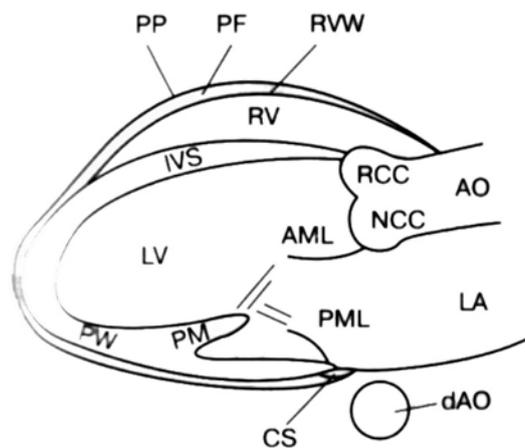


Рисунок 1.1.1. Схема. Парастеральная позиция по длинной оси левого желудочка для митрального и аортального клапанов.  
 LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, IVS – межжелудочковая перегородка, PW – задняя стенка, AO – корень аорты и восходящая аорта, RCC – правая коронарная створка аортального клапана, NCC – некоронарная створка аортального клапана, AML – передняя створка митрального клапана, PML – задняя створка митрального клапана, CS – коронарный синус, dAo – нисходящая аорта, PM - задняя папиллярная мышца.

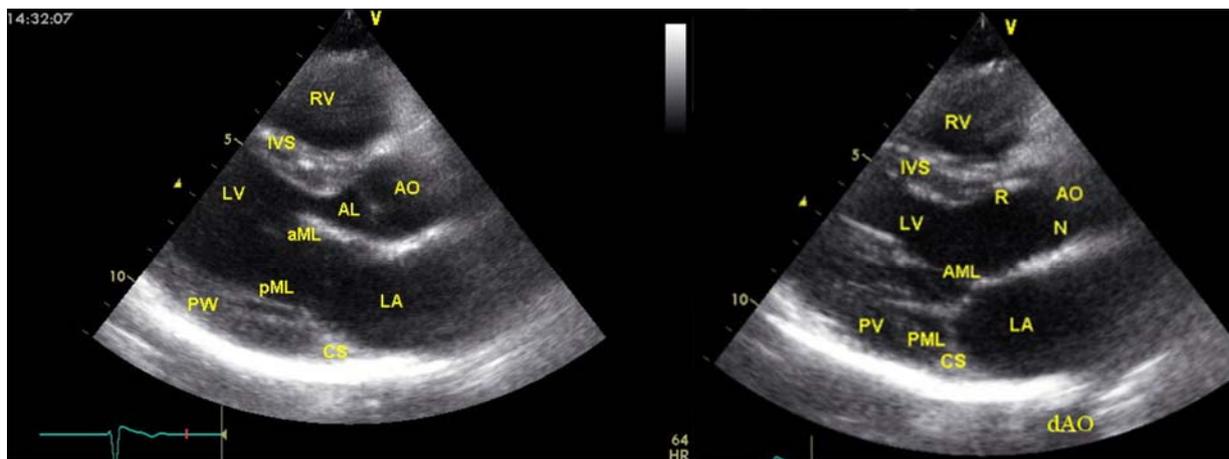


Рисунок 1.1.2. Парастеральная позиция по длинной оси левого желудочка для митрального и аортального клапанов в диастолу (слева) и в систолу (справа). LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, IVS – межжелудочковая перегородка, PW – задняя стенка, AO – корень аорты и восходящая аорта, R – правая коронарная створка аортального клапана, N – некоронарная створка аортального клапана, aML – передняя створка митрального клапана, pML – задняя створка митрального клапана, AL – створки аортального клапана, CS – коронарный синус, dAo – нисходящая аорта.

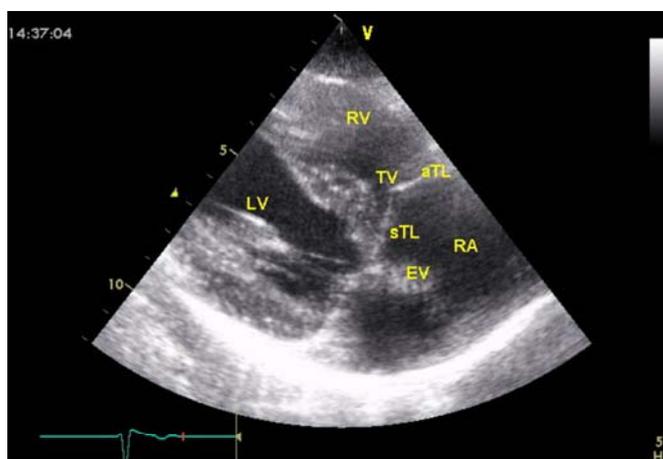


Рисунок 1.1.3. Парастеральная позиция по длинной оси правого желудочка для трикуспидального клапана. aTL – передняя створка трехстворчатого клапана, sTL – перегородочная створка трехстворчатого клапана, TV – трикуспидальный клапан, RV – правый желудочек, RA – правое предсердие, EV – евстахийев клапан, LV – левый желудочек.

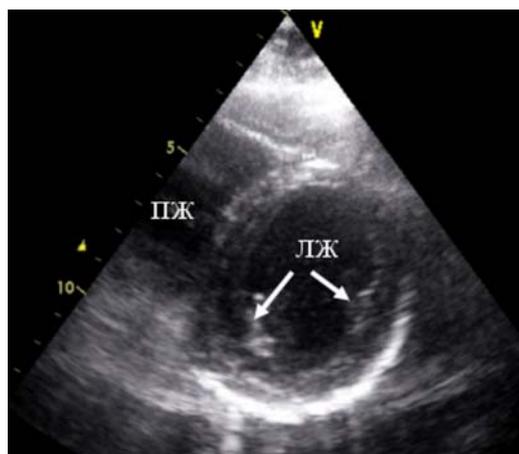


Рисунок 1.1.4. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне папиллярных мышц. Передне-латеральная сосочковая мышца – стрелка справа, ниже-медиальная сосочковая мышца – стрелка слева. ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек.

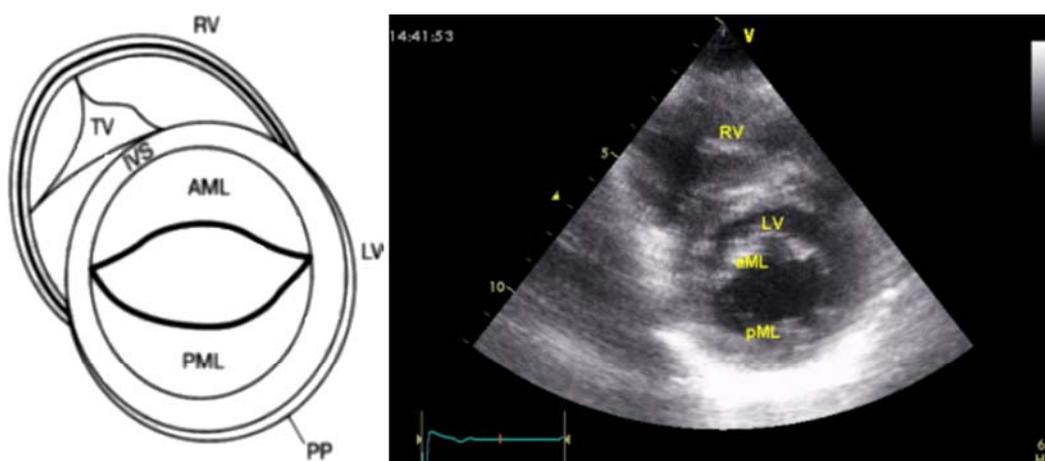


Рисунок 1.1.5. Схема и ЭхоКГ. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне митрального клапана. Клапан полностью открыт. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, AML – передняя створка митрального клапана, PML – задняя створка митрального клапана, TV – трикуспидальный клапан, IVS – межжелудочковая перегородка, PP - перикард.

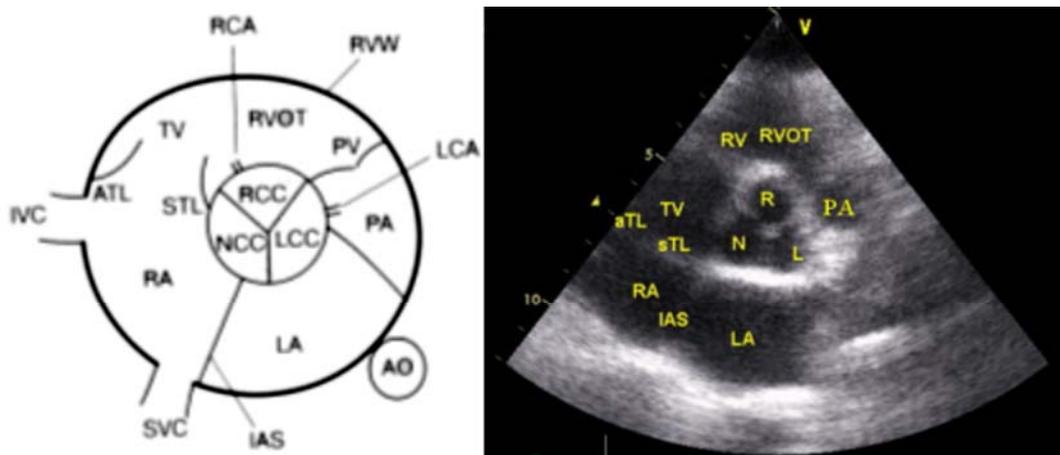


Рисунок 1.1.6. Схема и ЭхоКГ. Парастеральная позиция по короткой оси аортального клапана. LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, RCC (R) – правая коронарная створка аортального клапана, NCC (N) – некоронарная створка аортального клапана, LCC (L) – левая коронарная створка аортального клапана, PA – легочная артерия, TV – трикуспидальный клапан, ATL – передняя створка трехстворчатого клапана, STL – перегородочная створка трехстворчатого клапана, PV – клапан легочной артерии, IAS – межпредсердная перегородка, RCA – правая коронарная артерия, LCA – левая коронарная артерия, IVC – нижняя полая вена, RVOT – выносящий тракт правого желудочка.

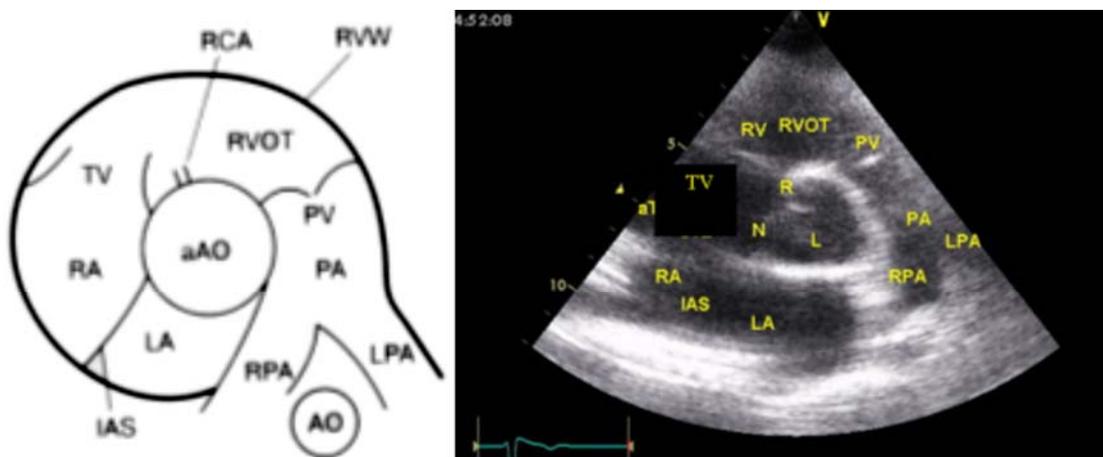


Рисунок 1.1.7. Схема и ЭхоКГ. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне легочного ствола. Ao – корень аорты, RVOT – выносящий тракт правого желудочка, PV – клапан легочной артерии, PA – легочный ствол, RPA – правая легочная артерия, LPA – левая легочная артерия, Ao – нисходящая аорта, LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, TV – трикуспидальный клапан, IAS – межпредсердная перегородка, RCA – правая коронарная артерия, IAS – межпредсердная перегородка, RV – правый желудочек, R – правая коронарная створка аортального клапана, N – некоронарная створка аортального клапана, L – левая коронарная створка аортального клапана.

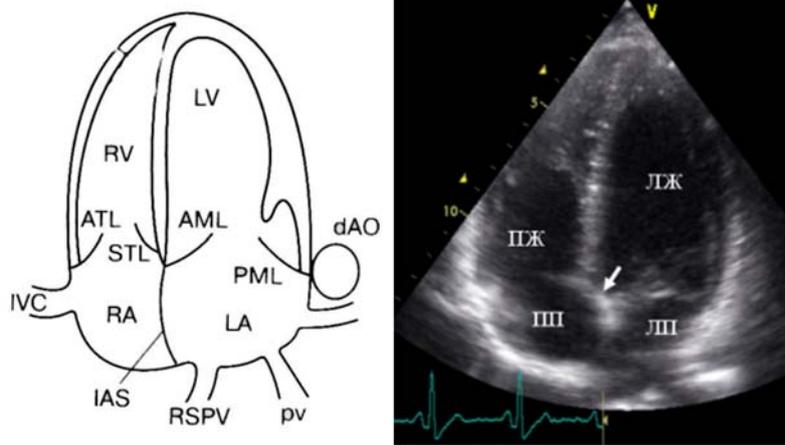


Рисунок 1.1.8. Схема и ЭхоКГ. Апикальная четырехкамерная позиция. Стрелка - предсердно-желудочковая перегородка, отделяющая левый желудочек от правого предсердия. LV (ЛЖ) – левый желудочек, RV (ПЖ) – правый желудочек, LA (ЛП) – левое предсердие, RA (ПП) – правое предсердие, AML – передняя створка митрального клапана, PML – задняя створка митрального клапана, STL – перегородочная створка трехстворчатого клапана, PTL – задняя створка трикуспидального клапана, IAS – межпредсердная перегородка, dAo – нисходящая аорта, IVC – нижняя полая вена.

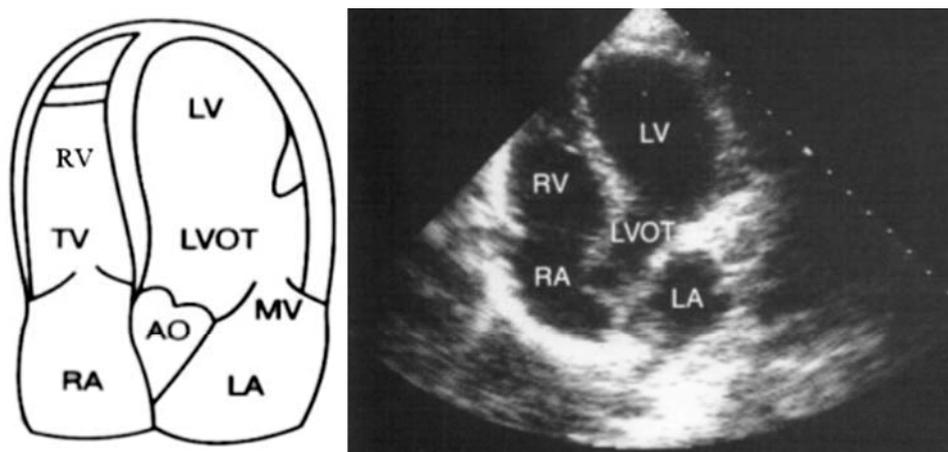


Рисунок 1.1.9. Схема и ЭхоКГ. Апикальная пятикамерная позиция. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, MV – митральный клапан, AO – аорта, LOVT – выносящий тракт левого желудочка, TV – трикуспидальный клапан.

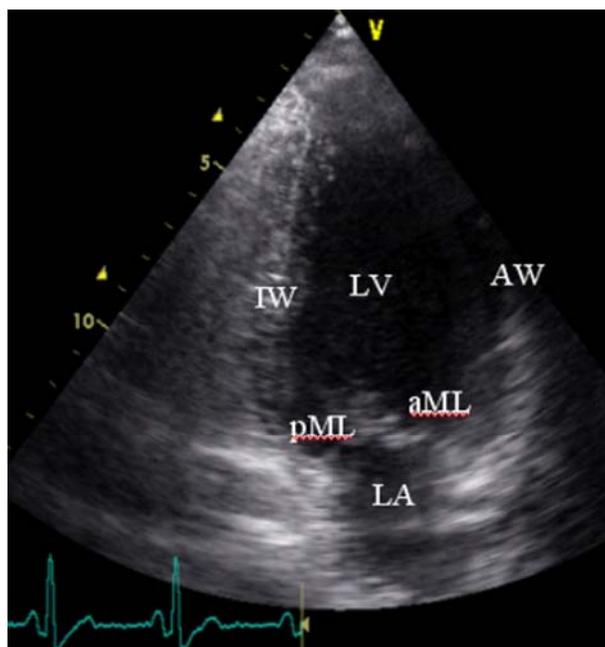


Рисунок 1.1.10. Апикальная двухкамерная позиция. LV – левый желудочек, LA – левое предсердие, RV – правый желудочек, IW – нижняя стенка, AW – передняя стенка.

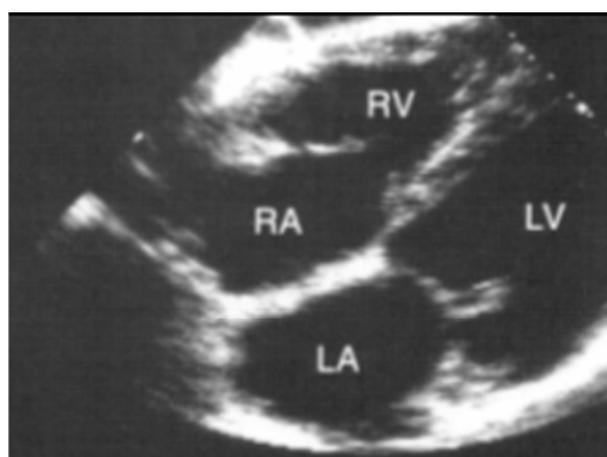
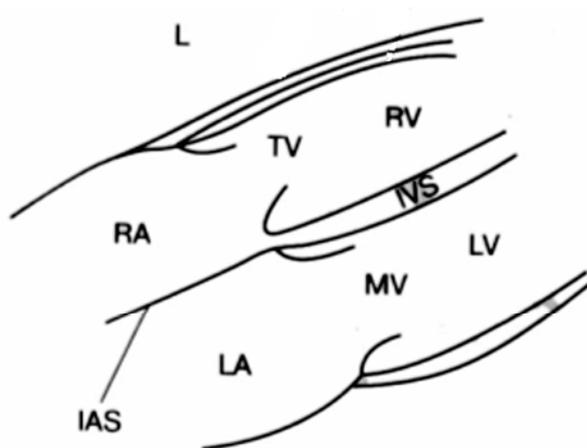


Рисунок 1.1.11. Схема и ЭхоКГ. Субкостальная четырехкамерная позиция. LV – желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, RA – правое предс IAS – межпредсердная перегородка, IVS – межжелудочковая перегородка, L - п MV – митральный клапан, TV – трикуспидальный клапан.

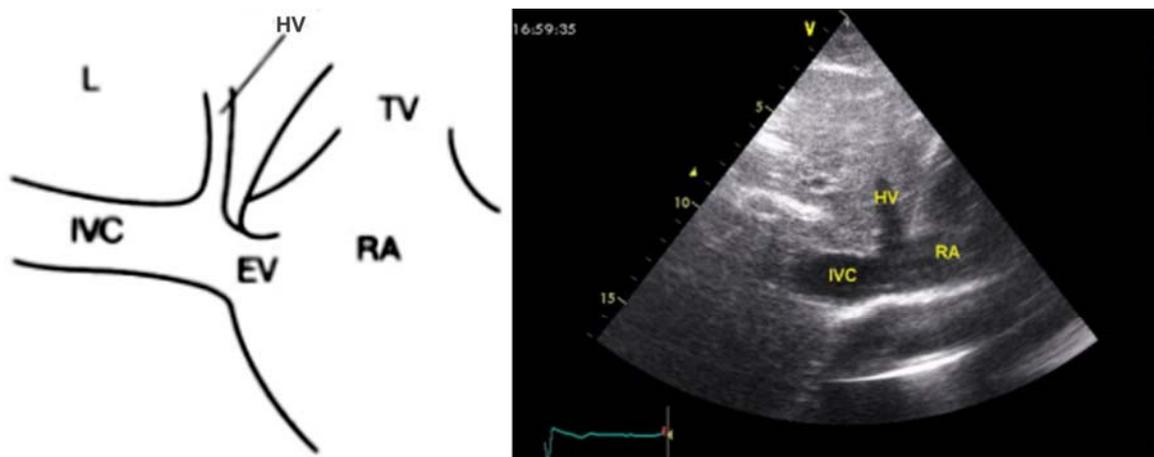


Рисунок 1.1.12. Схема и ЭхоКГ. Субкостальная позиция по длинной оси нижней полой вены. RA – правое предсердие, IVC – нижняя полая вена, HV – средняя печеночная вена, RA – правое предсердие, TV – трикуспидальный клапан, EV – евстахиев клапан, L - печень.

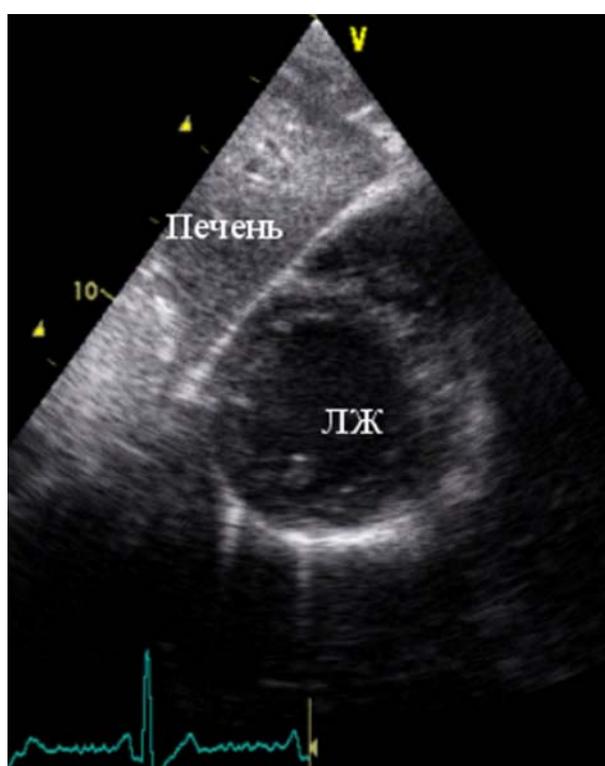


Рисунок 1.1.13. Двумерная ЭхоКГ, субкостальная позиция по короткой оси левого желудочка на уровне верхушки.

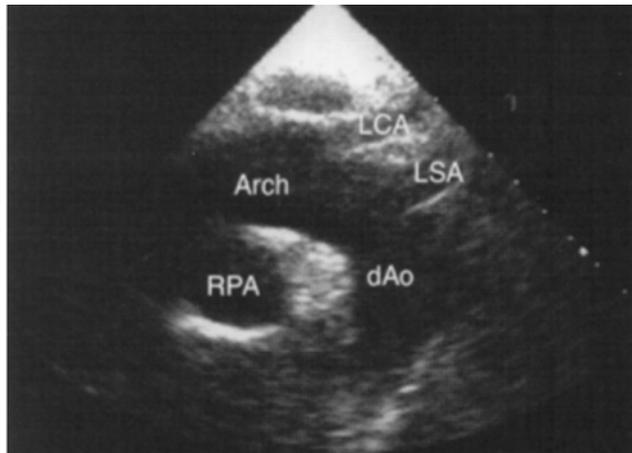
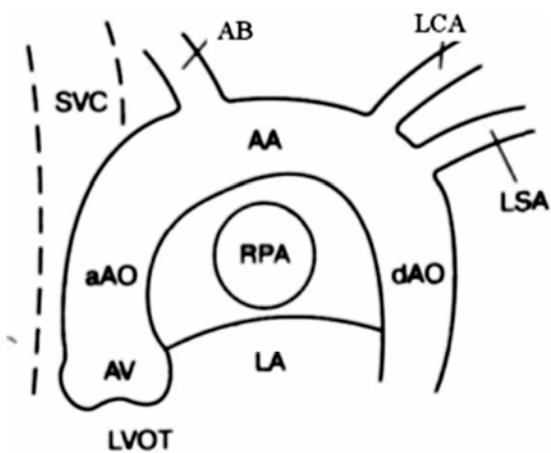


Рисунок 1.1.14. Схема и ЭхоКГ. Супрастернальная позиция по длинной оси дуги аорты. AA (Arch) – дуга аорты, dAo – нисходящая аорта, LOVT – выносящий тракт левого желудочка, LCA – левая сонная артерия, LSA – левая подключичная артерия, RPA – правая легочная артерия, AB – плечеголовная артерия, LA – левое предсердие, SVC – верхняя полая вена.

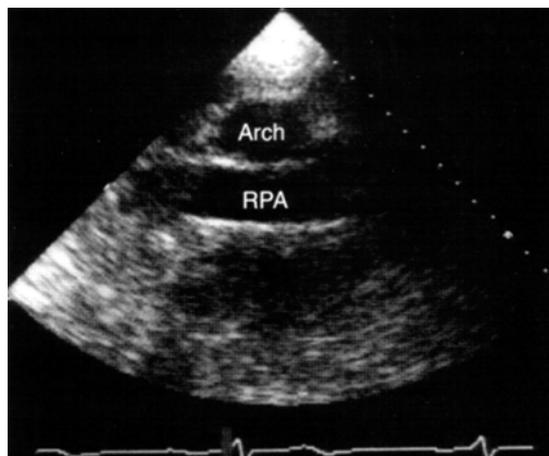


Рисунок 1.1.15. Супрастернальная позиция по короткой оси дуги аорты. Arch – дуга аорты, RPA – правая легочная артерия.

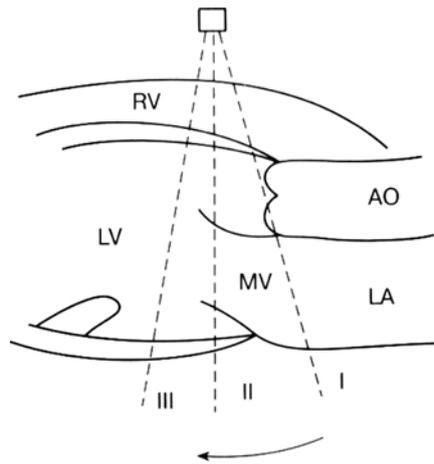


Рисунок 1.2.1. Схема порядка проведения исследования в М-режиме. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, AO – аорта, MV – митральный клапан, LA – левое предсердие.

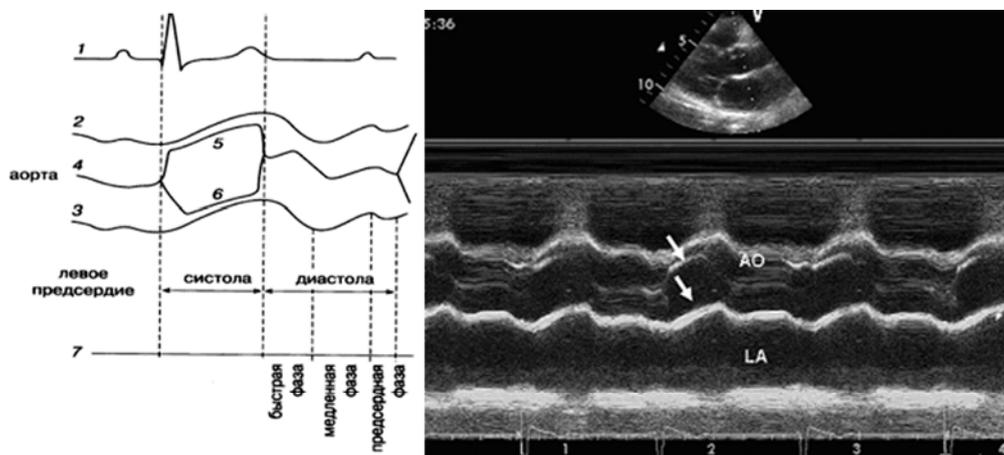


Рисунок 1.2.2. Схема и эхокардиограмма. М-режим, парастернальная позиция по короткой оси на уровне створок аортального клапана. 1 – ЭКГ, 2 и 3 – передняя и задняя стенка аорты, 4 – закрытые створки аортального клапана в диастолу, 5 – правая коронарная створка, 6 – некоронарная створка. АО – аорта, LA – левое предсердие. Правая коронарная створка аортального клапана - стрелка вверх, некоронарная – стрелка вниз.

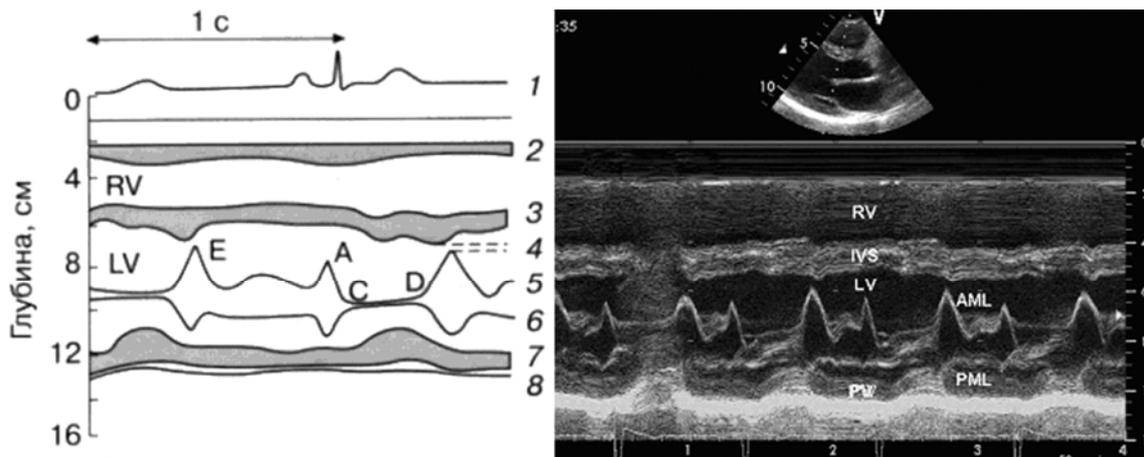


Рисунок 1.2.3. Схема и эхокардиограмма. М-режим, парастернальная позиция по длинной оси на уровне краев створок митрального клапана.

1 – ЭКГ, 2 - стенка правого желудочка, 3 – межжелудочковая перегородка, 4 - расстояние от точки максимального открытия передней створки митрального клапана (Е) до межжелудочковой перегородки, 5 – передняя и 6 – задняя створки митрального клапана, 7 - задняя стенка левого желудочка. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, PW – задняя стенка левого желудочка, AML – передняя створка митрального клапана, PML – задняя створка митрального клапана.

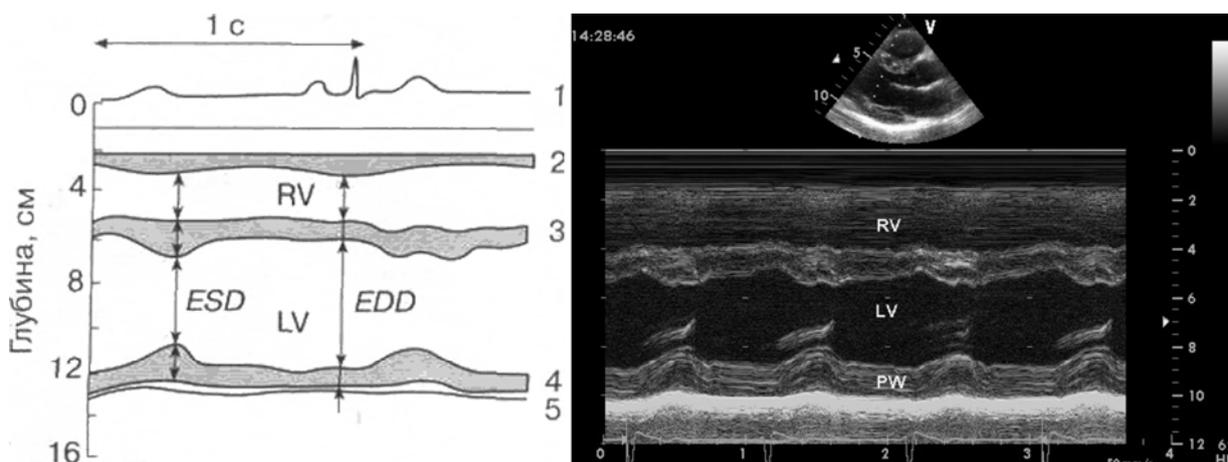


Рисунок 1.2.4. Схема и эхокардиограмма. М-режим, парастернальная позиция по короткой оси. 1- ЭКГ, 2 - стенка правого желудочка, 3 – межжелудочковая перегородка, 4 - задняя стенка левого желудочка, 5 – перикард, RV – правый желудочек, LV – левый желудочек, ESD – конечный систолический диаметр, EDD – конечный диастолический диаметр, PW – задняя стенка левого желудочка.

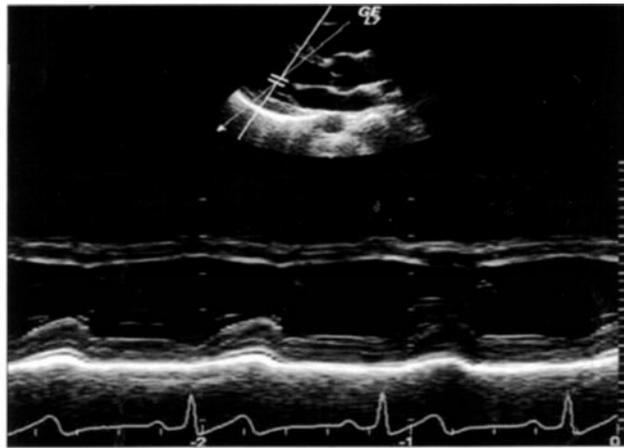
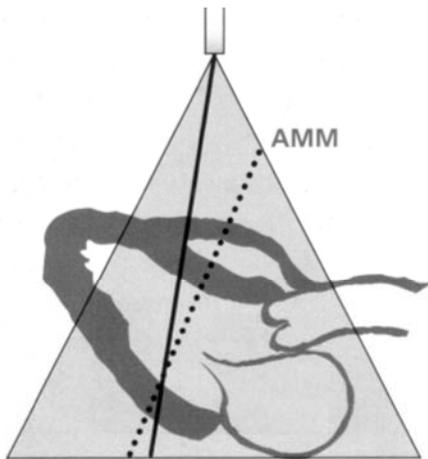


Рисунок 1.2.5. Схема и эхокардиограмма демонстрируют возможности анатомического М-режима. АММ – анатомический М-режим.

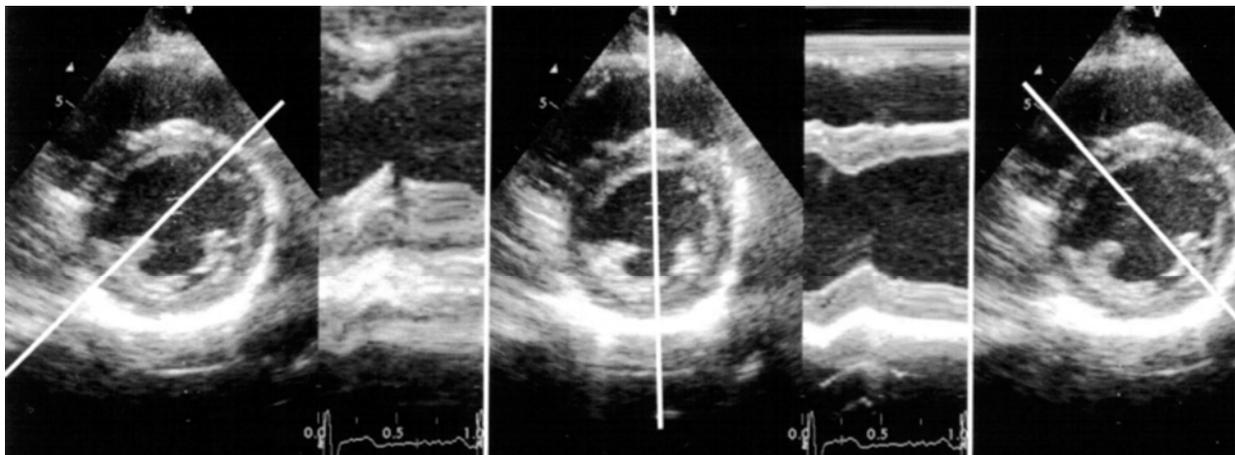


Рисунок 1.2.6. Анатомический М-режим ЭхоКГ одного и того же цикла в разных плоскостях левого желудочка.

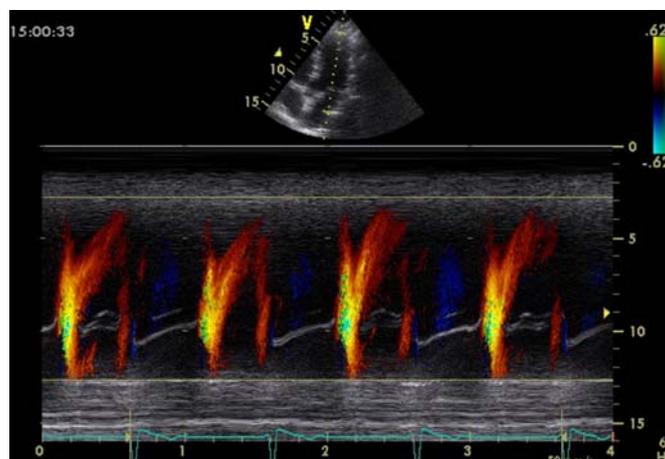


Рисунок 1.2.7. Цветовой М-режим ЭхоКГ. Поток наполнения левого желудочка.

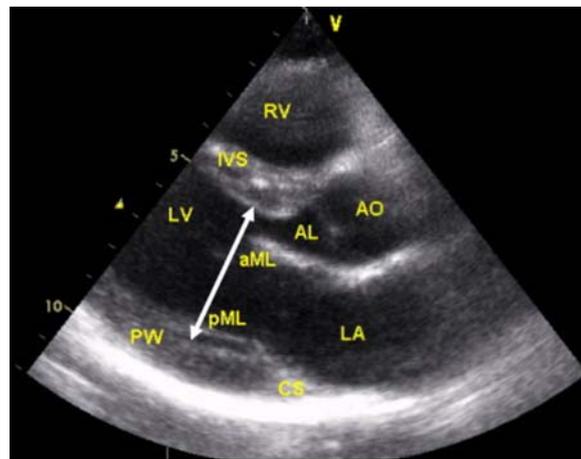


Рисунок 2.1.1. Парастеральная позиция по длинной оси левого желудочка для митрального и аортального клапанов (диастола). Измерение передне-заднего размера левого желудочка (стрелка). LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, IVS – межжелудочковая перегородка, PW – задняя стенка, AO – корень аорты и восходящая аорта, aML – передняя створка митрального клапана, pML – задняя створка митрального клапана, AL – створки аортального клапана, CS – коронарный синус.

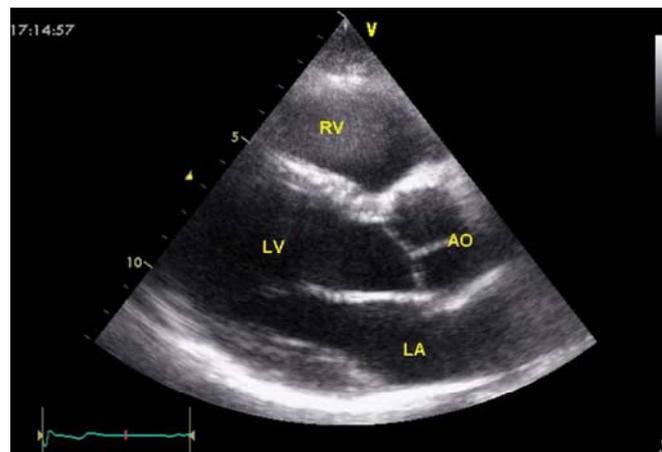


Рисунок 2.1.2. Парастеральная позиция по длинной оси левого желудочка для митрального и аортального клапанов (диастола). Створки аортального клапана не должны пролабировать в выходной тракт левого желудочка. Ao – аорта, LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие.

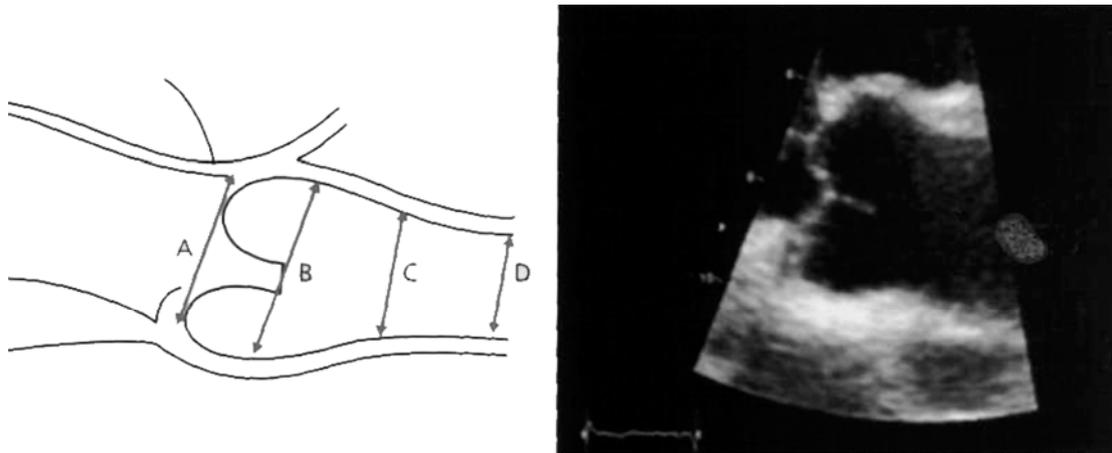


Рисунок 2.1.3. Схема и ЭхоКГ. Измерение корня аорты на уровне выходного тракта левого желудочка (A), синусов Вальсальвы (B), сино-тубулярного соединения (C), проксимальной восходящей аорты (D).

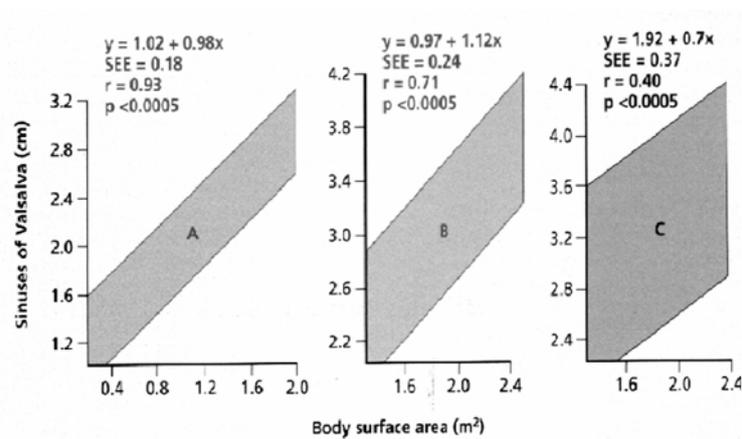


Рисунок 2.1.4. 95% доверительный интервал для диаметра корня аорты на уровне синусов Вальсальвы по отношению к площади поверхности тела у юношей и детей (A), у взрослых моложе 40 лет (B) и старше 40 лет (C).

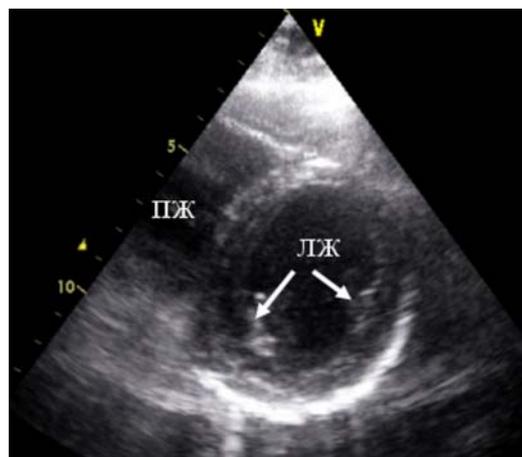


Рисунок 2.1.5. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне папиллярных мышц. Передне-латеральная сосочковая мышца – стрелка справа, ниже-медиальная сосочковая мышца – стрелка слева. ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек.

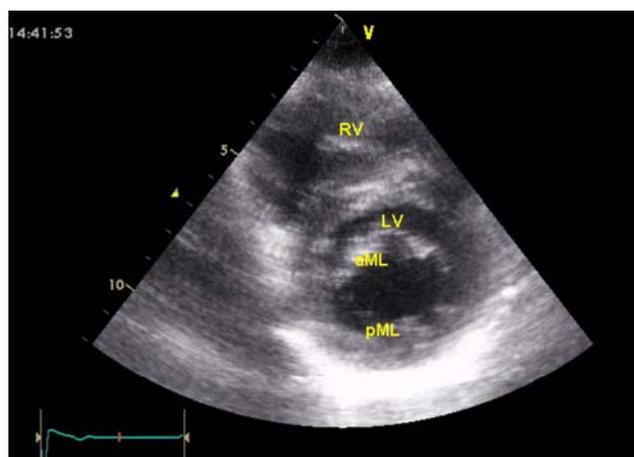


Рисунок 2.1.6. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне митрального клапана: клапан полностью открыт. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, aML – передняя створка митрального клапана, pML – задняя створка митрального клапана.

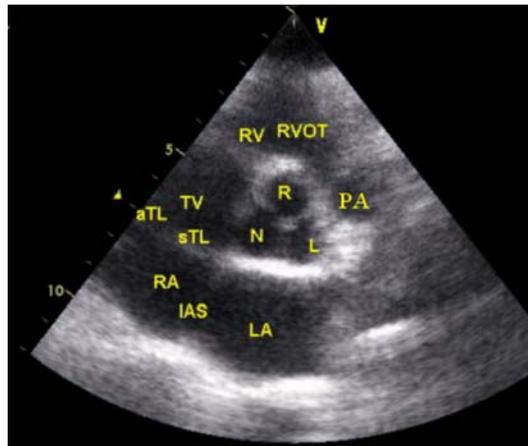


Рисунок 2.1.7. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне аортального клапана. LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, IAS – межпредсердная перегородка, RV – правый желудочек, R – правая коронарная створка аортального клапана, N – некоронарная створка аортального клапана, L – левая коронарная створка аортального клапана, TV – трикуспидальный клапан, aTL – передняя створка трехстворчатого клапана, sTL – перегородочная створка трехстворчатого клапана, RVOT – выносящий тракт правого желудочка, PA – легочный ствол.

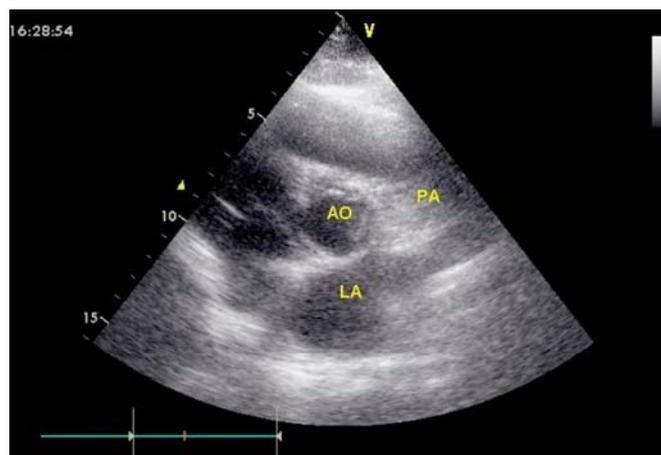


Рисунок 2.1.8. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне аортального клапана. Створки аортального клапана в систолу формируют треугольное отверстие. AO – аорта, LA – левое предсердие, PA – легочный ствол.

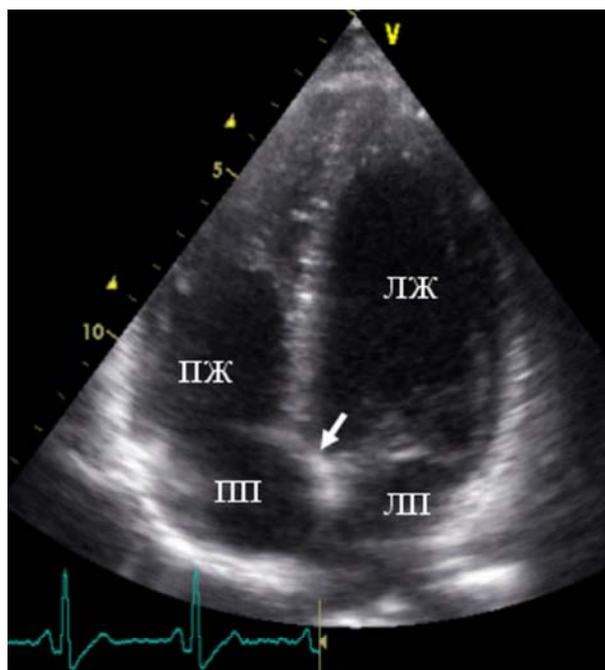


Рисунок 2.1.9. Апикальная четырехкамерная позиция. ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек, ЛП – левое предсердие, ПП – правое предсердие. Стрелка - предсердно-желудочковая перегородка, отделяющая левый желудочек от правого предсердия.

Апикальная четырехкамерная позиция. ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек, ЛП – левое предсердие, ПП – правое предсердие. Стрелка - предсердно-желудочковая перегородка, отделяющая левый желудочек от правого предсердия.

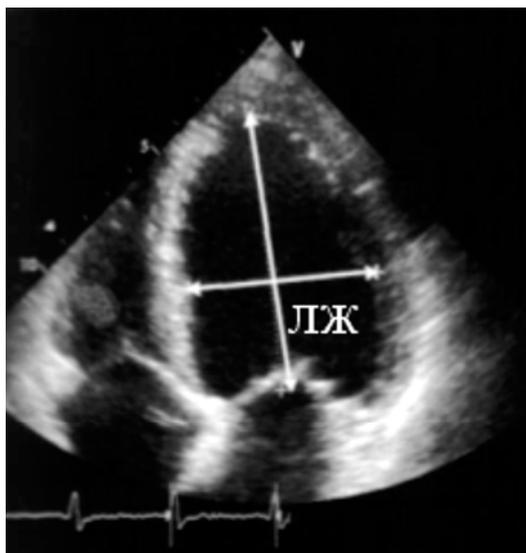


Рисунок 2.1.10. Апикальная четырехкамерная позиция. Индекс сферичности (отношение размеров левого желудочка по короткой и длинной осям) в норме меньше 0,76. ЛЖ – левый желудочек.

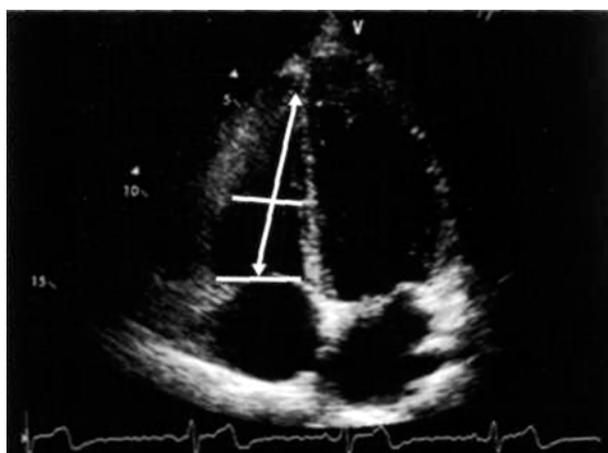
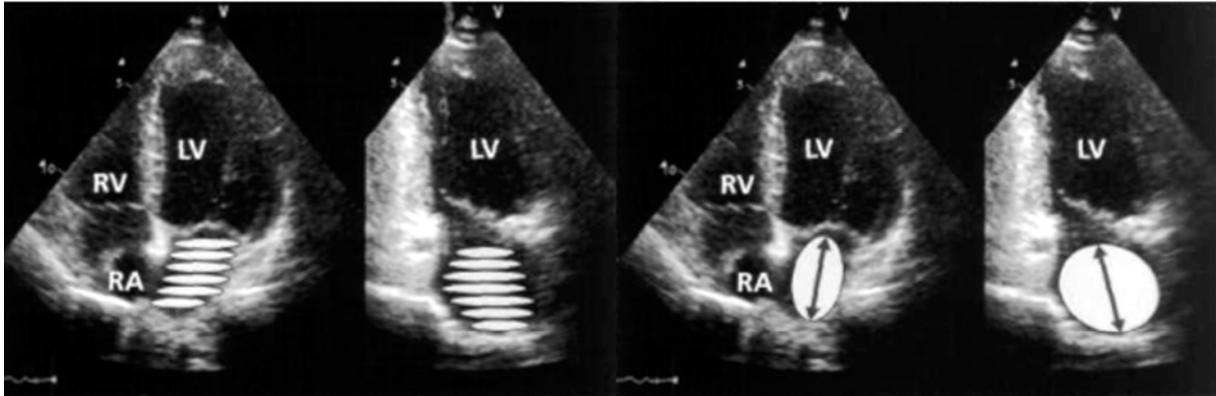


Рисунок 2.1.11. Измерение полости правого желудочка из четырехкамерной вершечной позиции.

Метод Симпсона

2D биплановый метод площадь-длина



Объем =  $\pi/4 (h) \sum (D1) (D2)$

Объем =  $8 A1 \times A2/3 \pi(L)$

Рисунок 2.1.12. Вычисление объема левого предсердия по методу Симпсона и биплановым методом.

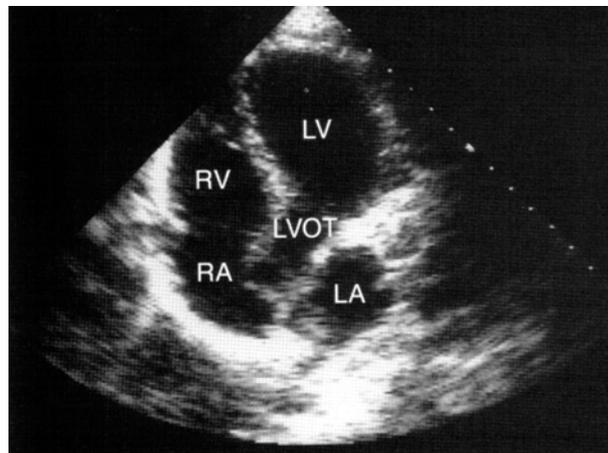


Рисунок 2.1.13. Апикальная четырехкамерная позиция. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, LOVT – выносящий тракт левого желудочка.

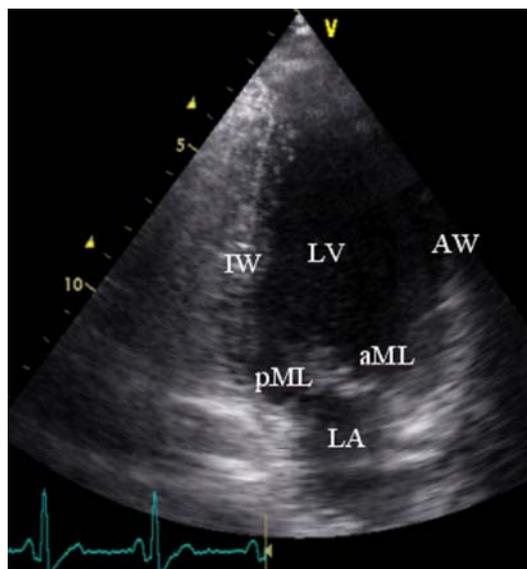


Рисунок 2.1.14. Апикальная двухкамерная позиция. LV – левый желудочек, LA – левое предсердие, IW – нижняя стенка, AW – передняя стенка, aML – передняя створка митрального клапана, pML – задняя створка митрального клапана.

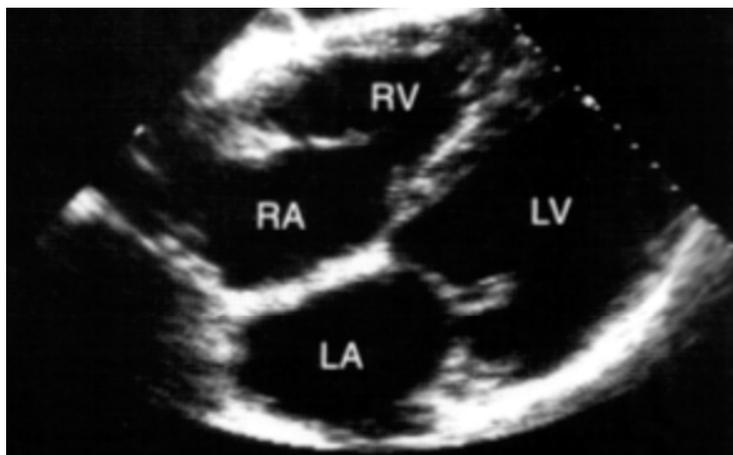


Рисунок 2.1.15. Субкостальная четырехкамерная позиция. LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, LA – левое предсердие, RA – правое предсердие.

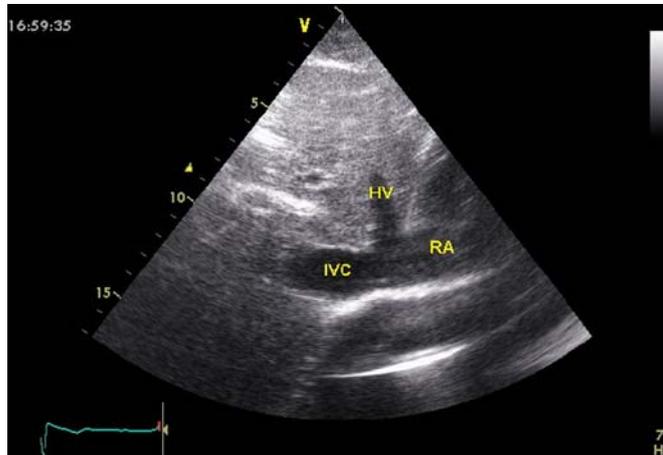


Рисунок 2.1.16. Субкостальная длинная ось нижней полой вены. RA – правое предсердие, IVC – нижняя полая вена, HV – средняя печеночная вена.

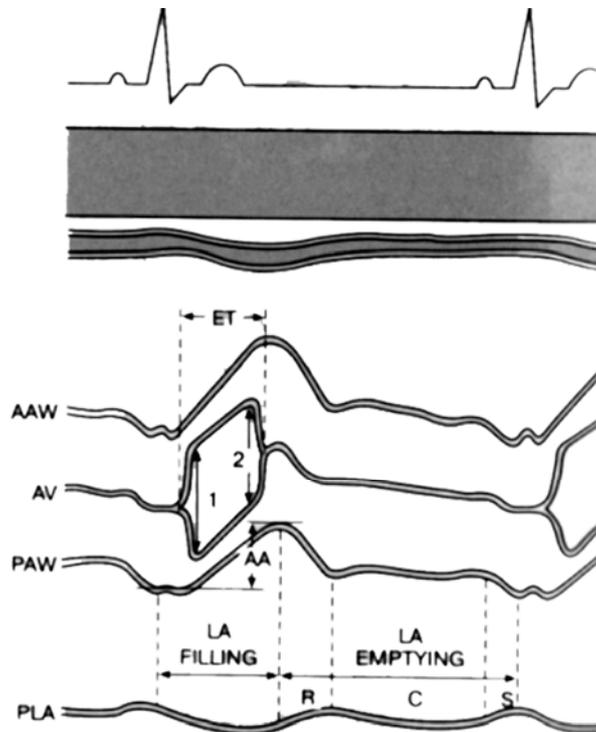


Рисунок 2.2.1. Схема регистрации движения стенок аорты, створок аортального клапана и левого предсердия. AAW – передняя стенка аорты, AV – аортальный клапан, PAW – задняя стенка аорты, PLA – задняя стенка левого предсердия. ET – время выброса, AA – амплитуда движения задней стенки аорты, LA FILLING – фаза наполнения левого предсердия, LA EMPTYING – фаза опорожнения левого предсердия (R – фаза быстрого опорожнения, C – фаза медленного опорожнения, S – фаза систолы предсердий). 1 и 2 – место измерения расхождения створок аортального клапана.

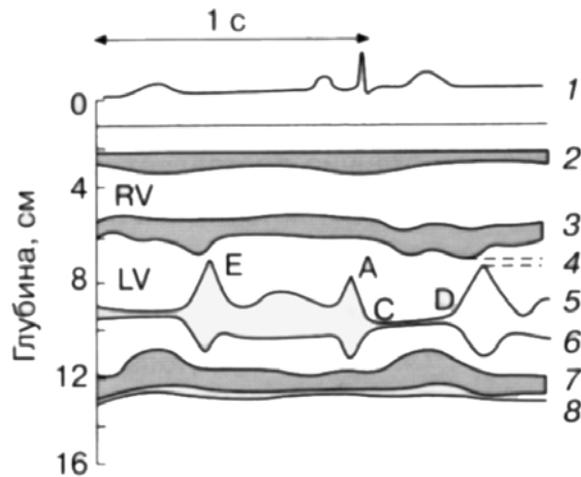


Рисунок 2.2.2. Схема. М-режим, парастернальная позиция по короткой оси на уровне краев створок митрального клапана. 1 - ЭКГ, 2 - стенка правого желудочка, 3 - межжелудочковая перегородка, 4 - расстояние от точки максимального открытия передней створки митрального клапана (Е) до межжелудочковой перегородки, 5 - передняя, 6 - задняя створки митрального клапана, 7 - задняя стенка левого желудочка.

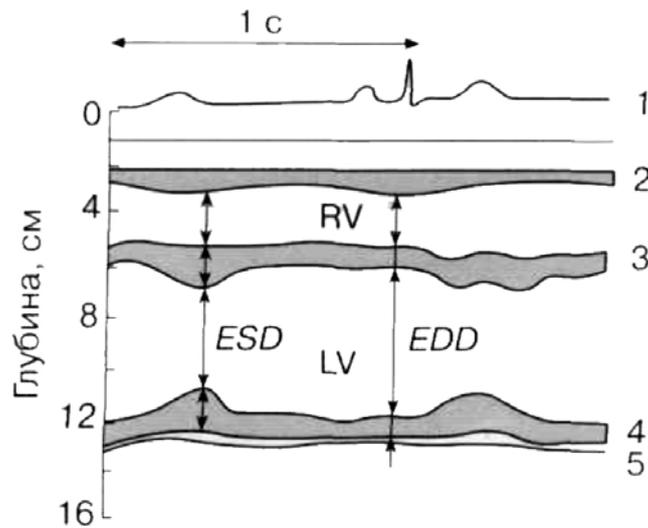


Рисунок 2.2.3. Схема измерений в М-режиме при парастеральной позиции по короткой оси. 1- ЭКГ, 2 - стенка правого желудочка, 3 - межжелудочковая перегородка, 4 - задняя стенка левого желудочка, 5 - перикард, RV - правый желудочек, LV - левый желудочек, ESD - конечный систолический диаметр, EDD – конечный диастолический диаметр.

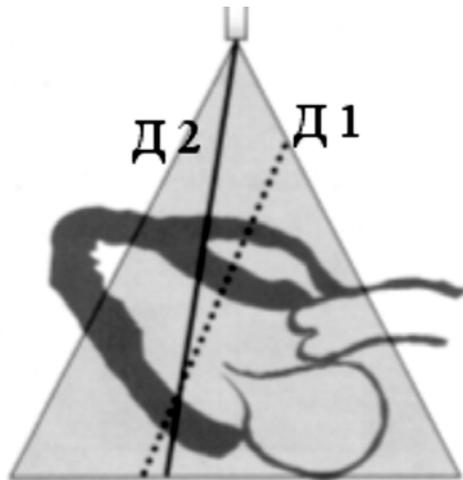


Рисунок 2.2.4. Схема  
двумерного ЭхоКГ  
исследования в  
парастеральной позиции  
по длинной оси. Измерение  
передне-заднего размера  
левого желудочка при  
двумерном исследовании  
(Д1) и при прохождении  
луча в М-режиме (Д2).

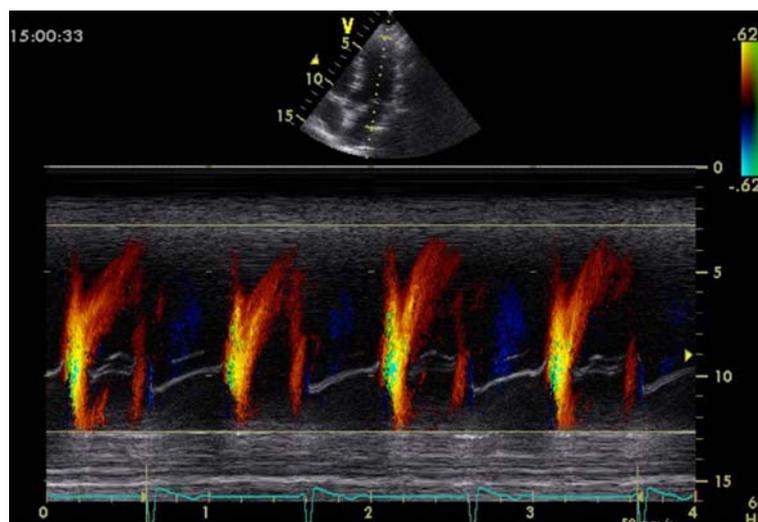


Рисунок 2.3.1. Цветовой М-режим ЭхоКГ. Поток  
наполнения левого желудочка.

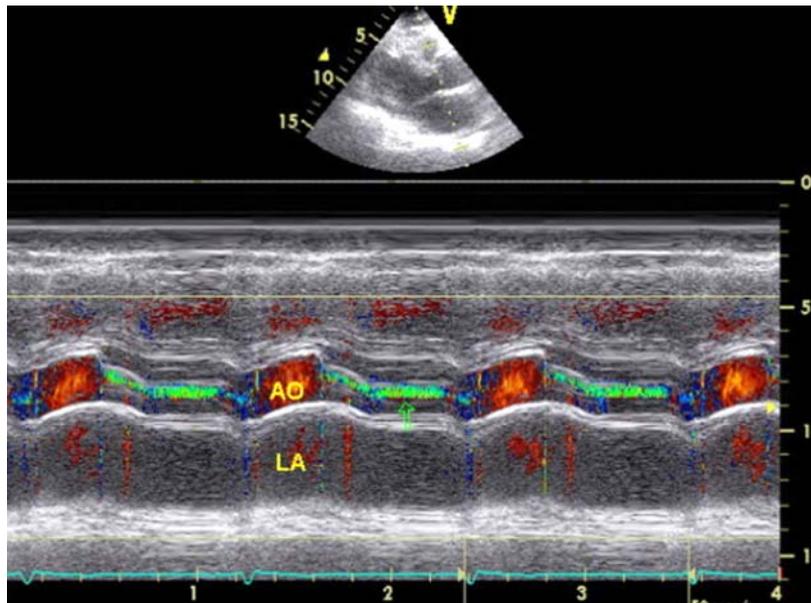


Рисунок 2.3.2. Цветовой М-модальный доплер через выходной тракт левого желудочка. Небольшая аортальная регургитация – зеленый поток в диастолу в нижней части выходного тракта левого желудочка (стрелка). АО – аорта, LA – левое предсердие.

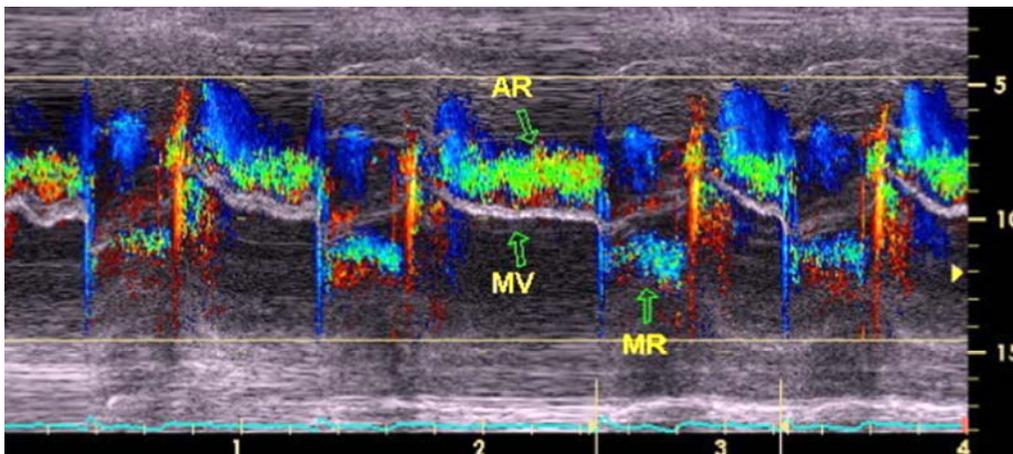


Рисунок 2.3.3. Цветовой М-модальный доплер через выходной тракт левого желудочка. Выраженная аортальная регургитация (AR) – желто-зеленый поток заполняет объем над передней створкой митрального клапана в диастолу (стрелка). Митральная регургитация (MR) заполняет левое предсердие в систолу (стрелка). MV – митральный клапан (стрелка).

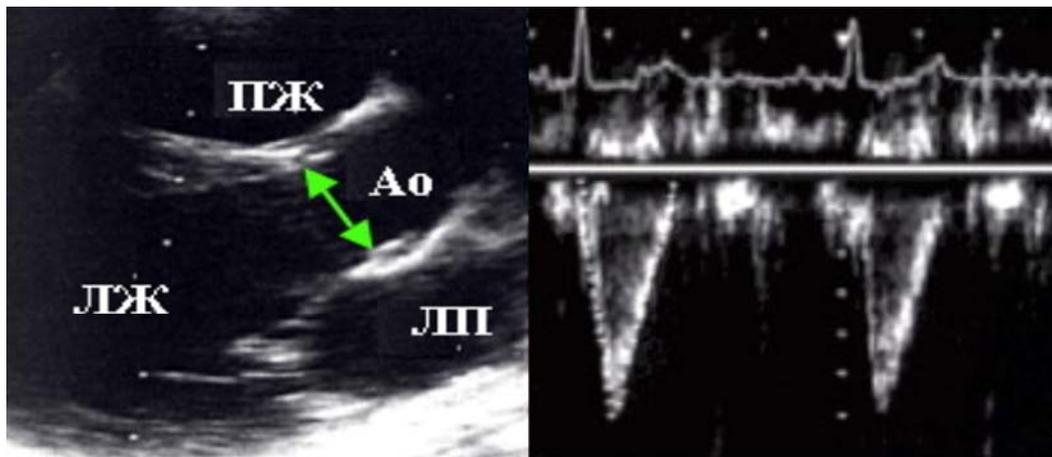


Рисунок 3.1. Парастеральная позиция по длинной оси ЛЖ в систолу. Измерение диаметра выходного тракта левого желудочка. Запись кровотока в режиме импульсного доплера через выходной тракт ЛЖ

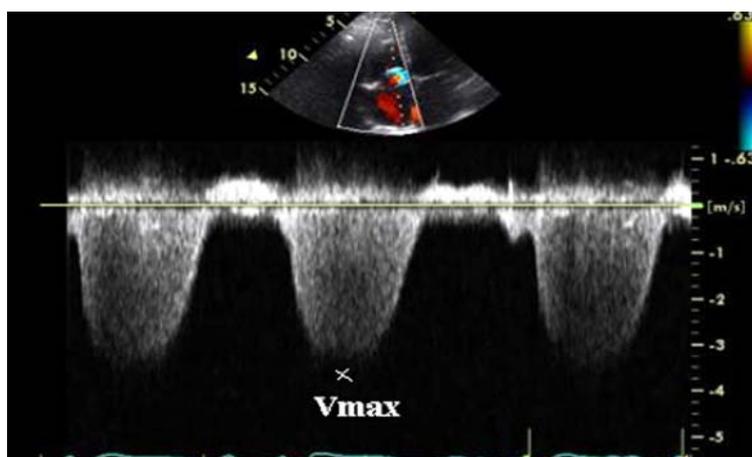


Рисунок 3.2. Запись кровотока через трикуспидальный клапан в постоянно-волновом режиме. Максимальная скорость трикуспидальной регургитации 3,6 см/с. Максимальный чресклапанный систолический градиент давления –  $4 \times (3,6)^2 = 51,8$  мм рт ст

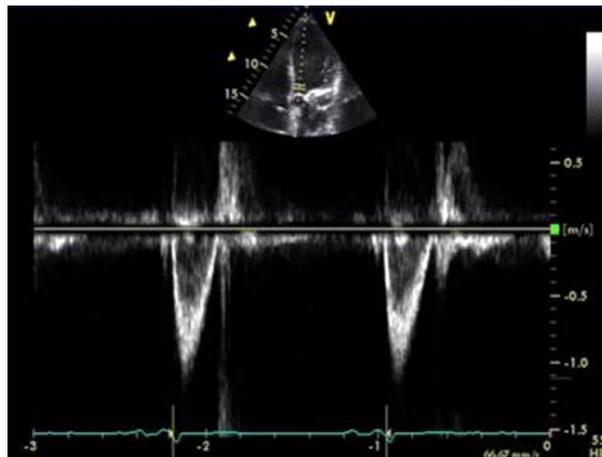


Рисунок 4.1. Исследование кровотока в выносящем тракте левого желудочка в импульсно-волновом режиме.

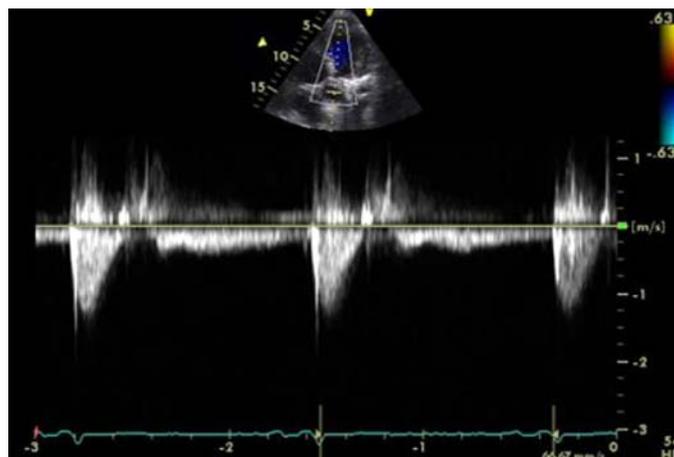


Рисунок 4.2. Исследование аортального кровотока в постоянно-волновом режиме.

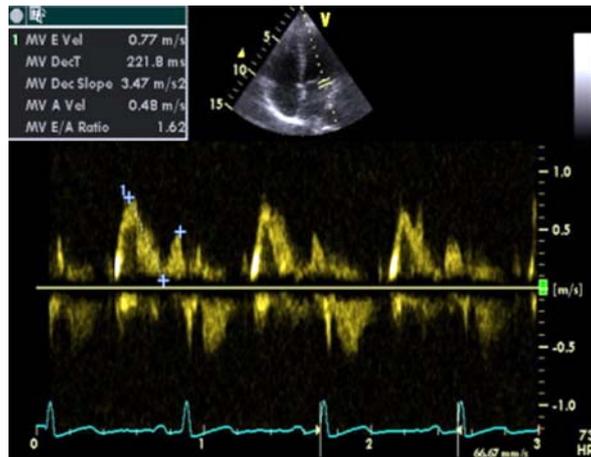


Рисунок 4.3. Исследование митрального кровотока в импульсно-волновом режиме.

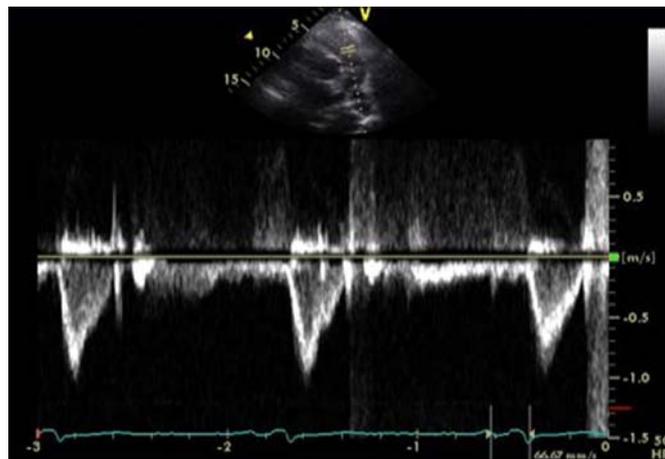


Рисунок 4.4. Исследование кровотока в легочном стволе в импульсно-волновом режиме

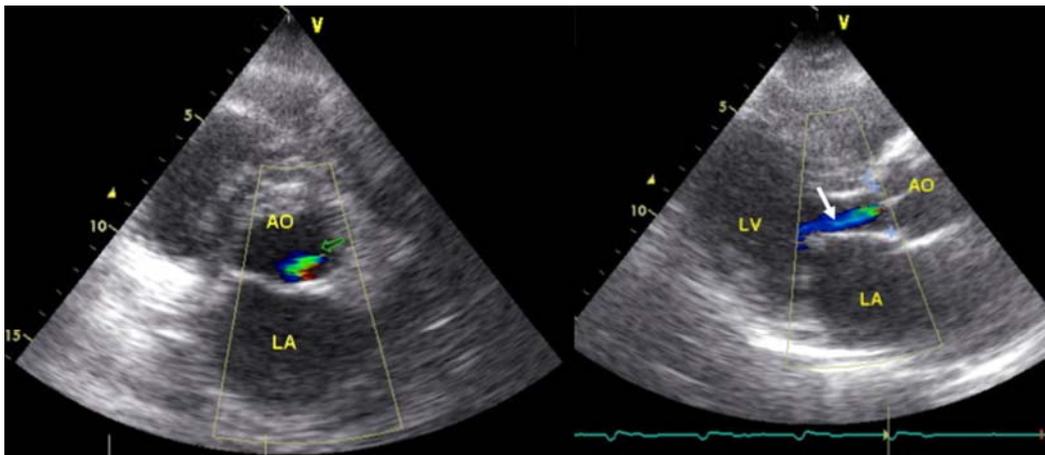


Рисунок 5.1.1. Цветовая доплер-ЭхоКГ из парастеральной позиции по короткой (слева) и длинной (справа) осям на уровне аортальных клапанов больного с аортальной регургитацией (стрелка). АО – аорта, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек.

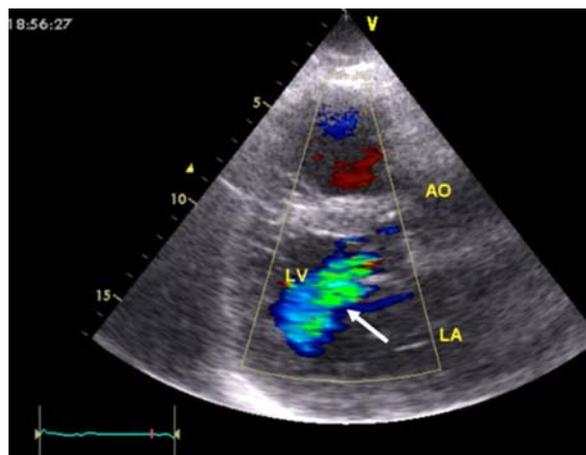


Рисунок 5.1.2. Цветовая доплер-ЭхоКГ, парастеральная позиция, длинная ось. Выраженная аортальная регургитация (стрелка). АО – аорта, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек.

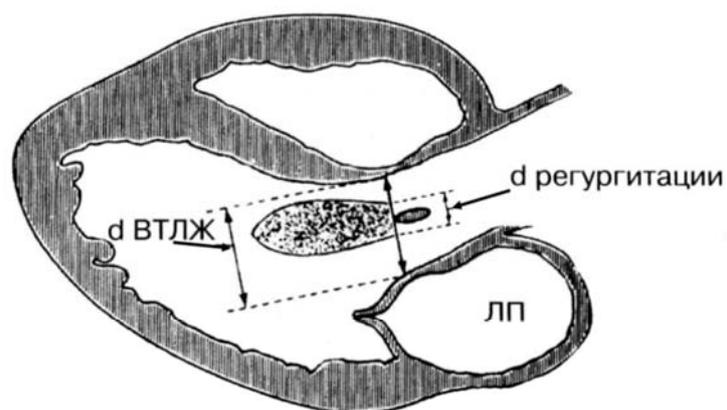


Рисунок 5.1.3. Схема определения степени аортальной регургитации по соотношению диаметров выходного тракта левого желудочка (d ВТЛЖ) и диаметра потока регургитации (d регургитации). ЛП – левое предсердие.

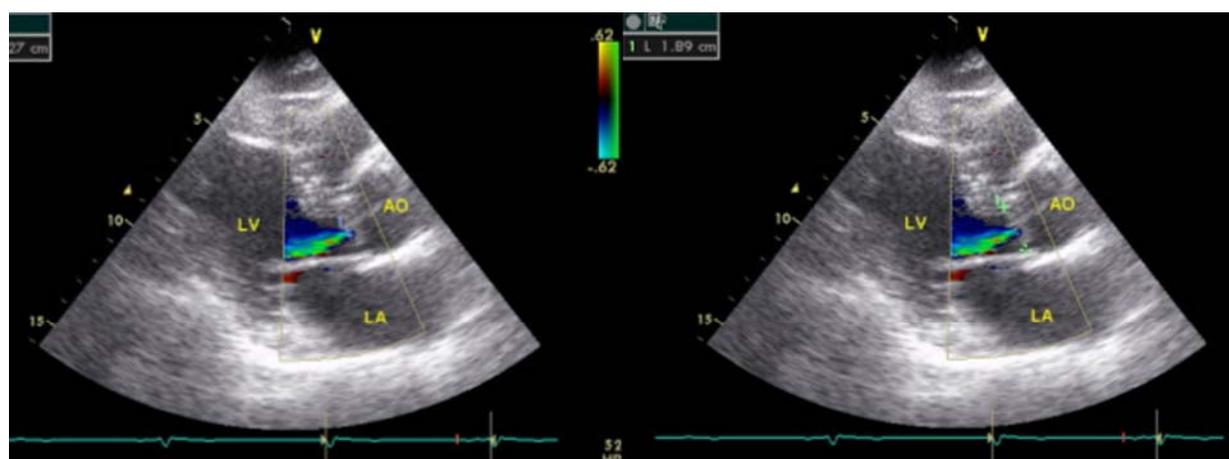


Рисунок 5.1.4. Цветовая доплер-ЭхоКГ, парастеральная позиция, длинная ось. В диастолу диаметр ширина струи аортальной регургитации - 0.27 см (слева). Ширина выходного тракта левого желудочка в диастолу - 1.89 см (справа). АО - аорта, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек.

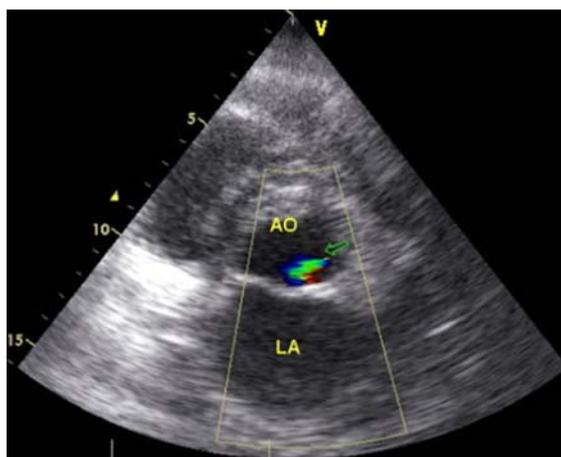


Рисунок 5.1.5. Парастеральная позиция по короткой оси аортального клапана (диастола). Аортальная регургитация занимает 12% площади выходного тракта левого желудочка.

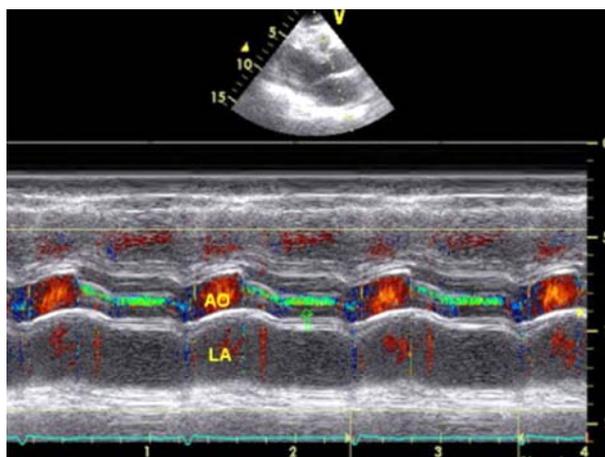


Рисунок 5.1.6. Цветовой М-модальный доплер через выходной тракт левого желудочка. Небольшая аортальная регургитация – зеленый поток в диастолу в нижней части выходного тракта (стрелка). АО – аорта, LA – левое предсердие.

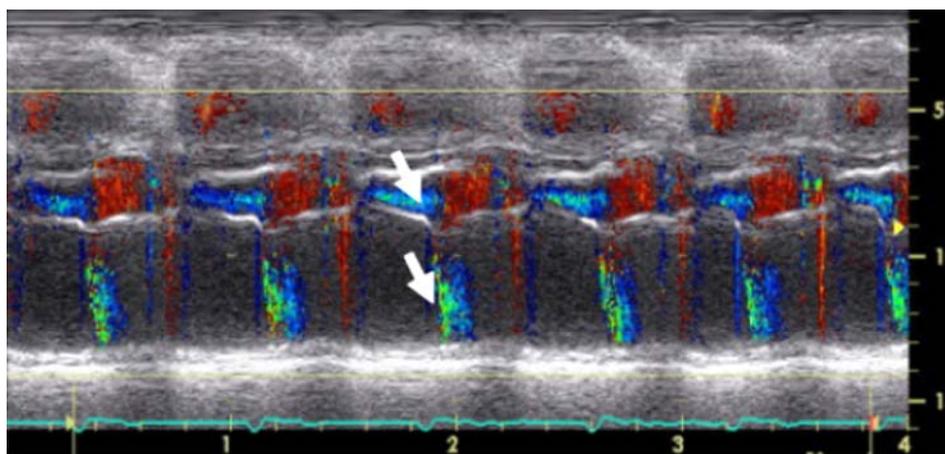


Рисунок 5.1.7. Цветовой М-модальный доплер через выходной тракт левого желудочка. Небольшая аортальная регургитация – синий поток в диастолу в нижней части выходного тракта (стрелка вверх). Небольшая митральная регургитация (стрелка вниз).

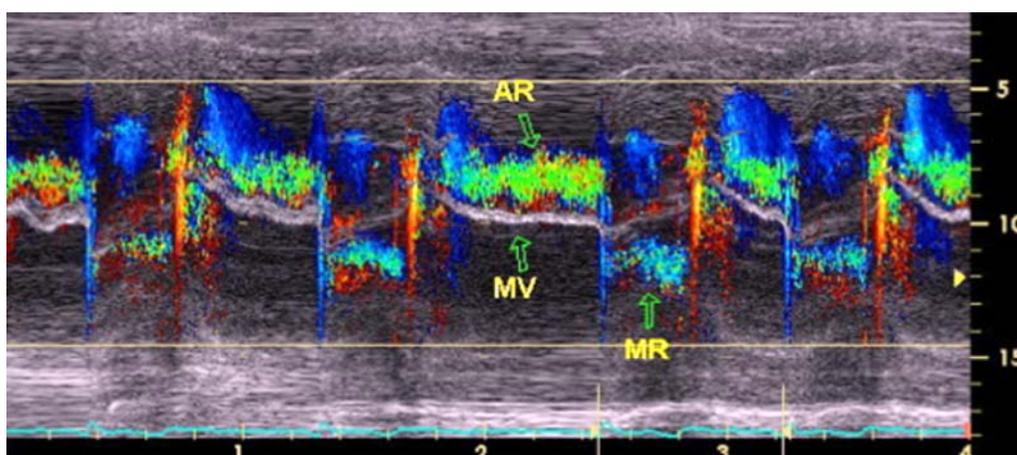


Рисунок 5.1.8. Цветовой М-модальный доплер через выходной тракт левого желудочка. Аортальная регургитация (AR) – желто-зеленый поток заполняет объем над передней створкой митрального клапана в диастолу (стрелка). Митральная регургитация (MR) заполняет левое предсердие в систолу (стрелка). MV – митральный клапан (стрелка).

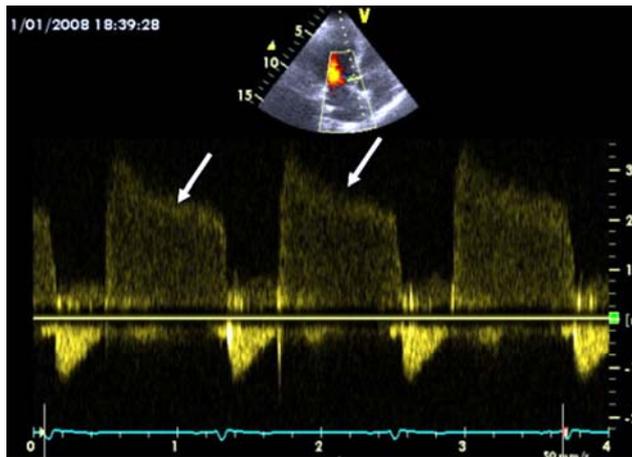


Рисунок 5.1.9. Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ из апикальной позиции при небольшой аортальной регургитации. Отмечается сигнал небольшой интенсивности от струи аортальной регургитации (стрелка).

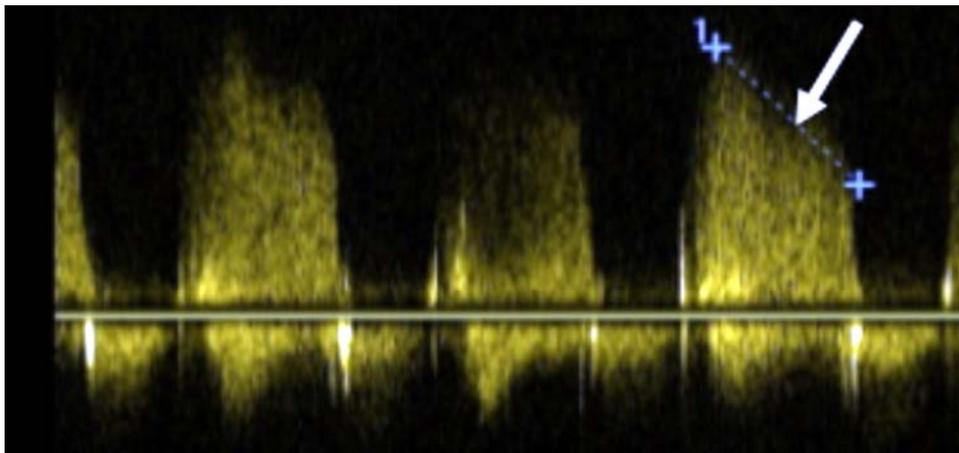


Рисунок 5.1.10. Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ из апикальной позиции при большой аортальной регургитации. Сигнал от струи аортальной регургитации ярче (стрелка).

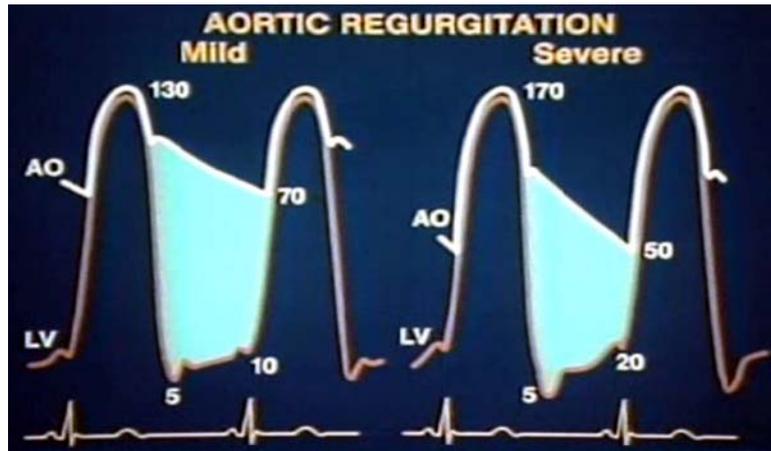


Рисунок 5.1.11. Схематичное изображение давления в левом желудочке и аорте при слабом и сильном аортальном стенозе. Схема иллюстрирует принцип оценки степени тяжести аортальной регургитации по диастолическому наклону доплерограммы струи регургитации. Закрашенная часть – конечное диастолическое давление между аортой и левым желудочком. В обоих случаях изначально градиент большой, что определяет большую скорость потока в раннюю диастолу.

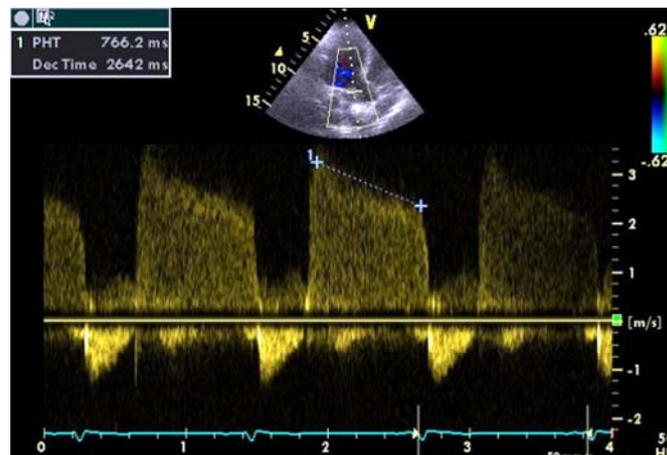


Рисунок 5.1.12. Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ из апикальной позиции при небольшой аортальной регургитации. Градиент давления снижается медленно. Время полуспада диастолического аортального градиента давления 766 мс.

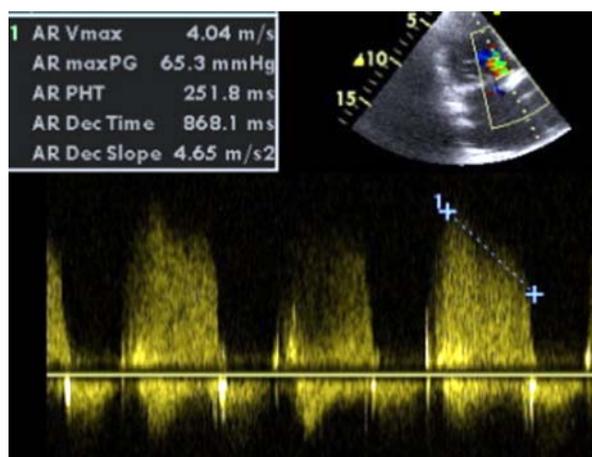


Рисунок 5.1.13. Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ из апикальной позиции при большой аортальной регургитации. Градиент давления снижается быстро. Время полуспада градиента давления 252 мс.

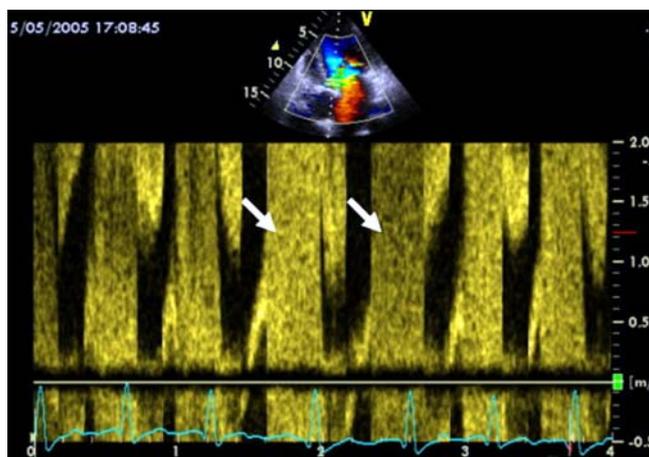


Рисунок 5.1.14. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ при аортальной регургитации. Высокоскоростной искаженный диастолический доплеровский сигнал (стрелки).

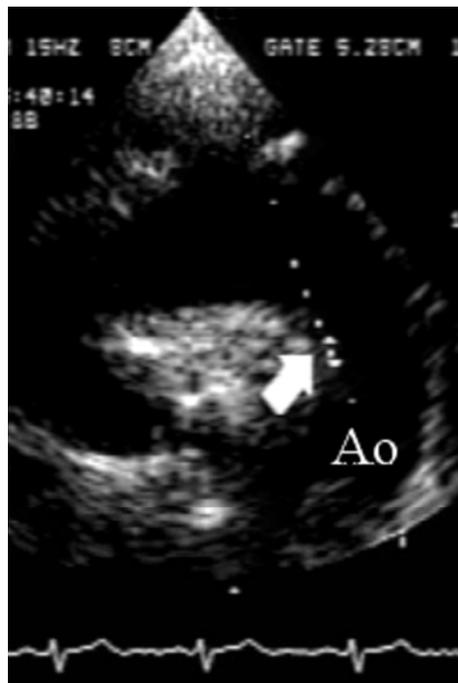


Рисунок 5.1.15. Двумерная ЭхоКГ, нисходящая аорта (АО) из супрастернального доступа. Примерное место расположения контрольного объёма при доплер-ЭхоКГ исследовании.

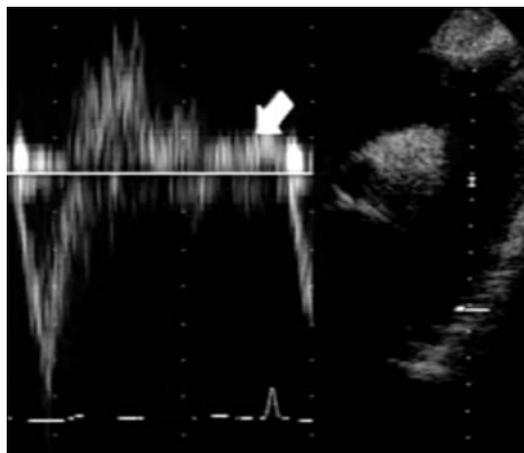


Рисунок 5.1.16. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ, нисходящая аорта при небольшой аортальной регургитации (стрелка) - большая скорость в начале диастолы, быстро спадает и держится на низком уровне.

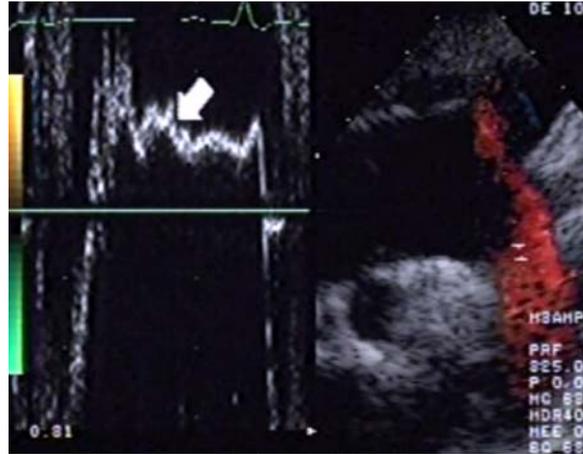


Рисунок 5.1.17. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ, нисходящая аорта при большой аортальной регургитации (стрелка) – в течение всей диастолы сохраняется большая скорость возвращающегося поток.

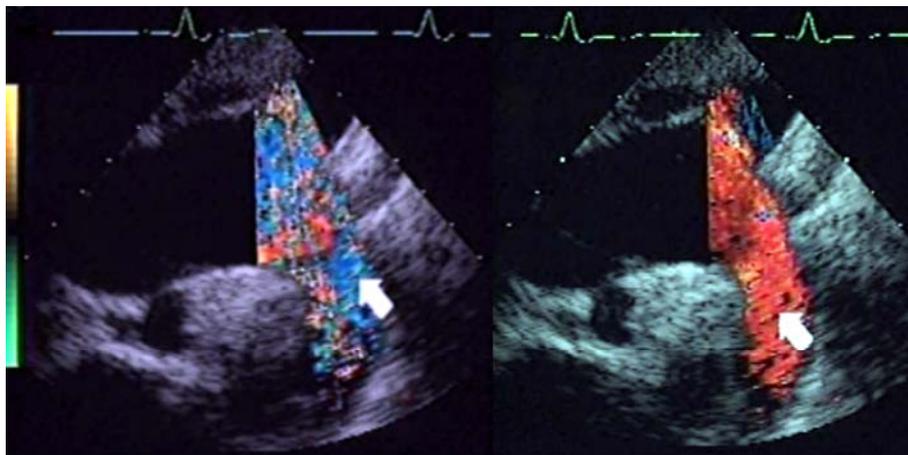


Рисунок 5.1.18. Цветовая доплер-ЭхоКГ аорты из супрастернальной позиции при выраженной аортальной регургитации. В систолу (рисунок слева) в нисходящей аорте поток зелёно-голубой (стрелка), в диастолу (рисунок справа) при большой аортальной регургитации вся нисходящая аорта заполнена красным (стрелка).

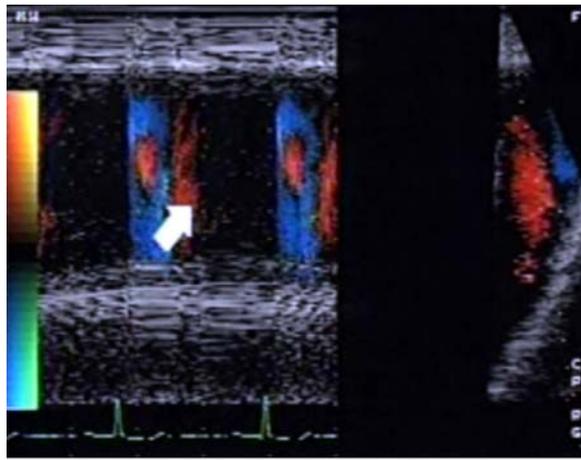


Рисунок 5.1.19. Цветовой М-модальный доплер в нисходящей аорте при небольшой аортальной регургитации. В систолу выявляется синий поток (движение потока от датчика), в диастолу – красный только в начале диастолы (возвращение потока к датчику – стрелка).

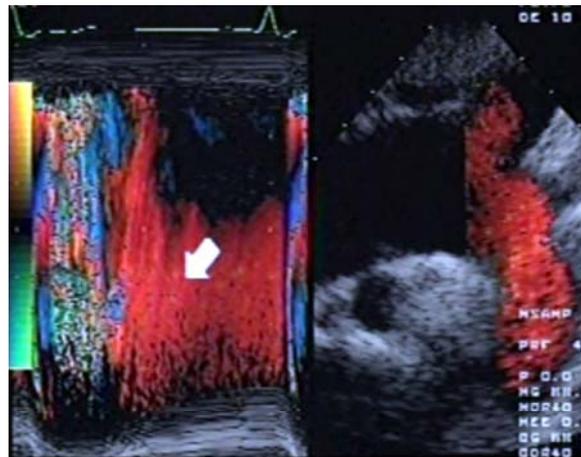


Рисунок 5.1.20. Цветовой М-модальный доплер в нисходящей аорте при большой аортальной регургитации. В систолу выявляется желто-зеленый поток (движение потока от датчика), в диастолу – красный поток длится всю диастолу (возвращение потока к датчику – стрелка).

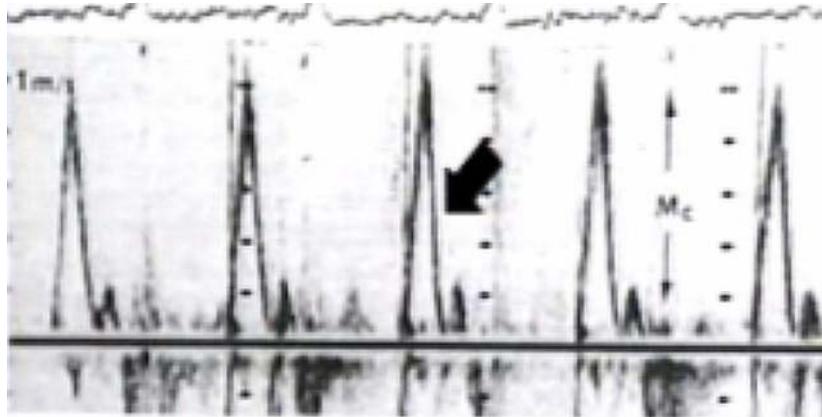


Рисунок 5.1.21. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ митрального клапана у пациента с выраженной аортальной регургитацией. Укорочение времени полуспада митрального клапана.

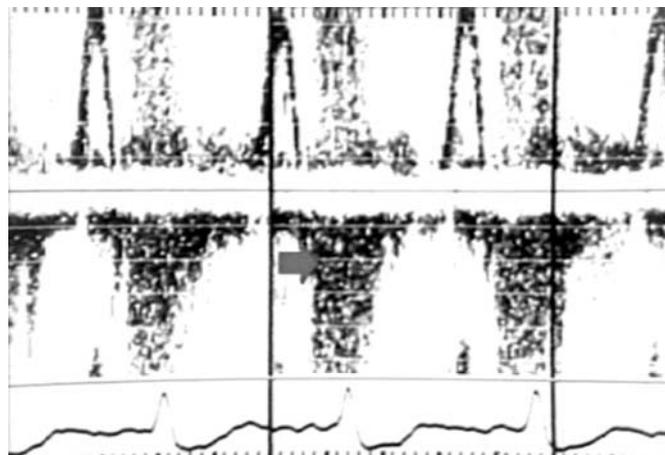


Рисунок 5.1.22. Допплер-ЭхоКГ митрального клапана у больного с тяжелой аортальной регургитацией. Щелчок закрытия митрального клапана регистрируется до комплекса QRS и митральная регургитация начинается в диастолу и продолжается в систолу.

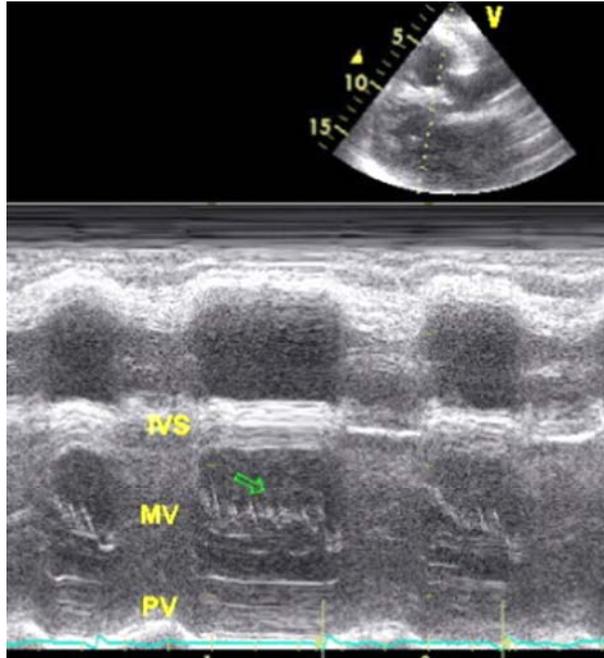


Рисунок 5.1.23. М-режим на уровне створок митрального клапана больного с аортальной регургитацией. Диастолическое дрожание передней створки митрального клапана (стрелка). IVS – межжелудочковая перегородка, MV – митральный клапан, PV – задняя стенка.

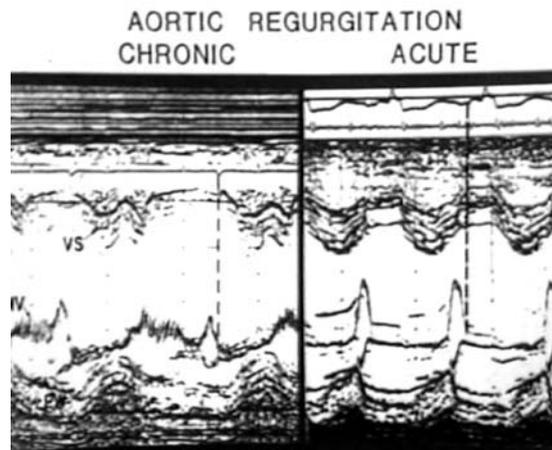


Рисунок 5.1.24. М-режим ЭхоКГ на уровне створок митрального клапана.

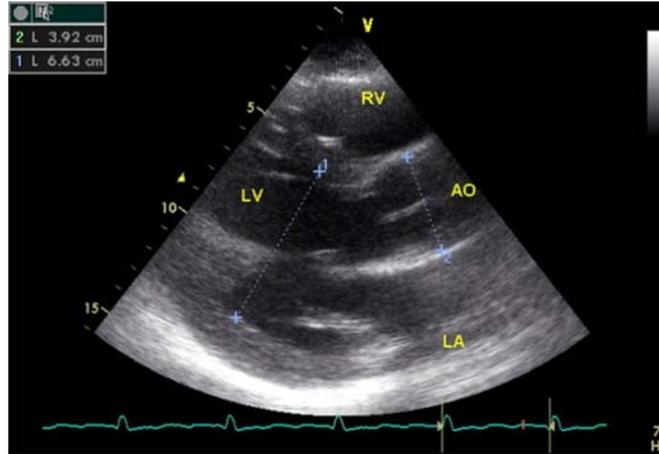


Рисунок 5.1.25. Двумерная ЭхоКГ больного с аортальной регургитацией. Расширение полости левого желудочка до 6.6 см. LA – левое предсердие, LV – левый желудочек, AO - аорта.

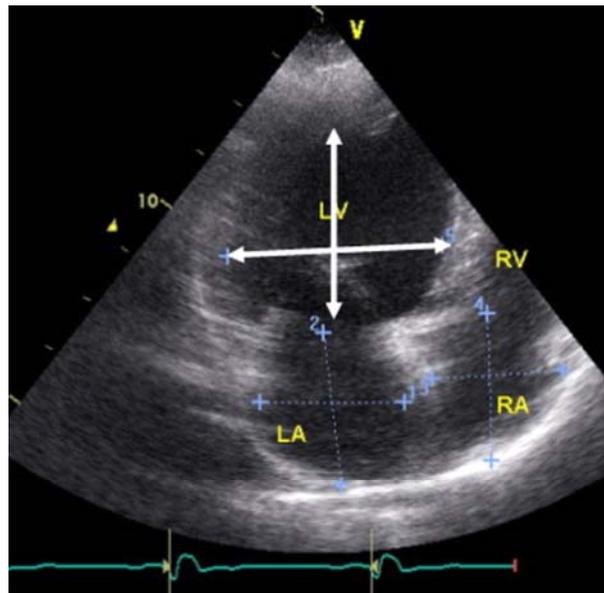


Рисунок 5.1.26. Двумерная ЭхоКГ, четырехкамерная позиция больного с аортальной регургитацией. Левый желудочек дилатирован, сферической формы – 8,4 x 8,6 см. Левое предсердие 5,8 x 6,0 см. LV – левый желудочек, LA – левое предсердие, RV – правый желудочек, RA – правое предсердие.

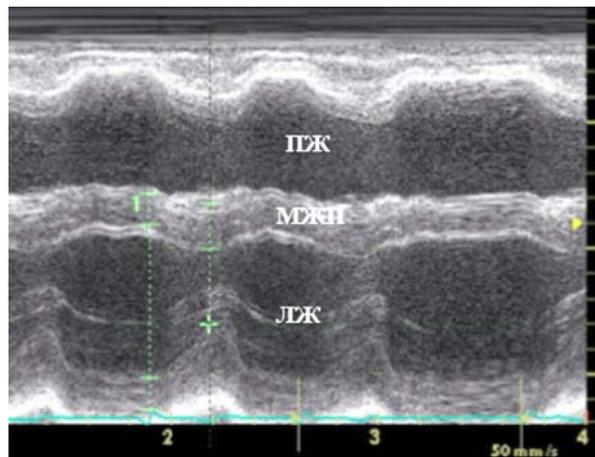


Рисунок 5.1.27. М-режим на уровне полости левого желудочка больного с аортальной регургитацией. Левый желудочек увеличен: конечный диастолический размер – 6,3 мм, систолический – 3,2 мм. Фракция выброса 81%. Это свидетельствует о перегрузке объемом. ПЖ – правый желудочек. МЖП – межжелудочковая перегородка, ЛЖ – левый желудочек.

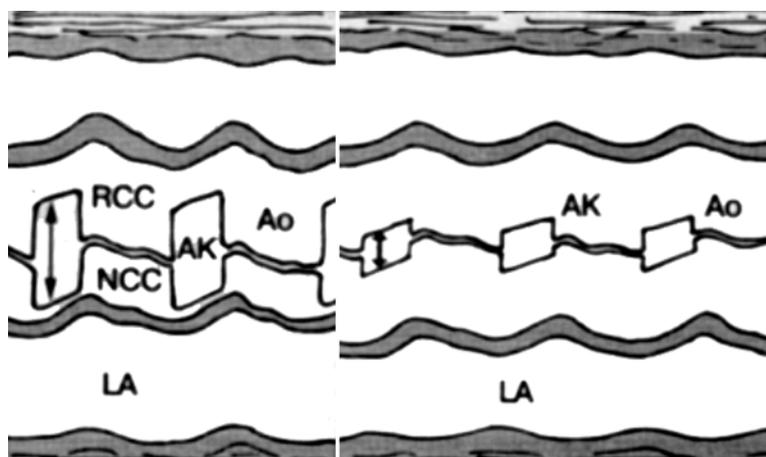


Рисунок 5.2.1. Схема изменения ЭхоКГ М-режим при аортальном стенозе: Слева – систолическое раскрытие створок аортального клапана (АК) у здорового человека, справа – у больного с аортальным стенозом. RCC – правая коронарная створка, NCC – некоронарная створка, Ao – аорта, LA – левое предсердие, стрелка - систолическое раскрытие створок аортального клапана.

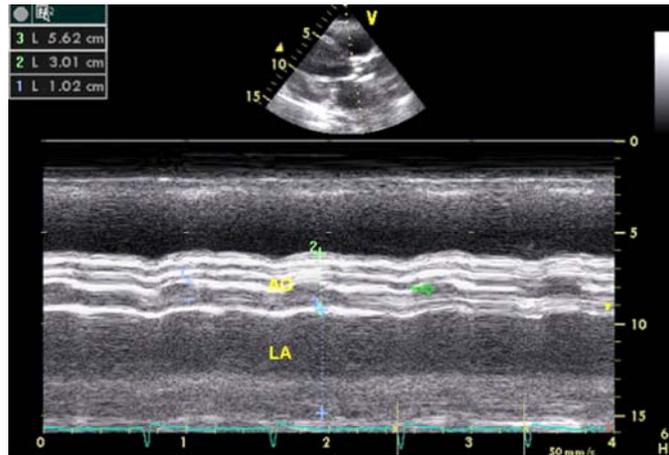


Рисунок 5.2.2. М-режим больного с аортальным стенозом. Снижение амплитуды раскрытия створок аортального клапана до 1 см (стрелка). Выраженный кальциноз створок аортального клапана и аорты - увеличение интенсивности эхосигналов, появление эхосигналов параллельно стенкам аорты. Ao – аорта, ЛП – левое предсердие.



Рисунок 5.2.3. Двумерная ЭхоКГ, парастеральная позиция, длинная (слева) короткая (справа) оси левого желудочка больного с аортальным стенозом. Выраженная гипертрофия стенок левого желудочка. Маленькая полость левого желудочка. Кальциноз аорты и створок аортального клапана. LV – левый желудок, Ao – аорта, LA – левое предсердие, IVS – межжелудочковая перегородка.

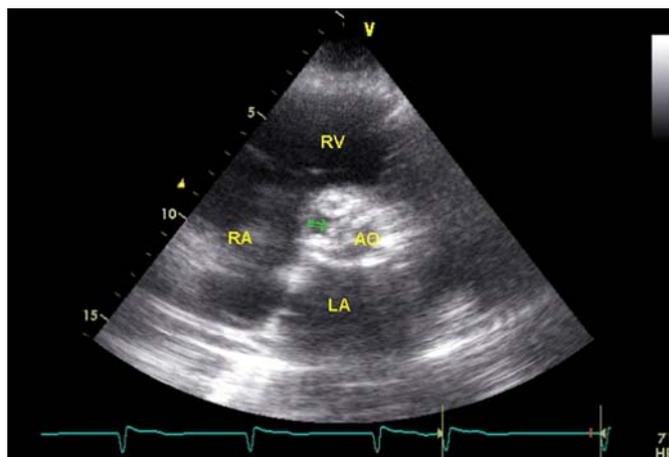


Рисунок 5.2.4. Двумерная ЭхоКГ, короткая ось. Кальциноз аортального клапана (стрелка). Ao – аорта, LA – левое предсердие, RV – правый желудочек, RA – правое предсердие.

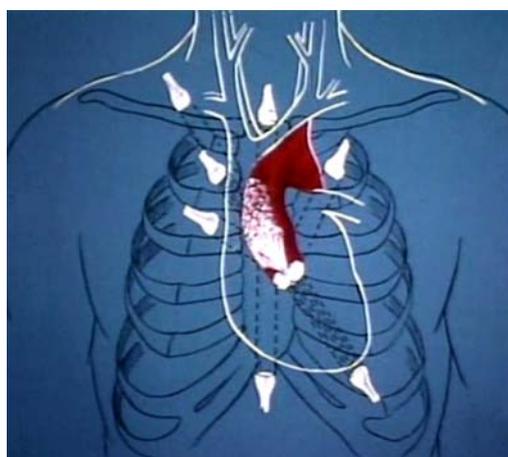


Рисунок 5.2.5. Схема локализации датчика для расчета скоростей и градиентов методом доплер-ЭхоКГ у больных с аортальным стенозом.

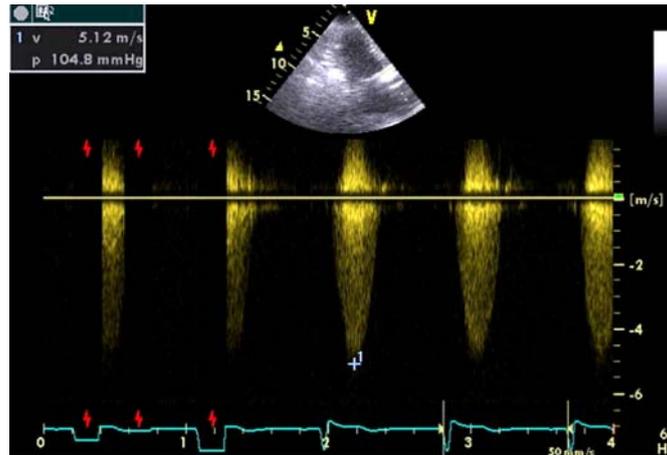


Рисунок 5.2.6. Постоянно-волновое доплеровское исследование из верхушечного доступа у больного с аортальным стенозом. Максимальная скорость кровотока через аортальный клапан 5,12 м/сек.

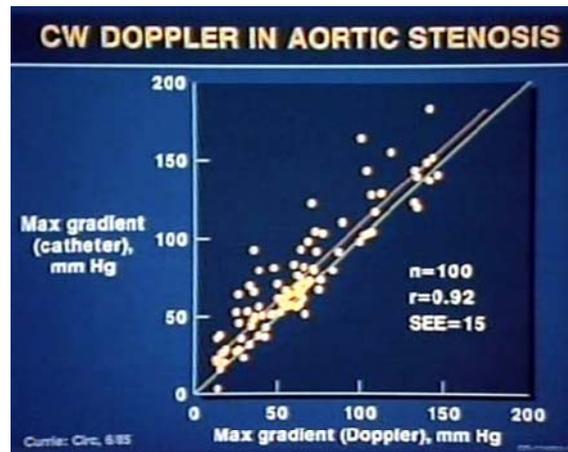


Рисунок 5.2.7. Корреляционная связь между уровнем максимального градиента давления, полученного катетеризацией и постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ, у больных с аортальным стенозом. По оси X – ЭхоКГ данные, по оси Y – инвазивная методика определения аортального стеноза.

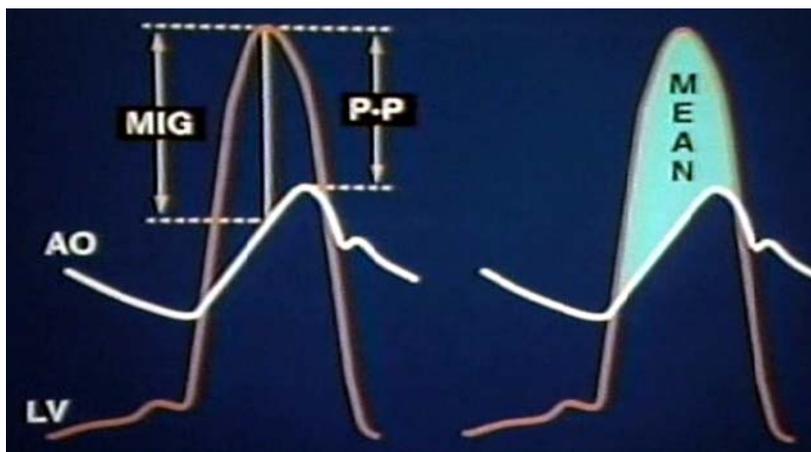


Рисунок 5.2.8. Схема динамики давления в аорте и левом желудочке при аортальном стенозе. Ao – кривая давления в аорте, LV – кривая давления в левом желудочке. Разность давлений (максимальный градиент давления - MIG), определяемая по «мгновенному» пику (одновременная разность давлений между левым желудочком и аортой) больше, чем градиент от пика к пику (PP), так как пик давления в аорте наступает позже, чем пик давления в левом желудочке (Otto С.М. 2000).

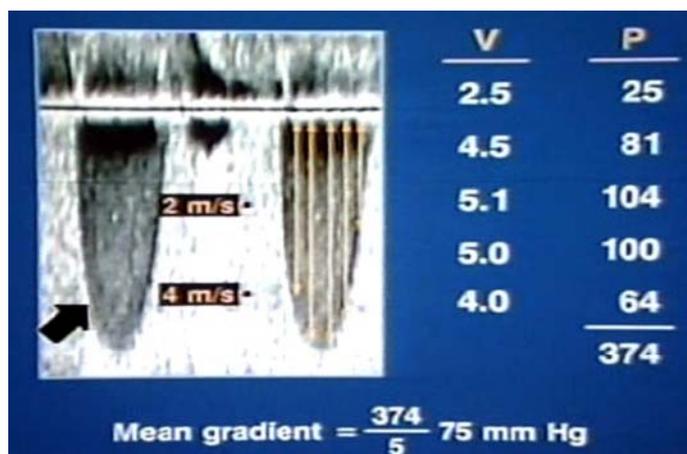


Рисунок 5.2.9. Схема расчета среднего градиента давления между левым желудочком и аортой вычисляется из интеграла линейной скорости стенотической струи, записанной в режиме непрерывно-волновой доплер-ЭхоКГ.

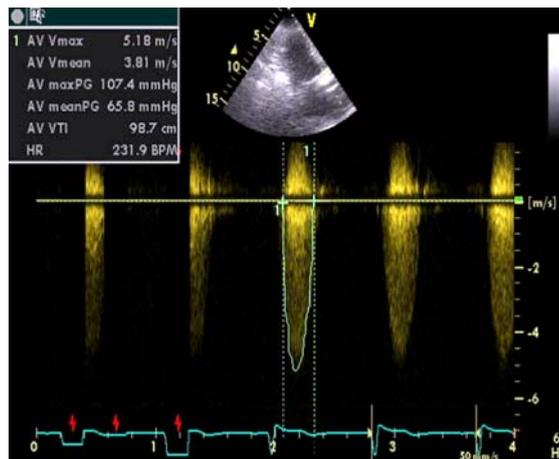


Рисунок 5.2.10. Постоянно-волновое доплеровское исследование из верхушечного доступа у больного с аортальным стенозом. Средний градиент давления 65,8 мм рт. ст.

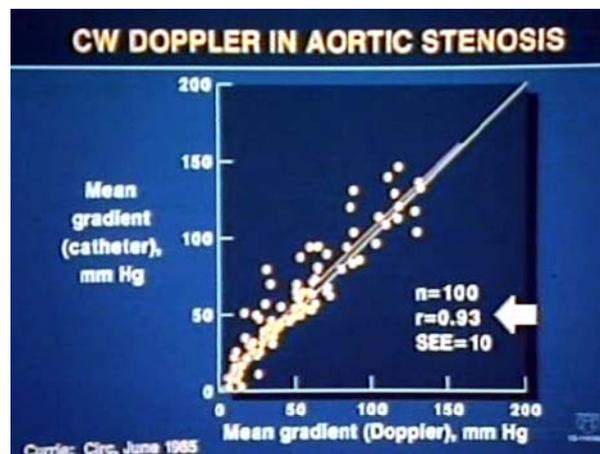


Рисунок 5.2.11. Корреляционная связь между уровнем градиента давления, полученного катетеризацией и постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ, у больных с аортальным стенозом. По оси X – ЭхоКГ данные, по оси Y – инвазивная методика определения аортального стеноза.

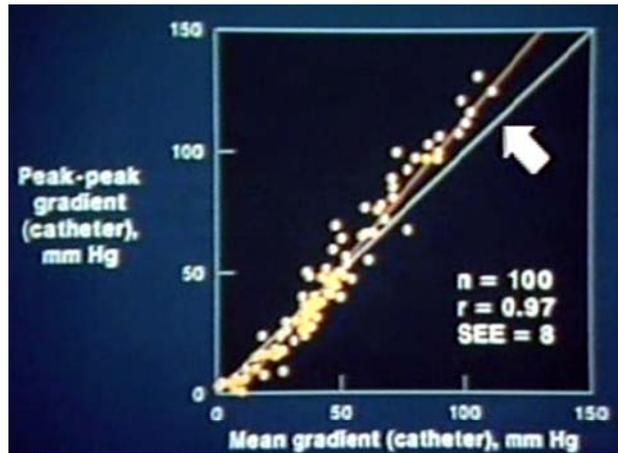


Рисунок 5.2.12. Корреляционная связь между уровнем среднего градиента давления, полученного постоянно-волновой доплер-ЭхоКГ, и пикового градиента, полученного при катетеризации, у больных с аортальным стенозом. По оси X – ЭхоКГ данные, по оси Y – инвазивная методика определения аортального стеноза.

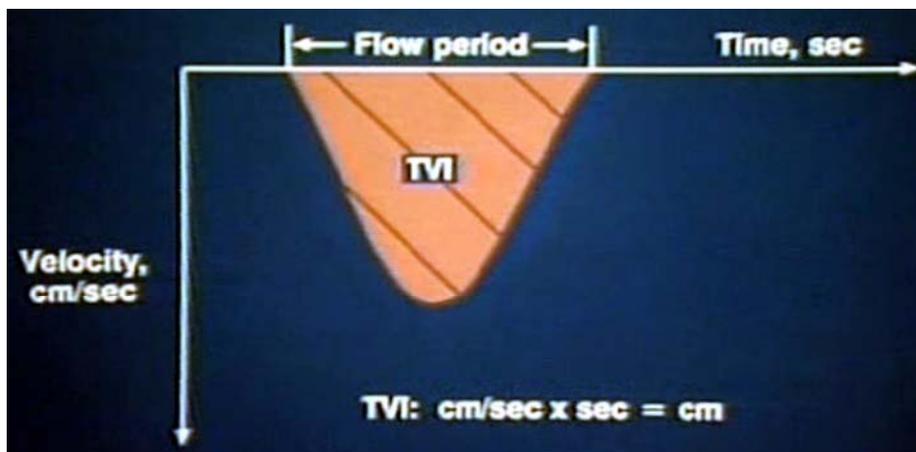


Рисунок 5.2.13. Схема интеграла линейной скорости аортального кровотока. По оси X – время движения потока (с), по оси Y – скорость движения потока (см/с).

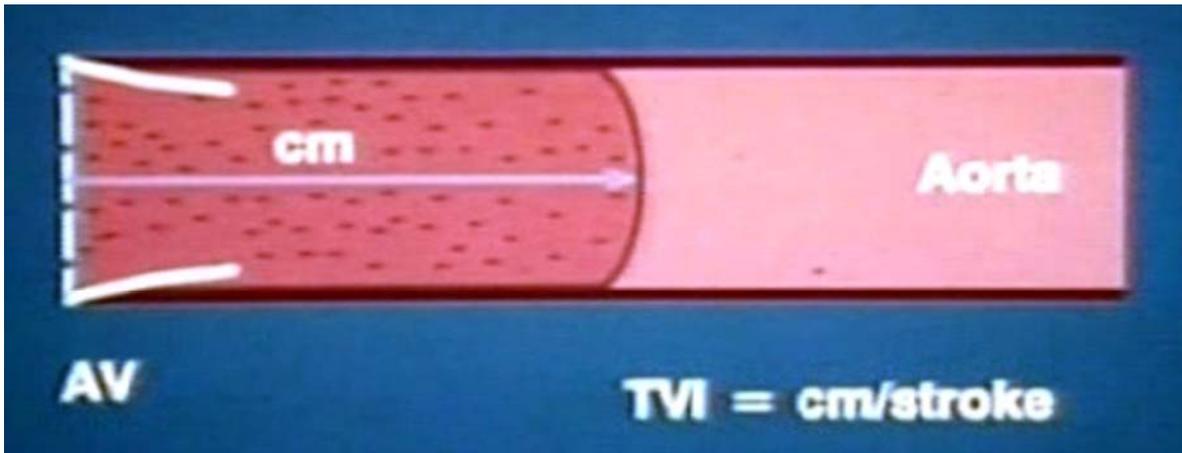


Рисунок 5.2.14. Схема расчета интеграла линейной скорости. Интеграл линейной скорости аортального кровотока представляет расстояние, которое кровь проходит при каждой систоле.

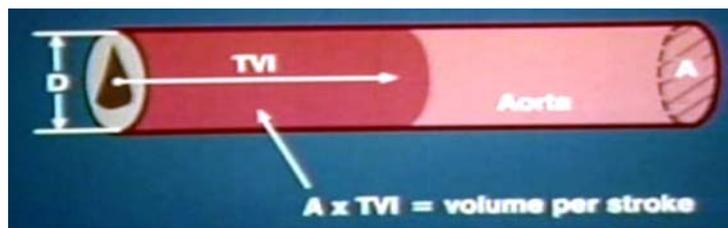


Рисунок 5.2.15. Схема расчета ударного объема аорты. Ударный объем равен произведению площади на интеграл линейной скорости. D – диаметр аорты.

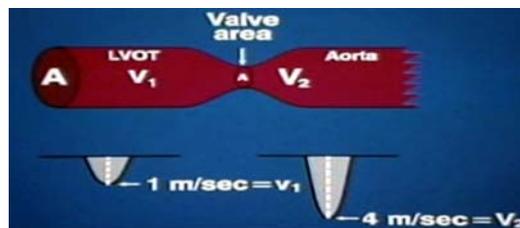


Рисунок 5.2.16. Схема расчета площади стенозированного аортального отверстия по уравнению непрерывности потока.

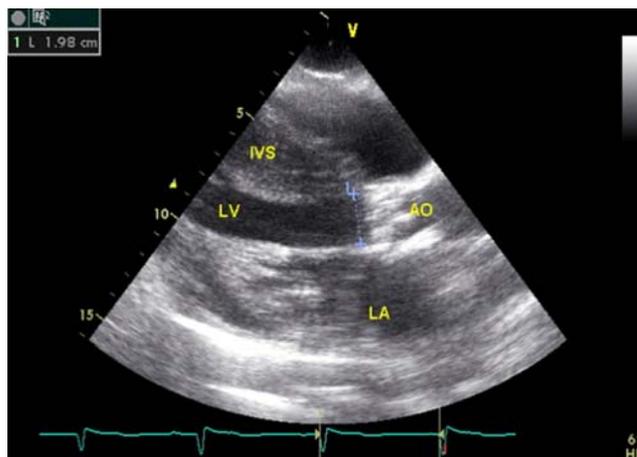


Рисунок 5.2.17. Двумерная ЭхоКГ парастеральная позиция длинная ось большой с аортальным стенозом. Выносящий тракт левого желудочка 1,98 см.

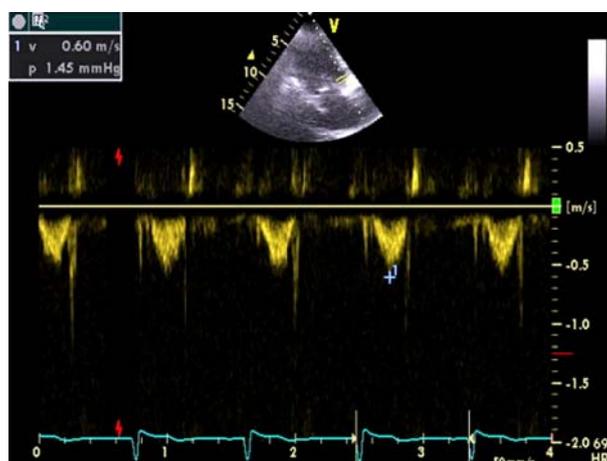


Рисунок 5.2.18. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ в выходном тракте левого желудочка из верхушечной позиции. Скорость в выходном тракте равна 0,6 м/с.

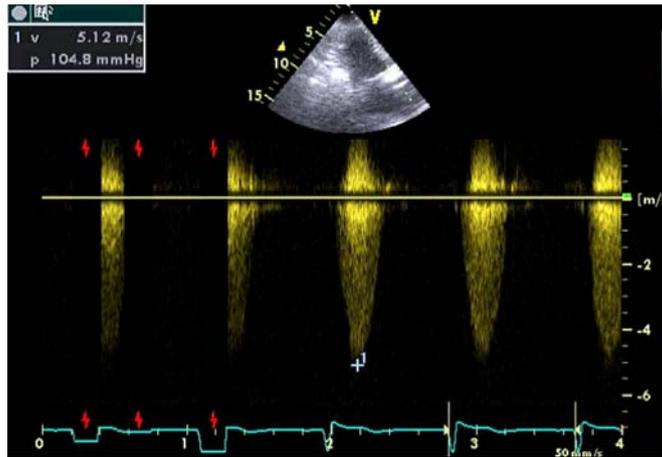


Рисунок 5.2.19. Постоянно-волновая доплер-ЭхоКГ из верхушечной позиции. Максимальная скорость через аортальный клапан – 5,12 м/с.

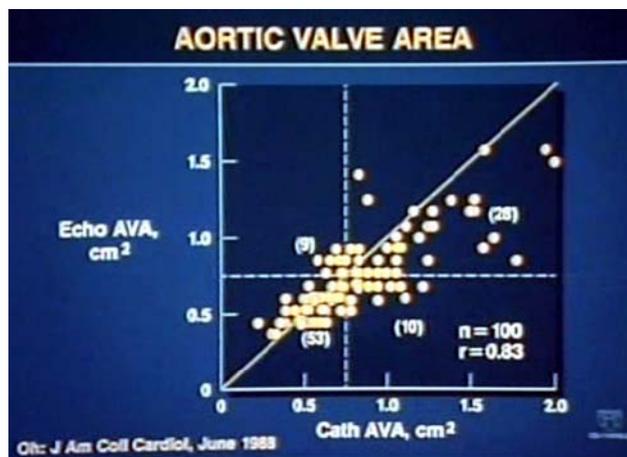


Рисунок 5.2.20. Корреляционный анализ результатов определения площади отверстия аортального клапана, полученных инвазивным и ЭхоКГ методами. По оси X – инвазивная методика определения аортального стеноза, по оси Y – ЭхоКГ данные.

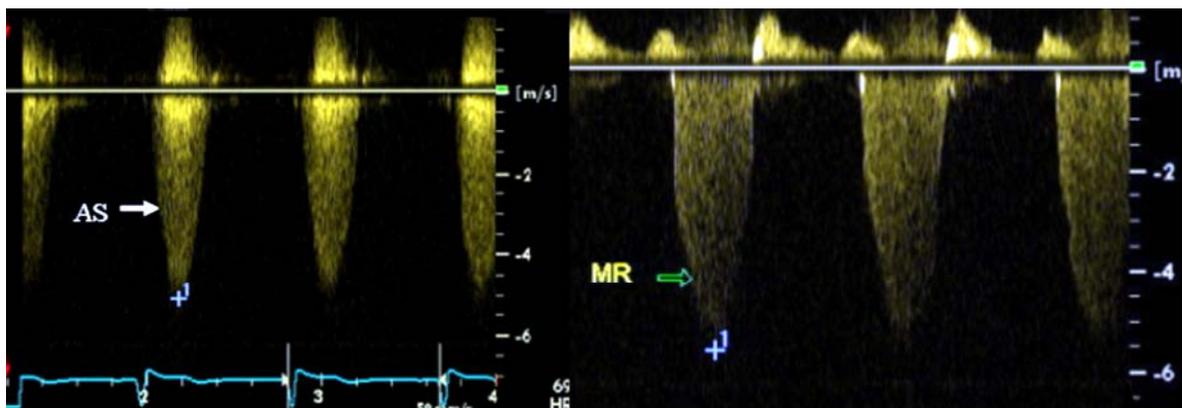


Рисунок 5.2.21. Допплер-ЭхоКГ потока аортального стеноза (стрелка AS слева) и митральной регургитации (стрелка MR справа) у той же больной. Время выброса в выходном тракте левого желудочка 251 мс. Время митральной регургитации (MR) – 384 мс.



Рисунок 5.2.22. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне створок аортального клапана. Нормальный аортальный клапан в диастолу (слева) в систолу (справа). Створки аортального клапана в систолу формируют треугольное отверстие. АО – аорта, LA – левое предсердие, PA – легочный ствол.



Рисунок 5.2.23. Макропрепарат двустворчатого аортального клапана.



Рисунок 5.2.24. ЭхоКГ короткая ось, двустворчатый аортальный клапан. Определяются только две комиссуры двустворчатого аортального клапана на 5 и 10 часах.

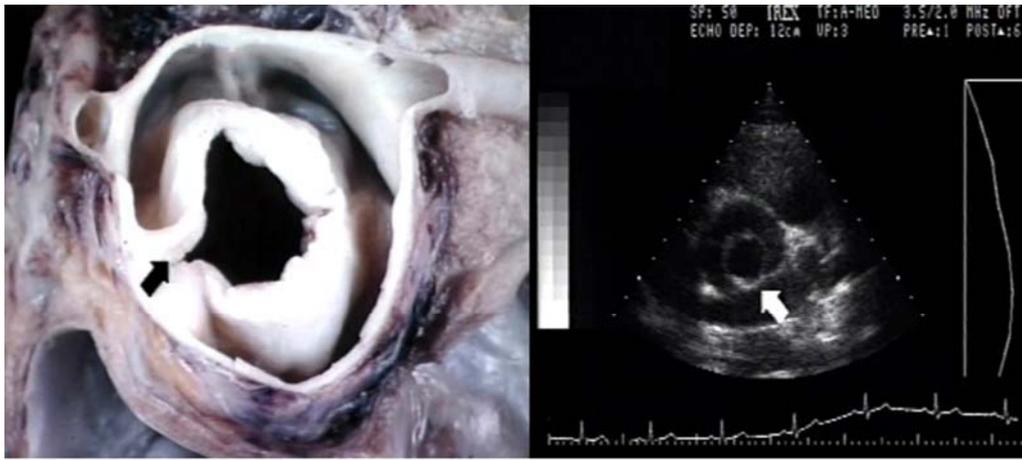


Рисунок 5.2.25. Макропрепарат и ЭхоКГ короткая ось одностворчатого аортального клапана. В систолу видна одна комиссура и одна створка в виде эксцентрической падающей капли.

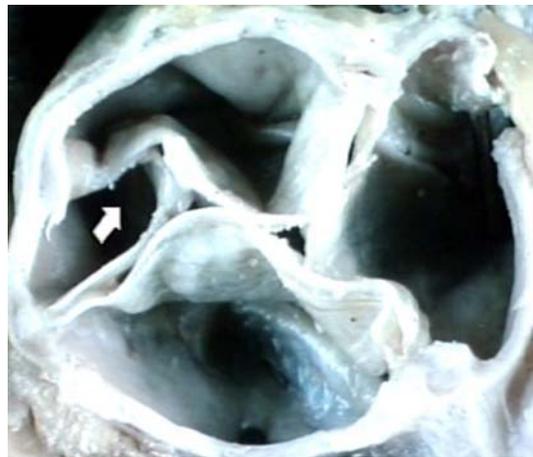


Рисунок 5.2.26. Макропрепарат четырехстворчатого аортального клапана.



Рисунок 5.2.27. Двумерная ЭхоКГ, короткая ось, четырехстворчатый аортальный клапан в диастолу (слева) и в систолу (справа).

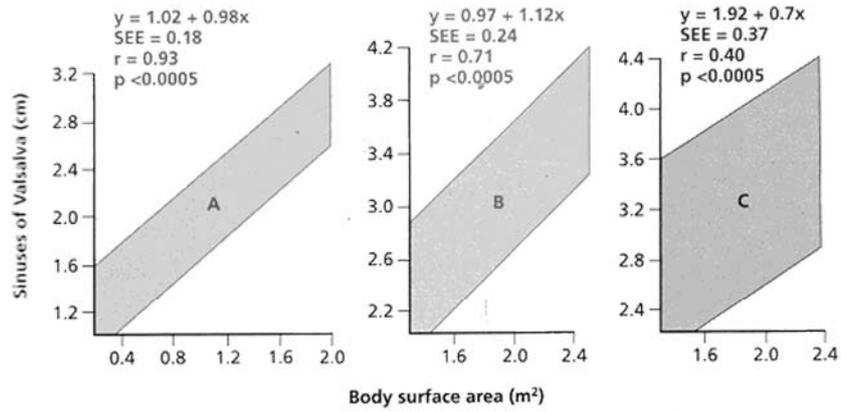


Рисунок 6.1.1. 95% доверительный интервал диаметра корня аорты на уровне синусов Вальсальвы по отношению к площади поверхности тела у юношей и детей (А), у взрослых моложе 40 лет (В) и старше 40 лет (С).

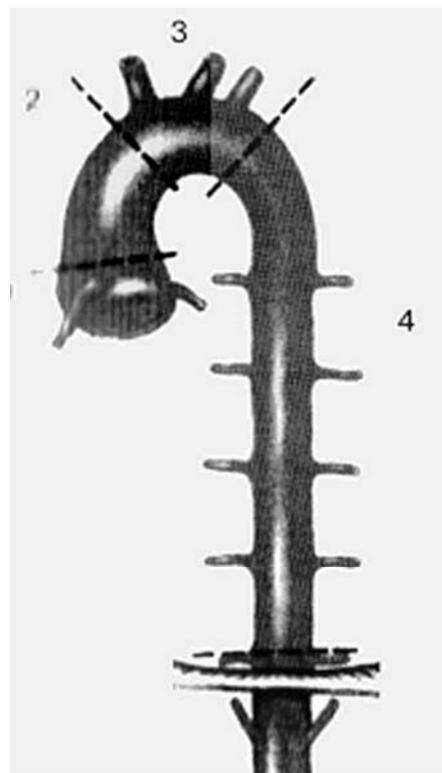


Рисунок 6.1.2. Схема локализации аневризм аорты. 1 - синусы Вальсальвы, 2 - восходящая часть аорты, 3 - дуга аорты, 4 – начальный отдел нисходящей части аорты – грудная аорта.

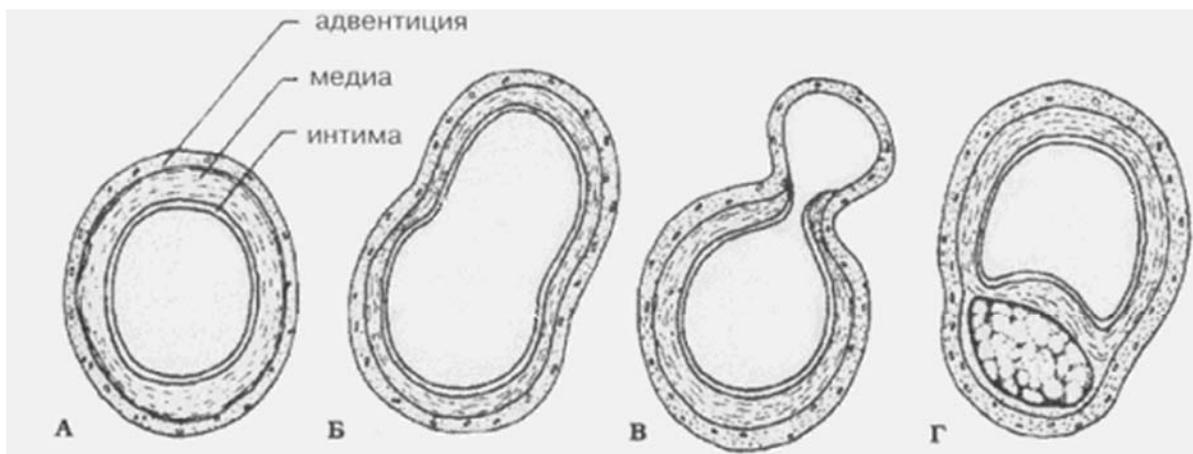


Рисунок 6.1.3. Схематическое изображение различных типов аневризм аорты  
 А – компоненты стенок аорты в норме, Б – истинная аневризма, В – ложная аневризма, Г – расслаивающаяся аневризма (между компонентами стенки гематома).



Рисунок 6.1.4. Парастеральная позиция по длинной оси у больного с аневризмой в восходящем отделе аорты. Расширение аорты – 7,55 см.

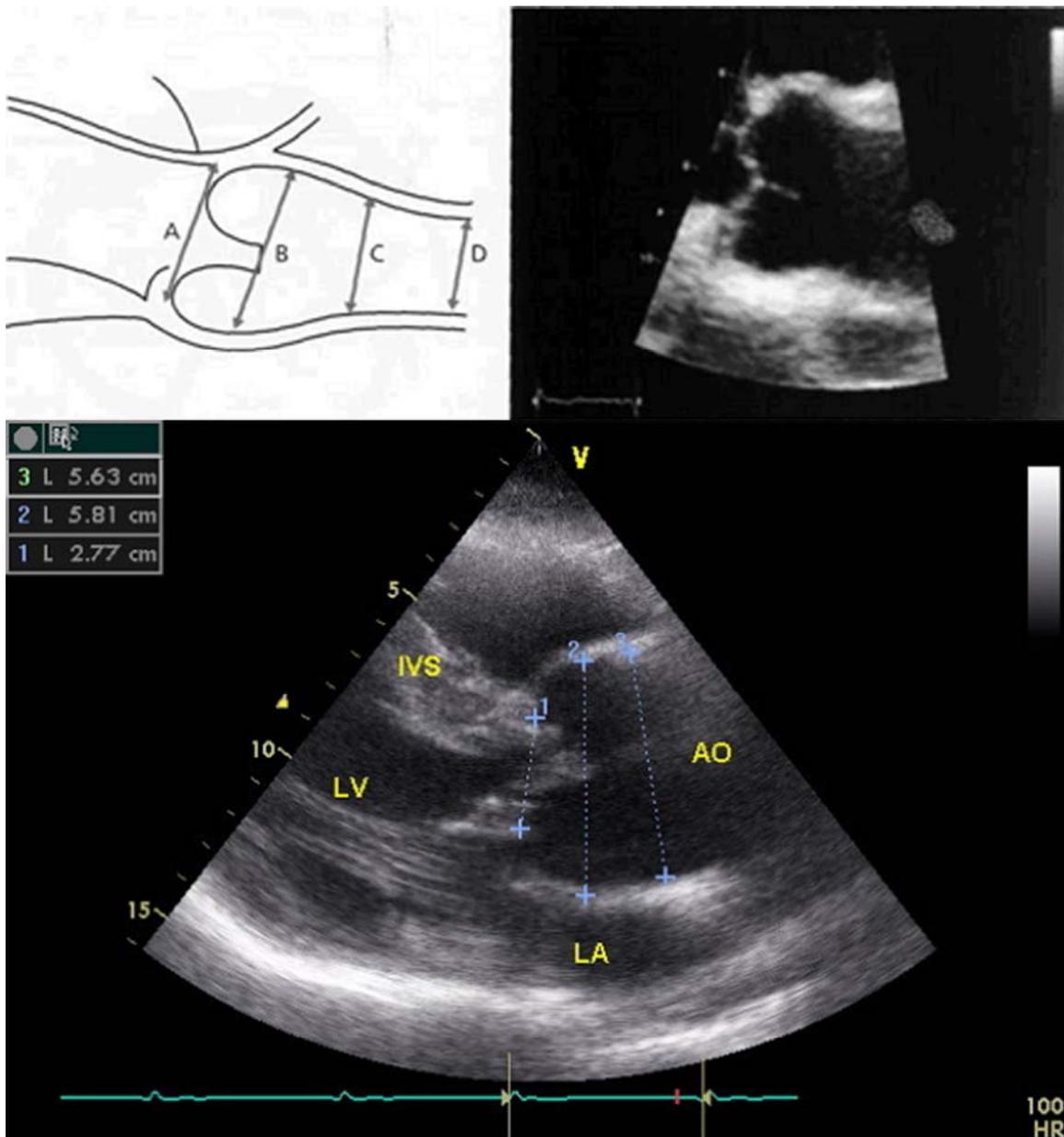


Рисунок 6.1.5. Схема и двумерная ЭхоКГ, парастеральный доступ по длинной оси левого желудочка больного с гипертонической болезнью и аневризмой аорты. Диаметр фиброзного кольца аортального клапана (A) - 2,77 см, диаметр на уровне синусов Вальсальвы (B) - 5,81 см, диаметр синотубулярной зоны (C) – 5,63 см, D – диаметр восходящей части аорты.

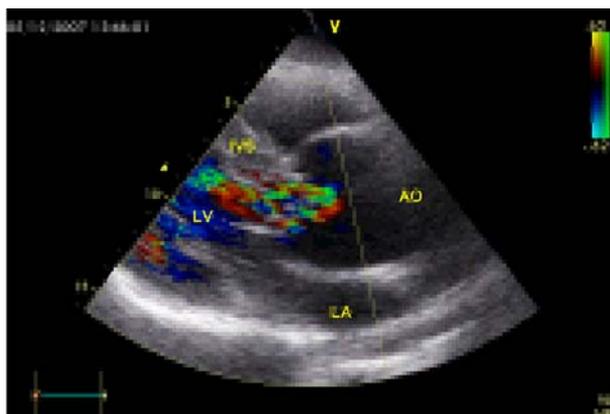


Рисунок 6.1.6. Цветовая доплер-ЭхоКГ, парастеральная позиция по длинной оси. Выраженная аортальная регургитацияу больного с аневризмой аорты. AO – аорта, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек.



Рисунок 6.2.1. Схема. Типы расслаивающих аневризм по DeBakey.

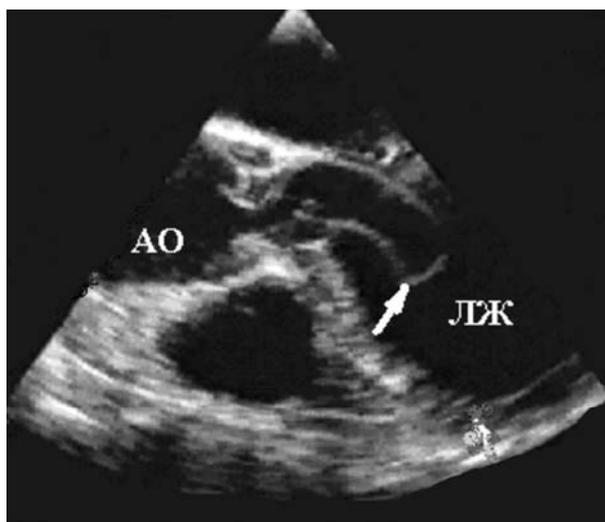


Рисунок 6.2.2. Трансэзофагальная ЭхоКГ. Пролабирование интимы аорты в выходной тракт левого желудочка. Стрелкой указана отслоившаяся интима аорты, пролабирующая в левый желудочек. АО – аорта, ЛЖ – левый желудочек.

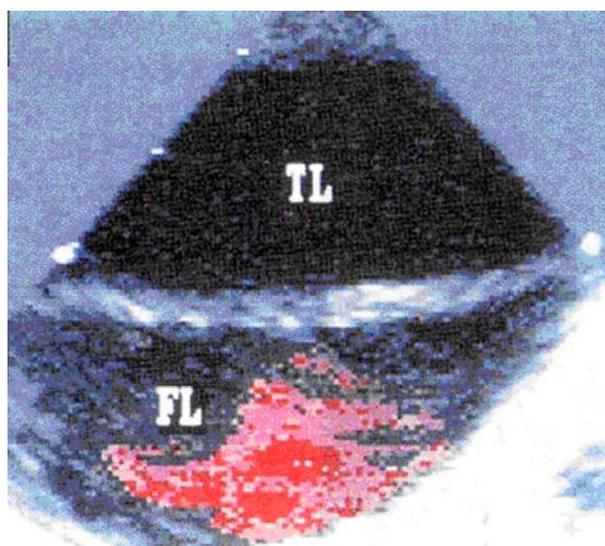


Рисунок 6.2.3. Чрезпищеводная ЭхоКГ больного с расслоением аневризмы аорты. Регистрируется кровоток в пределах ложного канала (FL) в диастолу.

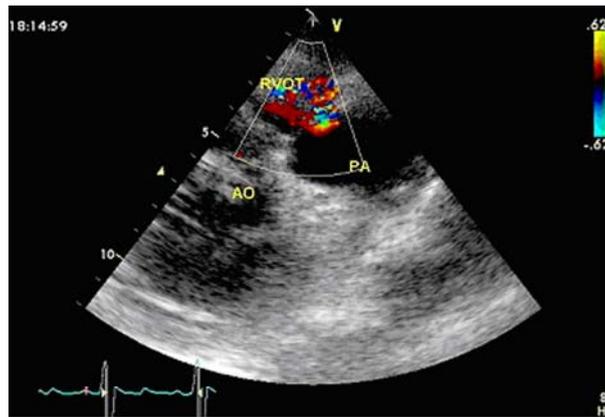


Рисунок 7.1.1. Цветовая ЭхоКГ лёгочной артерии из парастерального доступа по короткой оси на уровне аорты и лёгочной артерии. Стрелкой обозначен поток недостаточности клапана лёгочной артерии. RVOT – выходной тракт правого желудочка, AO – аорта, PA – лёгочная артерия.

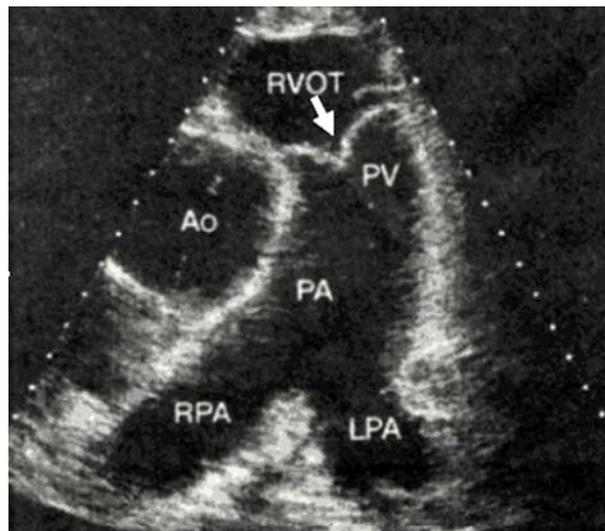


Рисунок 7.1.2. Двумерная ЭхоКГ из парастерального доступа по длинной оси лёгочной артерии. Стрелкой обозначено место размещения контрольного объёма при импульсно-волновом доплер-ЭхоКГ исследовании потока через лёгочный клапан для выявления лёгочной регургитации. RVOT – выходной тракт правого желудочка, PV – лёгочный клапан. PA – лёгочный ствол, RPA – правая лёгочная артерия, LPA – левая лёгочная артерия, Ao – аорта.

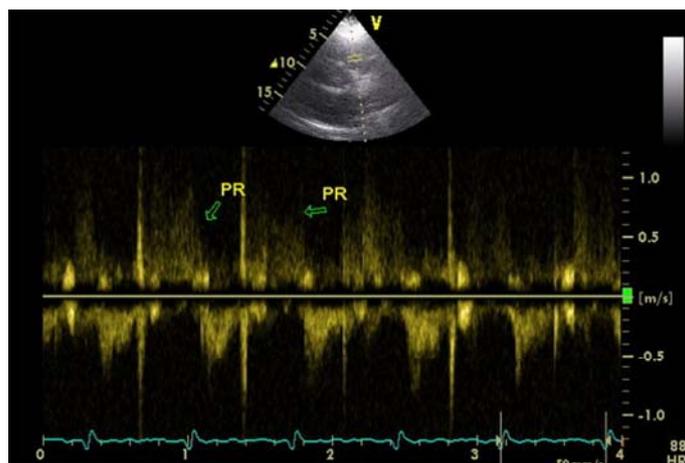


Рисунок 7.1.3. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ при небольшой скорости потока через лёгочный клапан. Поток регистрируется выше базовой линии. PR – недостаточности клапана лёгочной артерии.

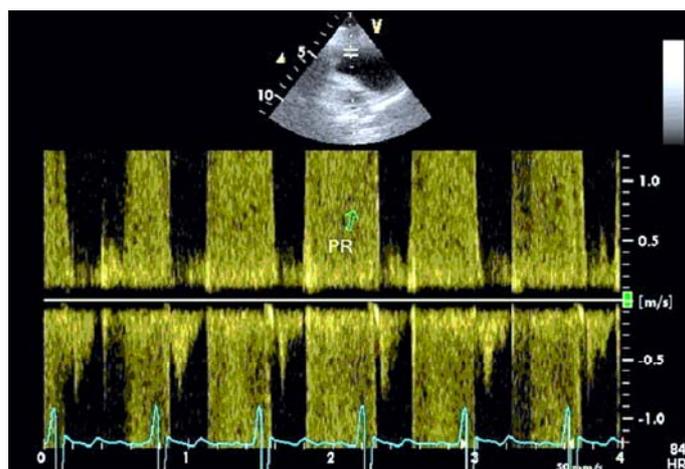


Рисунок 7.1.4. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ при большой скорости потока через лёгочный клапан. Поток имеет двухсторонний характер – стрелка. PR - недостаточности клапана лёгочной артерии.

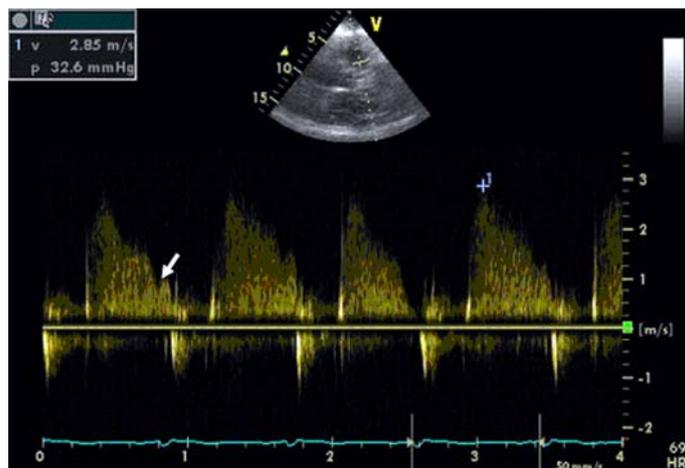


Рисунок 7.1.5. Непрерывно-волновая доплер-ЭхоКГ. Поток лёгочной регургитации располагается выше базовой линии. Стрелка – пик, соответствующий систоле правого предсердия.

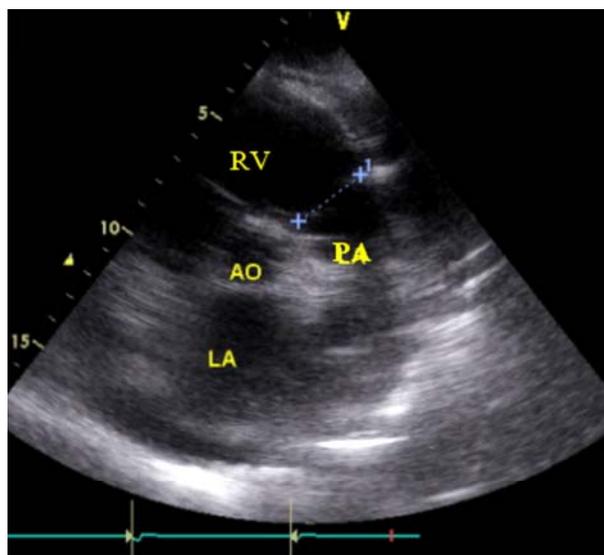


Рисунок 7.1.6. Двумерная ЭхоКГ лёгочной артерии из парастерального доступа по короткой оси на уровне аорты и лёгочной артерии. Расширение ствола лёгочной артерии до 30 мм при недостаточности клапана лёгочной артерии. PA – лёгочная артерия, Ao – аорта, LA – левое предсердие, RV – правый желудочек.

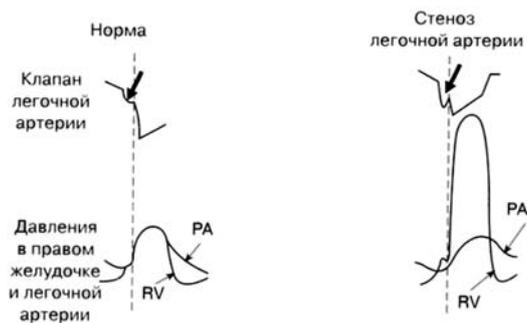


Рисунок 7.2.1. Схема зависимости между формой движения задней створки клапана легочной артерии и изменениями давления в легочной артерии и правом желудочке в норме и при стенозе легочной артерии. При стенозе возрастает глубина волны «А» (стрелка). RV – правый желудочек, PA – легочная артерия.

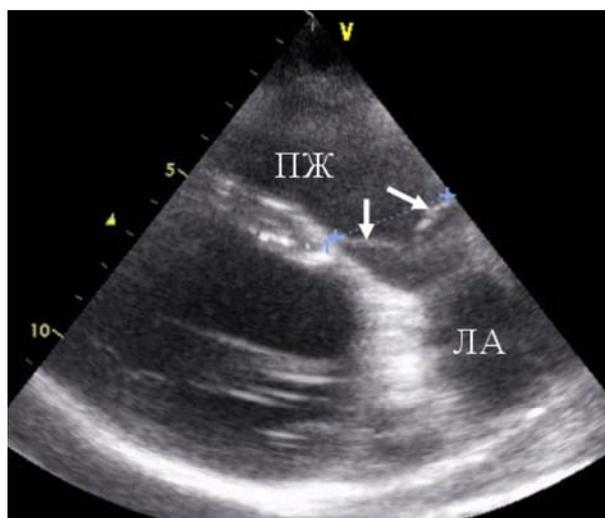


Рисунок 7.2.2. Двумерная ЭхоКГ. парастернальная позиция по длинной оси лёгочной артерии. Створки клапана выглядят утолщенными и уплотненными (стрелки). ЛА – легочная артерия, ПЖ – правый желудочек.

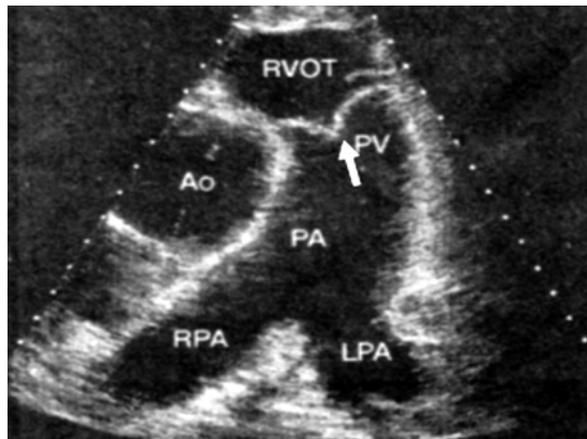


Рисунок 7.2.3. Двумерная ЭхоКГ из парастерального доступа по длинной оси лёгочной артерии. RVOT – выходной тракт правого желудочка, PV – лёгочный клапан. PA – лёгочный ствол, RPA – правая лёгочная артерия, LPA – левая лёгочная артерия, Ao – аорта. Стрелкой обозначено место размещения контрольного объёма при импульсно-волновом доплер-ЭхоКГ исследовании потока через лёгочный клапан для выявления стеноза клапана лёгочной артерии.

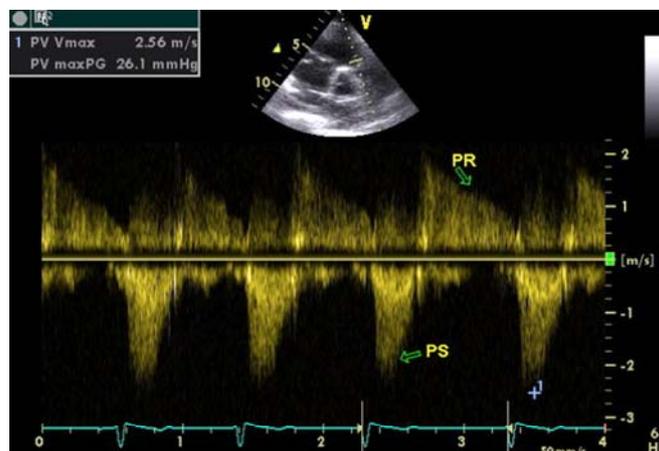


Рисунок 7.2.4. Непрерывно-волновое доплер-ЭхоКГ исследование из парастерального доступа по короткой оси у больного со стенозом лёгочной артерии. Максимальная скорость стенотической струи 2,56 м/с. Максимальный градиент давления между правым желудочком и лёгочной артерией 26,1 мм рт. ст. PS – стенотическая струя, PR – струя регургитации.

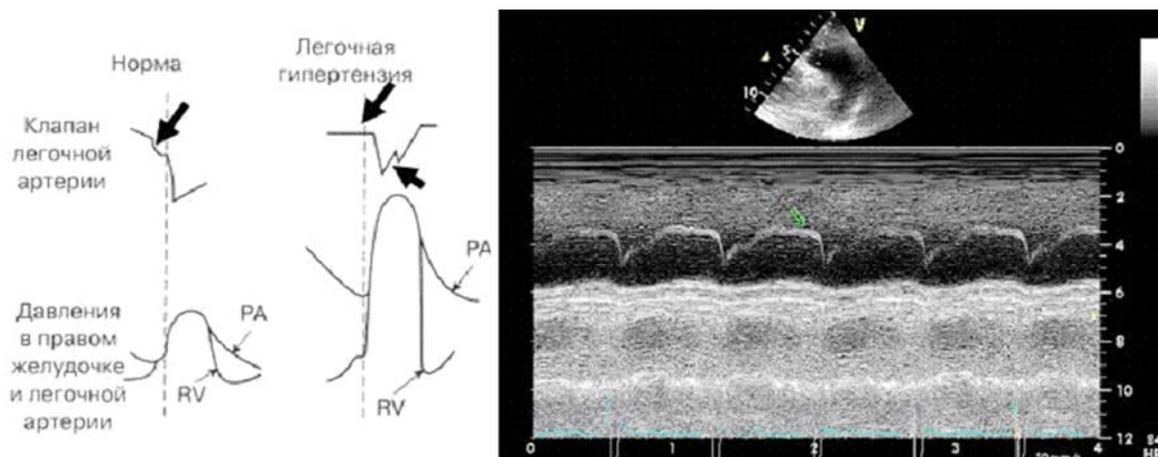


Рисунок 8.1. Схема зависимости между формой движения задней створки клапана легочной артерии и изменениями давления в легочной артерии и правом желудочке в норме (слева) и при легочной гипертензии (схема справа) и эхограмма. При выраженной легочной гипертензии волна «А» (стрелка вверху справа) уменьшена или отсутствует (при синусовом ритме). Так же можно видеть средне-систолическое прикрытие или зазубренность задней створки легочного клапана (стрелка внизу). RV – правый желудочек, PA – легочная артерия.

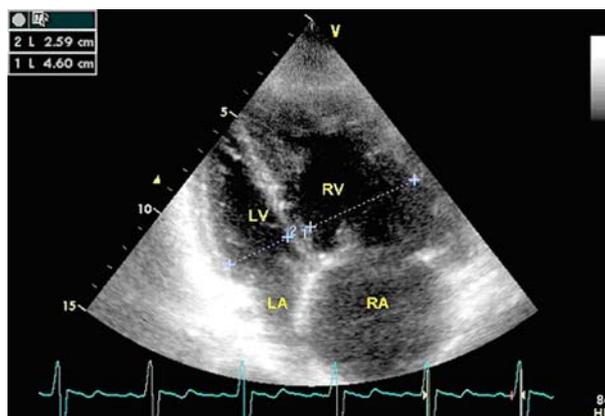


Рисунок 8.2. Двумерная ЭхоКГ, верхушечная четырехкамерная позиция больного с легочной гипертензией. Выраженное расширение правых отделов: диастолический размер правого желудочка 4.6 см, правого предсердия – 5.8 x 5.9 см. Уменьшение диастолического размера левого желудочка до 2.6 см и левого предсердия. Гипертрофия стенки правого желудочка до 2 см. RV – правый желудочек, RA – правое предсердие, LV – левый желудочек, LA – левое предсердие.

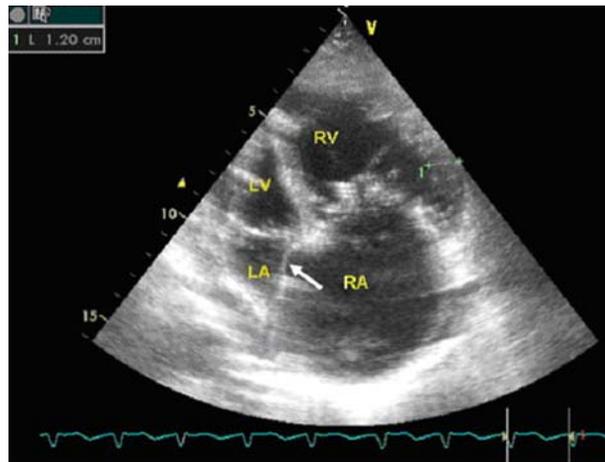


Рисунок 8.3. Двумерная ЭхоКГ, верхушечная четырехкамерная позиция у больного с легочной гипертензией. Выраженное расширение правых отделов. Размер правого предсердия – 5,8 x 5,6 см. Уменьшение левого предсердия. Гипертрофия стенки правого желудочка до 1.2 см. Выбухание межпредсердной перегородки в сторону левого предсердия (стрелка) RV – правый желудочек, RA – правое предсердие, LV – левый желудочек, LA – левое предсердие.



Рисунок 8.4. Парастеральная позиция по короткой оси. Левый и правый желудочки в систолу (слева) и в диастолу (справа) у больной с легочной гипертензией 180 мм рт. ст. Расширение правого желудочка. Сдавливание левого желудочка. В систолу прогиб межжелудочковой перегородки (стрелка) в сторону небольшого левого желудочка. В диастолу плоская межжелудочковая перегородка (стрелка) и сохранение формы левого желудочка в виде буквы D. RV – правый желудочек, LV – левый желудочек.

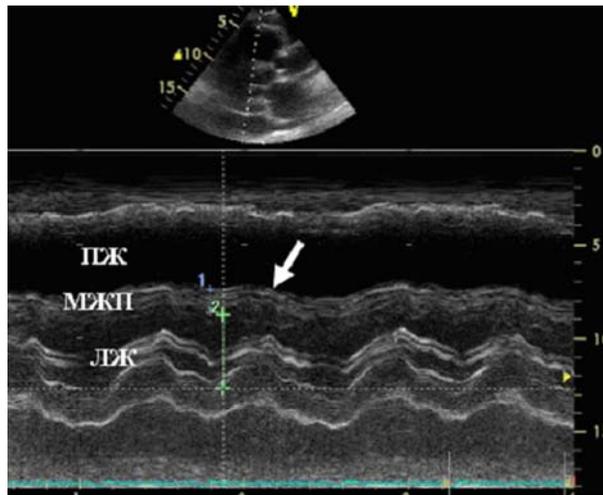


Рисунок 8.5. М-режим, короткая ось левого желудочка. Парадоксальное движение межжелудочковой перегородки при высокой степени легочной гипертензии (стрелка). ПЖ – правый желудочек, МЖП – межжелудочковая перегородка, ЛЖ – левый желудочек.

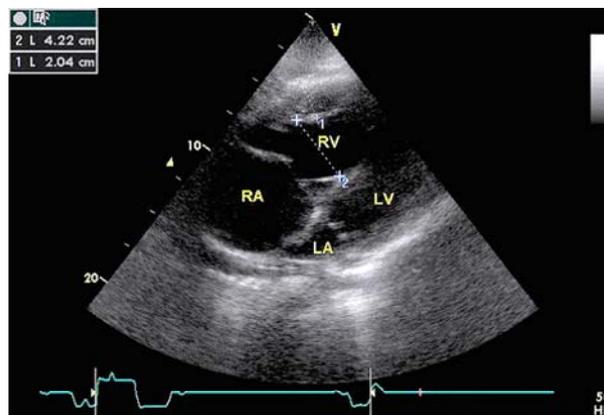


Рисунок 8.6. Двумерная субкостальная четырехкамерная позиция у больного с легочной гипертензией. Толщина стенки правого желудочка в диастолу 2 см. Полость правого желудочка 4.2 см. RV – правый желудочек, RA – правое предсердие, LV – левый желудочек, LA – левое предсердие.

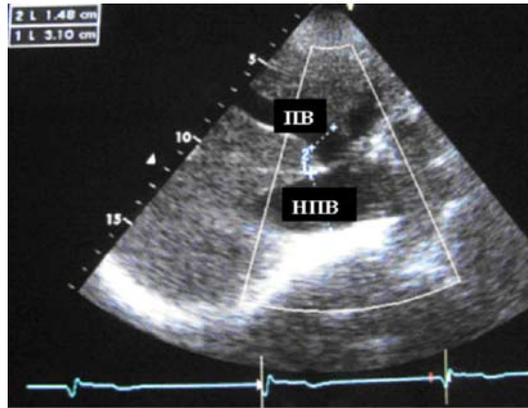


Рисунок 8.7. Двумерная ЭхоКГ, субкостальная позиция. Расширение нижней полой вены (НПВ) до 3,1 см и печеночной вены (ПВ) до 1,48 см у больного с легочной гипертензией.

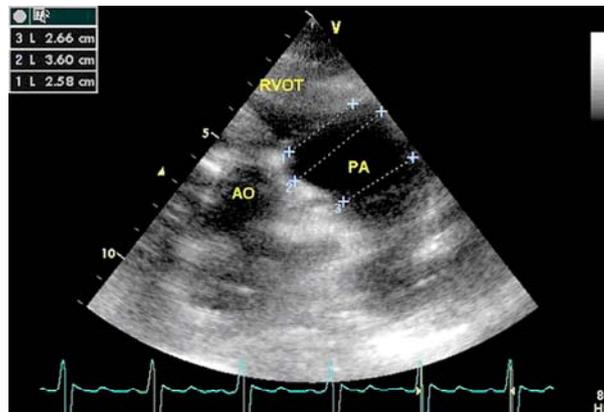


Рисунок 8.8. Двумерная ЭхоКГ легочной артерии из парастерального доступа по короткой оси на уровне аорты и легочной артерии. Расширение ствола легочной артерии до 3,6 мм у больного с легочной гипертензией. PA – легочная артерия, RV – правый желудочек.

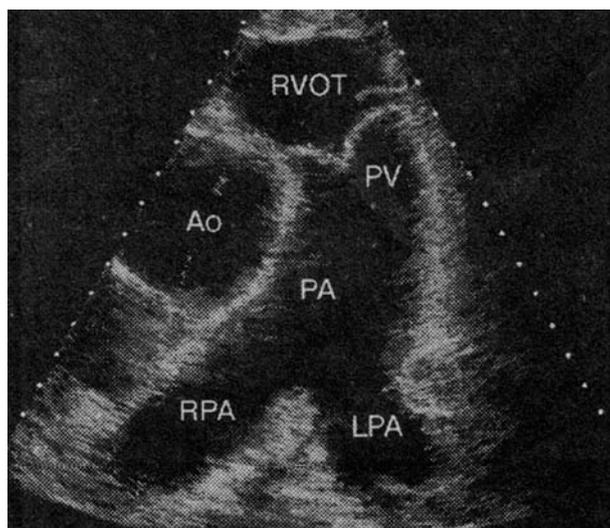


Рисунок 8.9. Двумерная ЭхоКГ легочной артерии из парастерального доступа по короткой оси на уровне аорты и легочной артерии. RVOT – выходной тракт правого желудочка, PV – легочный клапан. PA – легочный ствол, RPA – правая легочная артерия, LPA – левая легочная артерия, Ao – аорта.

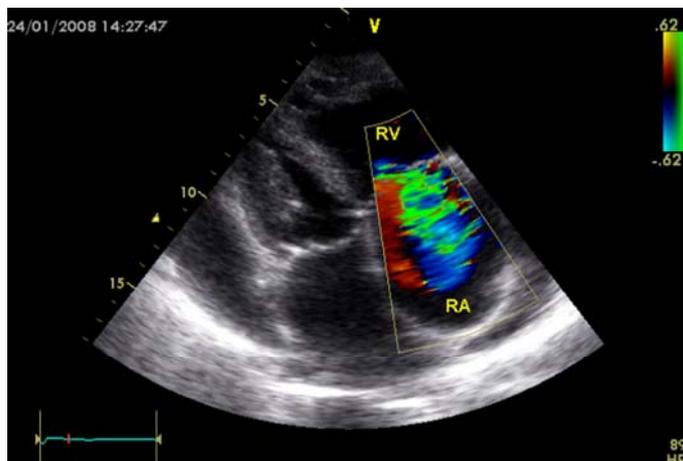


Рисунок 8.10. Цветовая доплер-ЭхоКГ четырехкамерная апикальная позиция. Выраженная трикуспидальная регургитация у больного с легочной гипертензией. RV – правый желудочек, RA – правое предсердие.

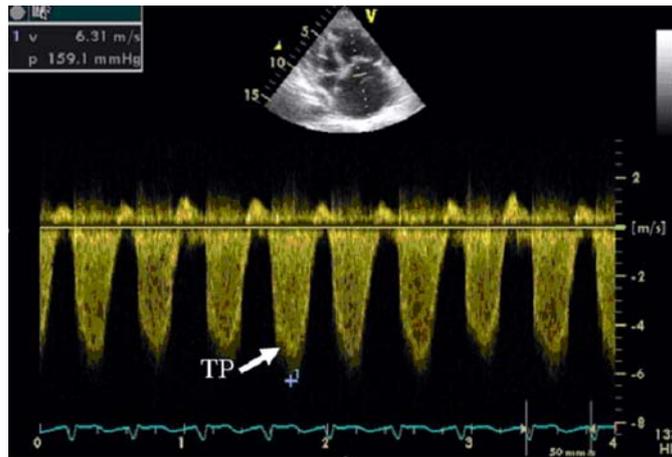


Рисунок 8.11. Постоянно-волновое доплер-ЭхоКГ исследование из верхушечного доступа у больной с лёгочной гипертензией. Максимальная скорость кровотока через трехстворчатый клапан 6,31 м/с. Стрелка TR – трикуспидальная регургитация.

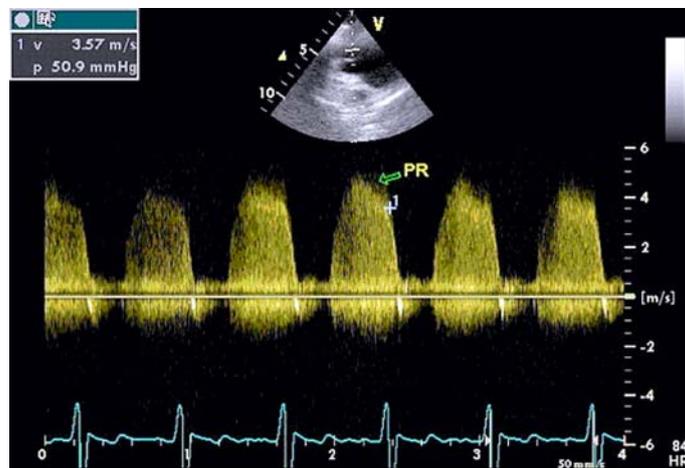


Рисунок 8.12. Непрерывно-волновая доплер-ЭхоКГ, парастеральная позиция по короткой оси на уровне легочного клапана. Для расчета конечного диастолического давления в легочной артерии измеряется скорость потока легочной регургитации в конце диастолы.

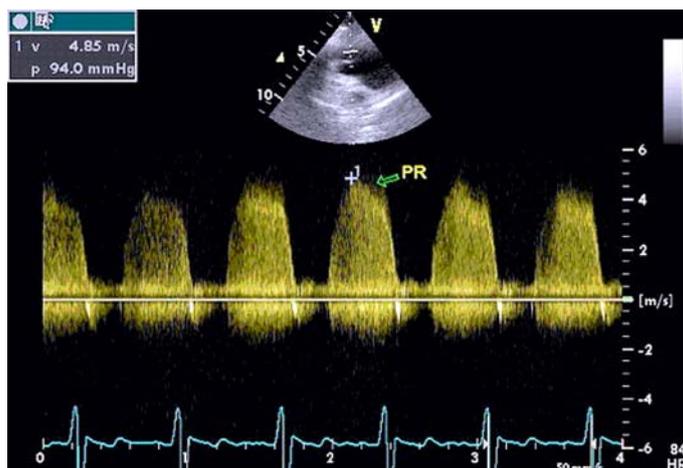


Рисунок 8.13. Непрерывно-волновая доплер-ЭхоКГ, парастеральная позиция по короткой оси на уровне легочного клапана. Для расчета среднего диастолического давления в легочной артерии измеряется максимальная скорость потока легочной регургитации. В нашем примере - 4,85 м/с.

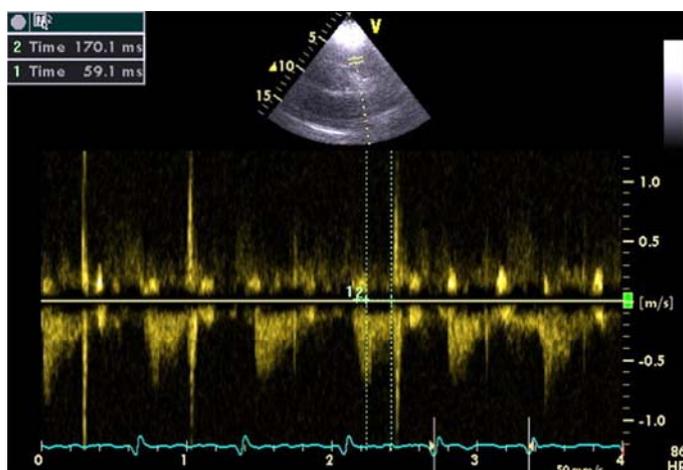


Рисунок 8.14. Импульсно-волновая доплер-ЭхоКГ. У больного с легочной гипертензией сокращается время ускорения легочного артериального кровотока до 59 мс, время изгнания 170 мс.

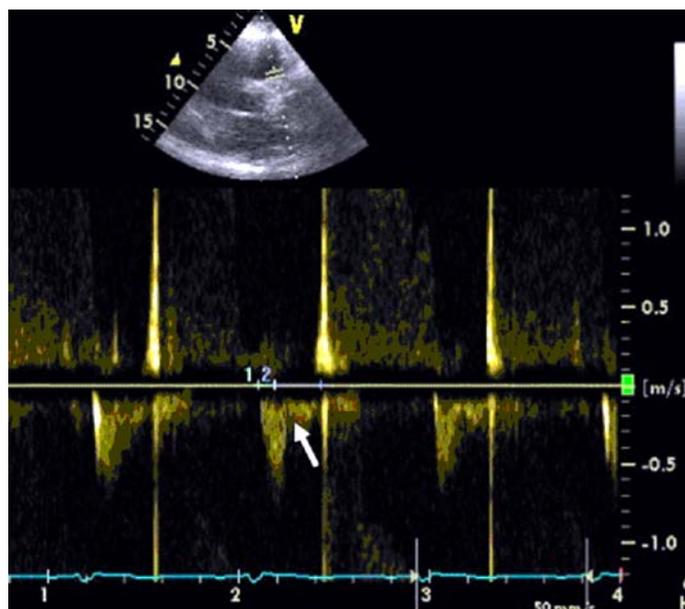


Рисунок 8.15. Допплерограмма легочного систолического потока. Средне-систолическая зазубренность при легочной гипертензии (стрелка) – признак 100% специфичен для легочной гипертензии.

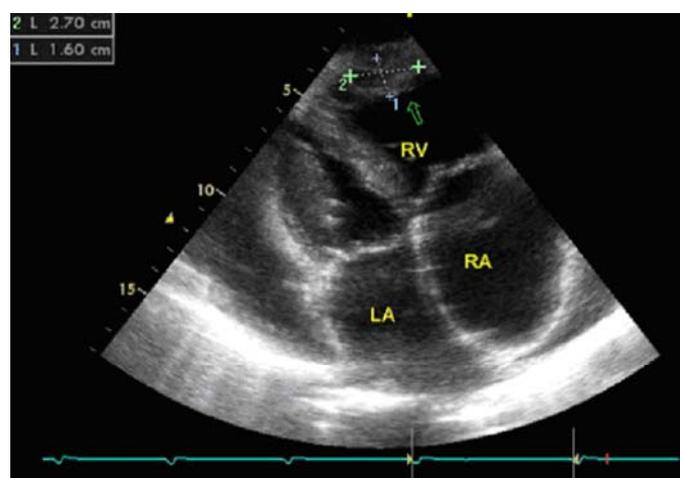


Рисунок 8.16. Двумерная ЭхоКГ, четырехкамерная верхушечная позиция. Тромб в области верхушки правого желудочка (стрелка). RV – правый желудочек, RA – правое предсердие, LA – левое предсердие.

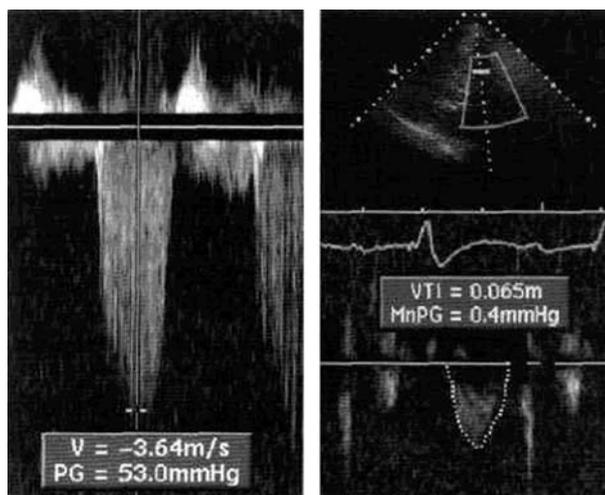


Рисунок 8.17. Допплер-ЭхоКГ. Постоянно-волновой режим, максимальная скоростью трикуспидальной регургитации (слева). Импульсно-волновой режим, интеграл линейной скорости в выносящем тракте правого желудочка (справа).

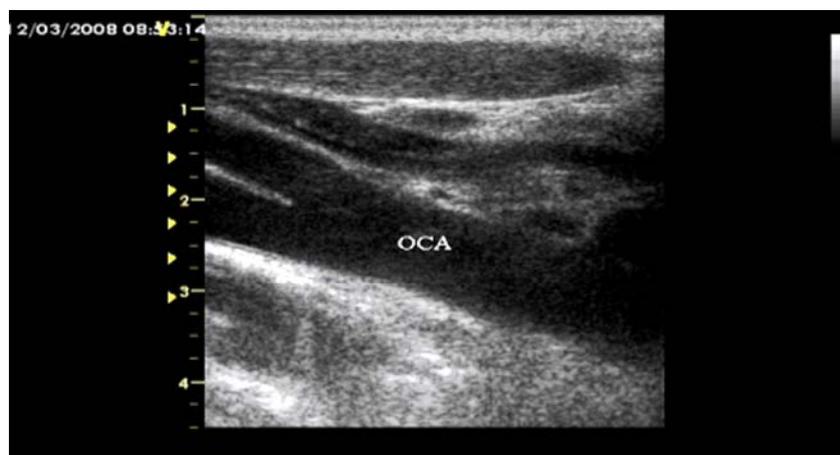


Рисунок 9.1.1. Двухмерное изображение бифуркации ОСА

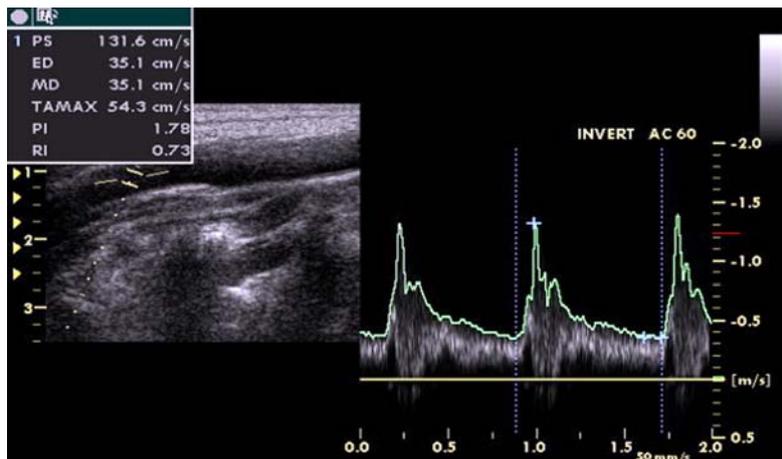


Рисунок 9.1.2. Эхограмма в двухмерном режиме и спектрограмма кровотока ВСА в норме

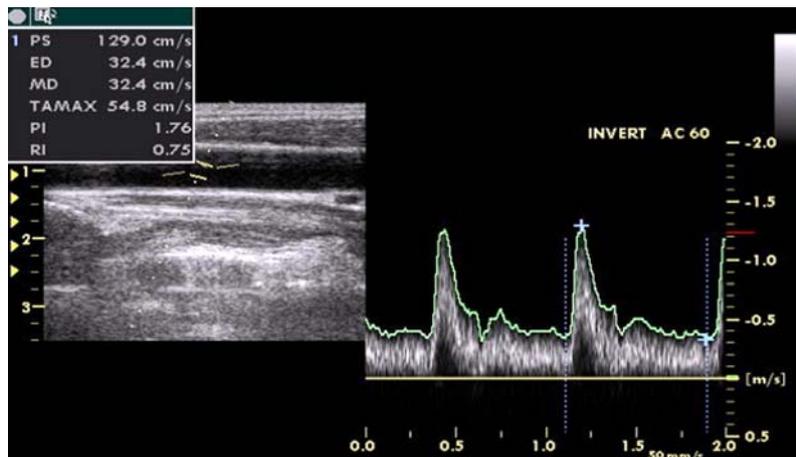


Рисунок 9.1.3. Эхограмма в двухмерном режиме и спектрограмма кровотока НСА в норме



Рисунок 9.1.4. Спектральное расширение при ламинарном и турбулентном потоке крови (По Афанасьевой Е.Д., 2002г)

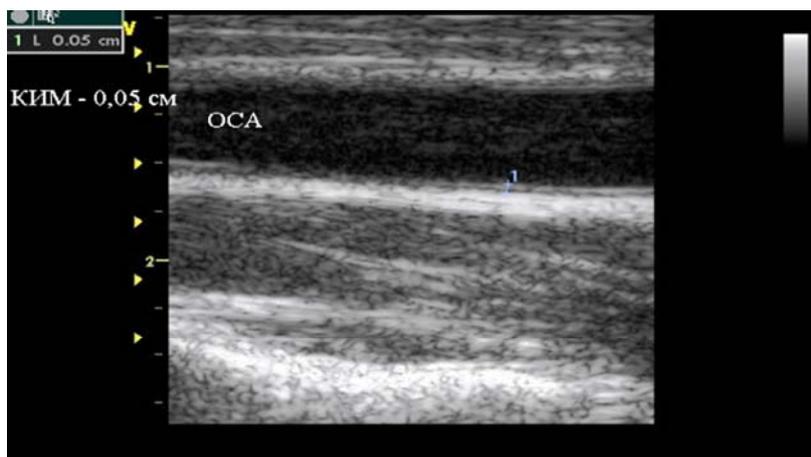


Рисунок 9.1.5. Продольное сканирование ОСА в В-режиме. Задняя стенка имеет трехполосную структуру: интима в виде тонкой нити средней интенсивности, эхонегативная медиа в виде ровной нити и гиперэхогенная адвентиция.

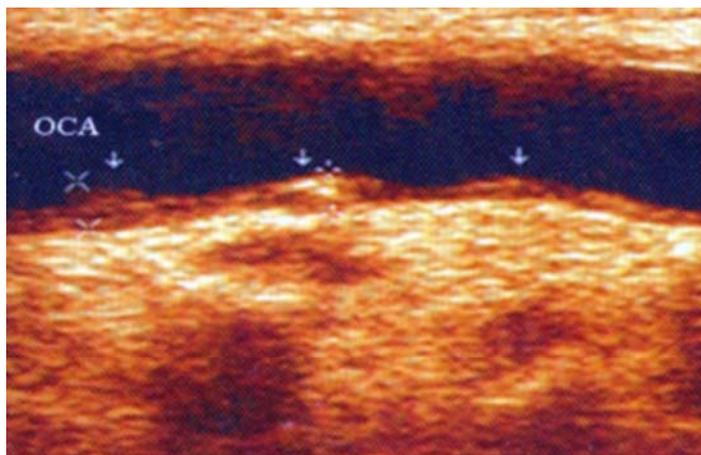


Рисунок 9.1.6. Сканирование ОСА в В-режиме: неравномерное диффузное утолщение ком-плекса интима-медиа по задней стенке с формированием единичных плоских атеросклеротических бляшек с включениями кальция.



Рисунок 9.1.7. Сканирование ВСА в В-режиме: гиперэхогенная бляшка с включениями кальция в устье ВСА с изъязвленной поверхностью и образованием ниш.

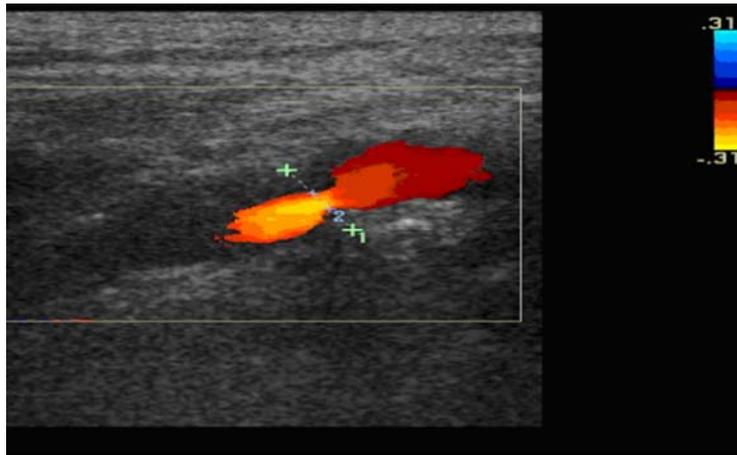


Рисунок 9.1.8 Дуплексное сканирование ВСА. Гетерогенная атеросклеротическая бляшка, вызывающая стеноз просвета артерии в дистальном направлении до 73% по диаметру.

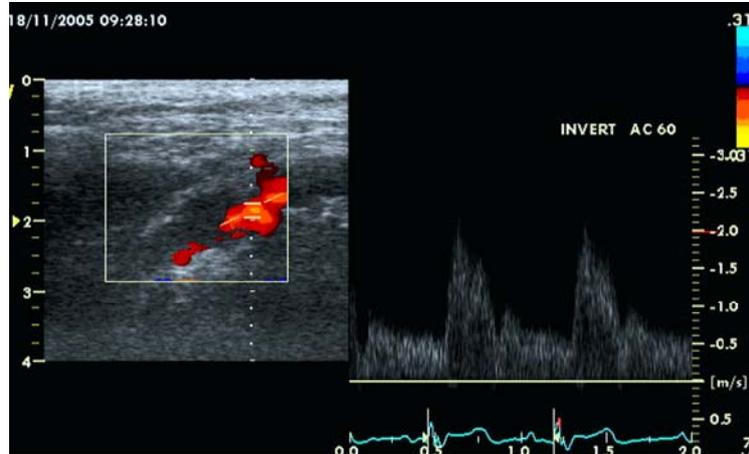


Рисунок 9.1.9 . Дуплексное сканирование ВСА. Спектрограмма кровотока на стенозе: увеличение линейной скорости кровотока до 2,1 м/с

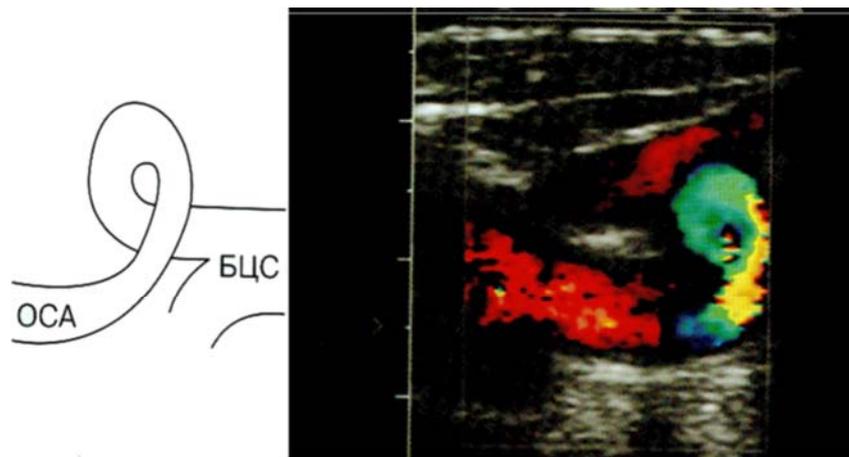


Рисунок 9.1.10. Дуплексное сканирование и схема правой ОСА: петлеобразная извитость от устья ОСА (По Агаджановой Л.П., 2000)

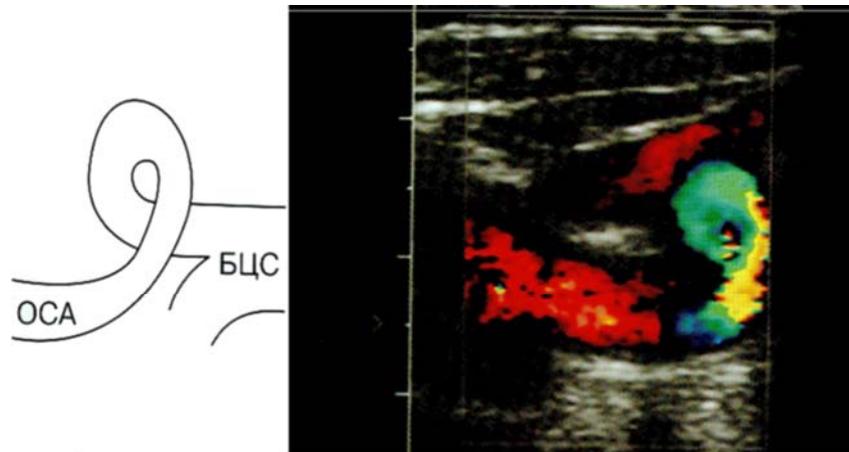


Рисунок 9.1.12. Дуплексное сканирование и схема правой ОСА: петлеобразная извитость от устья ОСА (По Агаджановой Л.П., 2000)

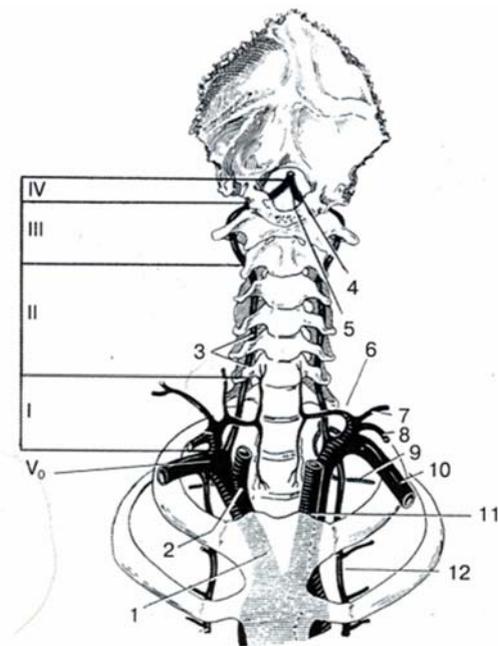


Рисунок 9.2.1. Отхождение ветвей дуги аорты в норме:  
 1-плечеголовной ствол;  
 2-правая общая сонная артерия;  
 3- позвоночная артерия;  
 4 - VI сегмент позвоночной артерии;  
 6-основная артерия;  
 6-нижняя щитовидная артерия;  
 7-поперечная артерия шеи;  
 8-надлопаточная артерия;  
 9-первая межреберная артерия;  
 10- левая подключичная артерия;  
 11-левая общая сонная артерия;  
 12 – внутренняя грудная артерия.

(По Аничков М.Н., Лев И.Д.  
 Клинико-анатомический атлас  
 патологии аорты.  
 Л.: Медицина, 1967)

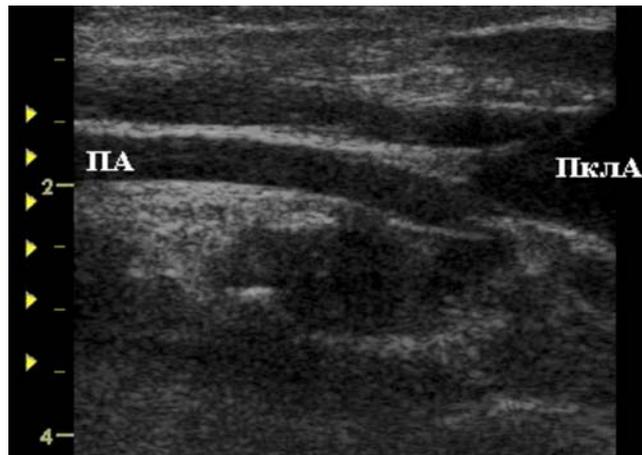


Рисунок 9.2.2. Сканирование устья и I сегмента позвоночной артерии в норме

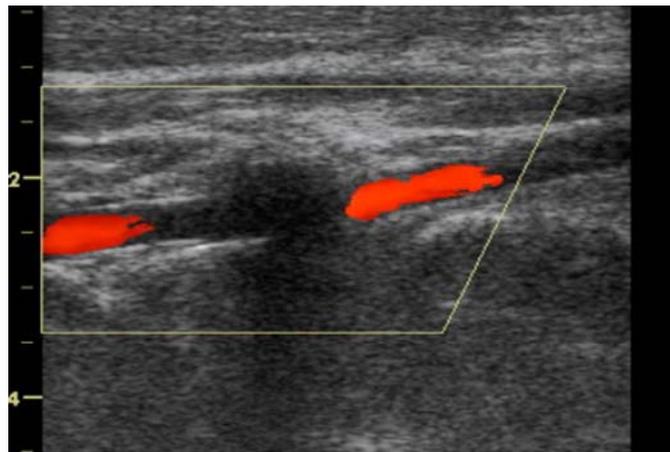


Рисунок 9.2.3. Дуплексное сканирование позвоночной артерии: нормальный анатомический ход позвоночной артерии – вхождение артерии в костный канал поперечного отростка шест-того шейного позвонка.

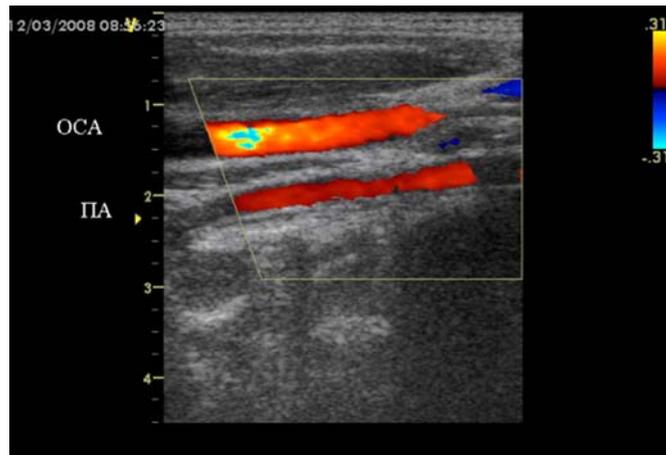


Рисунок 9.2.4. Дуплексное продольное сканирование ОСА и ПА в норме: кровотоки картируются одним цветом вследствие однонаправленного в норме кровотока в сонных и позвоночных артериях.

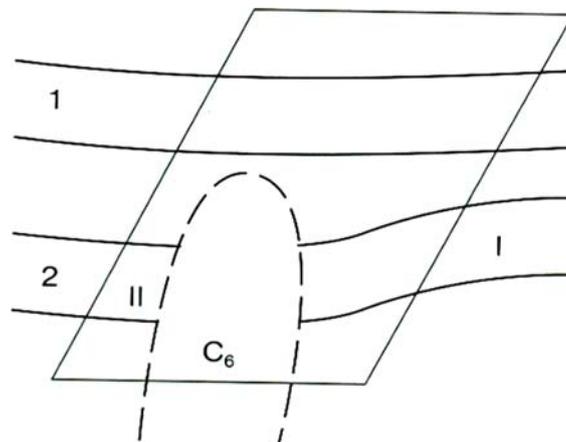


Рисунок 9.2.5. Топографическая схема ОСА и ПА (по Агаджановой Л.П., 2000)

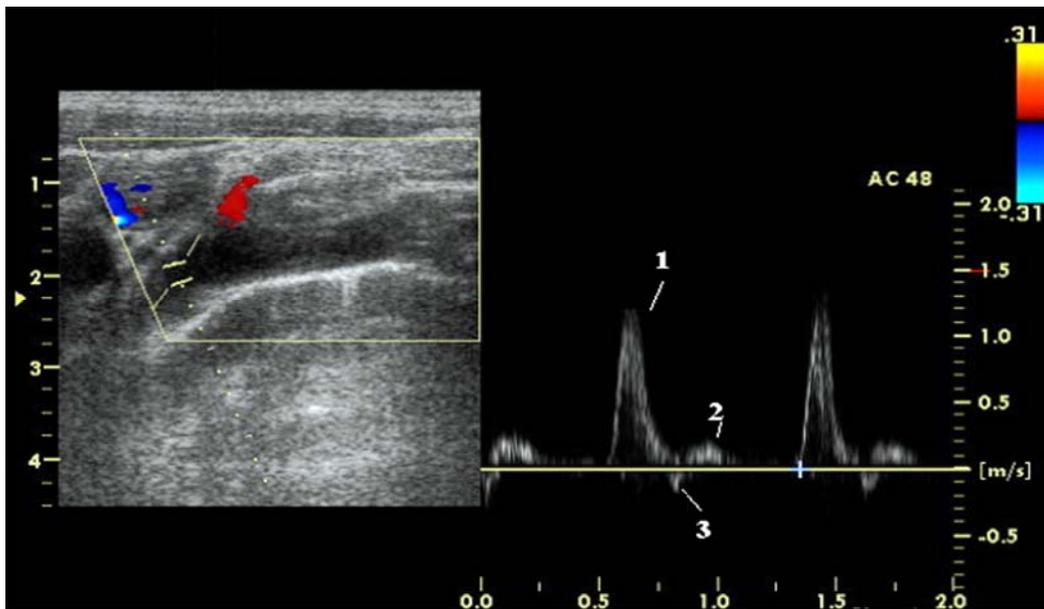


Рисунок 9.3.1. Дуплексное сканирование и спектрограмма кровотока подключичной артерии в норме: типичная трехфазная огибающая спектра доплеровского сдвига частот:  
 1 – систолический антеградный кровоток с высокой линейной скоростью; 2 – реверсивный кровоток в ранней диастоле;  
 3 - антеградный кровоток в средней диастоле с низкой линейной скоростью кровотока.

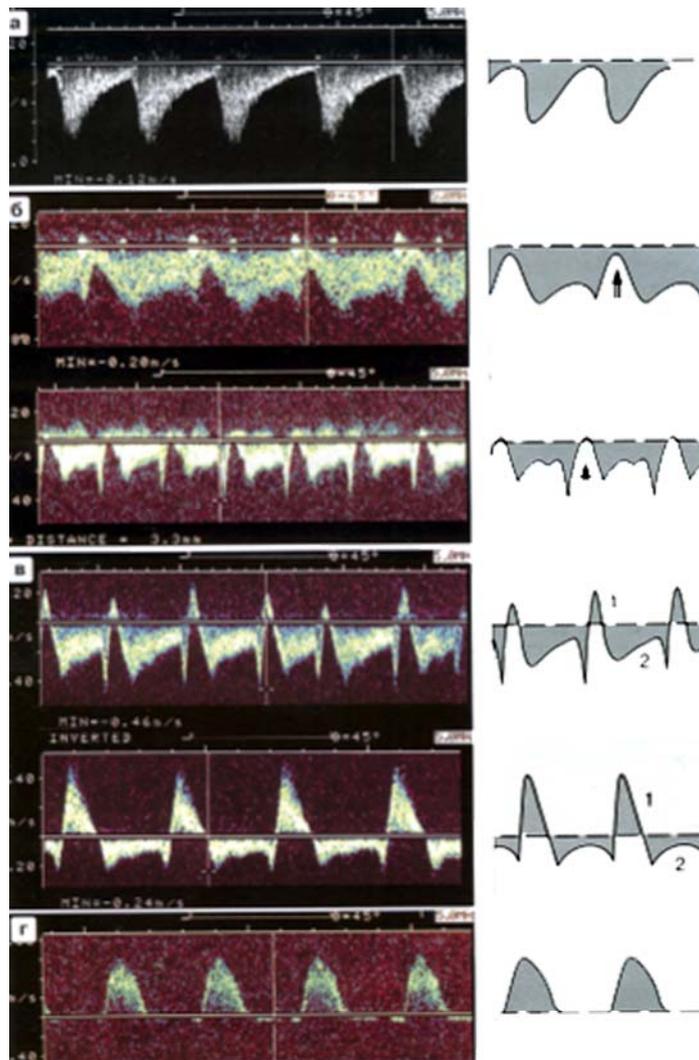


Рисунок 9.3.2. Спектограммы кровотока в позвоночной артерии в норме и при различных вариантах стил-синдрома. а - норма, б – начальный стил-синдром. Стрелкой указан систолический «провал», в – переходный стил-синдром с двунаправленным потоком (1 – систолический ретроградный, 2 – диастолический антероградный кровоток), г – полный стил-синдром. (По Агаджановой Л.П.,2000).

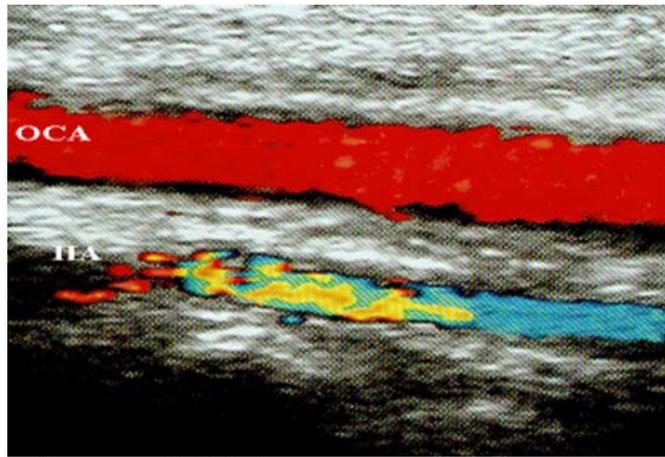


Рисунок 9.3.3. Дуплексное сканирование ОСА и ПА. Позвоночно-подключичный стил-синдром. Разнонаправленный кровоток в ОСА и ПА.

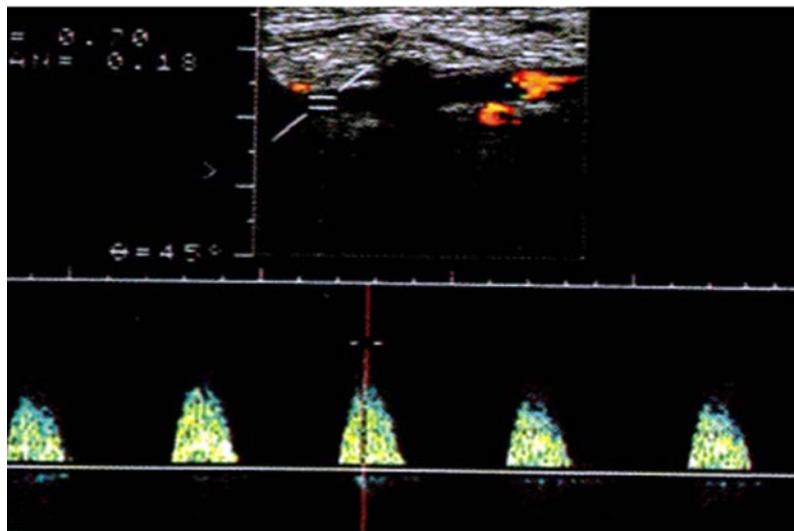


Рисунок 9.3.4. Позвоночно-подключичный стил-синдром. Ретроградный кровоток периферического типа в позвоночной артерии, отсутствует диастолическая фаза.

## ОПИСАНИЕ КУРСА И ПРОГРАММА

---

### 1. Общее описание курса

**Цель курса:** изучение морфо-функционального состояния сердца и магистральных сосудов, как в норме, так и при различных патологиях.

Область знаний: кардиология

#### **Задачи курса:**

Изучение ультразвуковых изменений и гемодинамических показателей сердца и сосудов при различных врожденных и приобретенных заболеваниях магистральных сосудов.

Тематическое усовершенствование знаний по вопросам кардиологии с учетом последних рекомендаций по диагностике и лечению заболеваний сердечно-сосудистой системы, подготовка в области эхокардиографии врачей с высшим медицинским образованием по специальности «лечебное дело».

1. Усовершенствование знаний врачей об этиологии, патогенезе, клинике, диагностике и лечении заболеваний сердца и сосудов.

2. Получение врачами систематизированных теоретических знаний по эхокардиографии, в частности по изучению ультразвуковых изменений и гемодинамических показателей сердца и сосудов при различных врожденных и приобретенных заболеваниях магистральных сосудов.

3. Приобретение практических умений и навыков по данной тематике.

4. Знакомство с новейшими технологиями в области ультразвуковой диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы и освоение новых эхокардиографических методик.

## **Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

### **Курсант должен знать и уметь использовать:**

- основы законодательства о здравоохранении и директивные документы, определяющие деятельность органов и учреждений здравоохранения;
- основы медицинского страхования и деятельности медицинского учреждения в условиях страховой медицины;
- современные диагностические методы, применяемые в кардиологии, интерпретацию полученных данных и подходы к лечению больных;
- теоретические и практические основы эхокардиографии, необходимые в практической деятельности врача функциональной диагностики;
- показания для проведения эхокардиографического исследования сердца.

### **Курсант должен иметь навыки:**

- оформления протокола исследования.

### **Курсант должен иметь представление:**

- о современных направлениях в организации работы кабинета функциональной и ультразвуковой диагностики;
- о различных методах визуализации сердца с использованием новых технологий;
- об изменениях ультразвуковой картины сердца и магистральных сосудов при наиболее распространенных заболеваниях сердечно-сосудистой системы.

### **Основные знания, необходимые для изучения дисциплины:**

- нормальная и патологическая анатомия сердца;
- нормальная и патологическая физиология сердечно-сосудистой системы;
- этиология, патогенез и клиника основных заболеваний сердца и аорты;
- общие вопросы организации терапевтической, кардиологической, хирургической и педиатрической службы в стране, работу отделений и кабинетов функциональной и ультразвуковой диагностики лечебно-профилактических учреждений и диагностических центров;
- физико-технические основы ультразвука;
- современные методы ультразвуковой диагностики;

Программа рассчитана на врачей-терапевтов, кардиологов, врачей функциональной диагностики, ординаторов, аспирантов, повышающих квалификацию/обучающихся по специальностям кардиология, функциональная диагностика, терапия в рамках дополнительного профессионального образования и может быть курсом по выбору.

### **Инновационность курса:**

Учебно-образовательный характер инновации, отражающийся в содержании и методике преподавания с использованием современного ультразвукового оборудования с трех – и четырехмерной реконструкцией сердца и магистральных сосудов, новейших опций (тканевая миокардиальная доплерэхокардиография) для исследования систолической и диастолической функции миокарда левого желудочка.

Методика преподавания: интерактивные лекции, просмотр учебных видеофильмов с записью типичных клинических ситуаций, мультимедийные проекторы, слайды, обучающие компьютерные программы, тематические и итоговые тесты, ситуационные задачи, разбор диагностически

сложных клинических случаев. Имеется фонд методических пособий и библиотека, содержащая современные учебники по кардиологии и эхокардиографии, ведущие периодические издания на русском и английском языках (Эхокардиография, Кардиология, Терапевтический архив, Сердечная недостаточность, Сердце, Lancet, New England Journal of Medicine, Hypertension, Circulation, European Heart Journal, Blood Pressure Monitoring), персональные компьютеры с возможностью выхода в Интернет.

Учебный процесс будет организован на базе Городской клинической больницы № 64.

Курс рассчитан на 72 часа, включает теоретическую подготовку: лекции, семинары, практические и тестовые занятия.

#### **Темы лекционных занятий (10):**

1. Клиническая анатомия сердца и магистральных сосудов. Физиология кровообращения.
2. Гемодинамические показатели, получаемые при эхокардиографическом исследовании в норме
3. Допплерографический анализ кровотока в аорте, легочной артерии, сосудов брахиоцефального ствола
4. Врожденная и приобретенная патология аортального клапана. Ультразвуковая диагностика
5. Болезни аорты. Эхокардиографические критерии.
6. Ультразвуковая диагностика патологии клапана легочной артерии
7. Тромбоэмболия легочной артерии. Хроническое легочное сердце. Эхокардиографические признаки легочной гипертензии.
8. Ультразвуковая диагностика заболеваний сонных артерий
9. Ультразвуковая диагностика заболеваний позвоночных артерий

10. Ультразвуковая диагностика плече-головного ствола и подключичных артерий.

### **Темы семинарских занятий (46 часов)**

1. Анатомия сердца и сосудов. Физиология кровообращения. Типы расположения магистральных артерий – 4 часа.

2. Допплер-эхокардиография (ДЭхоКГ): физические принципы и основные параметры. Эффект Допплера. ДопплерЭхоКГ в импульсном и постоянно- волновом режимах. Регулировка при ДЭхоКГ. Технические ограничения. –4 часа.

3. Допплерографический анализ кровотока в аорте, легочной артерии, ветвей дуги аорты- 2 часа.

4. Гемодинамическая информация, получаемая при эхокардиографическом исследовании – 1 час

5. Патология аортального клапана. Аортальный стеноз. Аортальная недостаточность -2 часа

6. Патология клапана легочной артерии – 2 часа

7. Врожденные пороки сердца: аномалии выносящего тракта левого желудочка. Подклапанная обструкция. Клапанный аортальный стеноз. Надклапанный аортальный стеноз. Коарктация аорты. – 6 часов

8. Болезни аорты. Дилатация и аневризма аорты. Расслоение аорты. Травматическое повреждение аорты. – 4 часа

9. Поражение аорты и клапана легочной артерии при инфекционном эндокардите - 2 часа

10. Эхокардиографические признаки легочной гипертензии. Оценка систолического, диастолического и среднего давления в легочной артерии – 4 часа.

11. Оценка кровотока в нижней полой и воротных венах – 2 часа.

12. Анатомическая характеристика экстракраниального отдела брахиоцефальных сосудов. Клиническая физиология сосудистой гемодинамики – 2 часа.

13. Ультразвуковая диагностика поражений ветвей дуги аорты. Определение степени локальных нарушений кровотока -2 часа

14. Атеросклеротическое поражение сосудов ветвей дуги аорты. Структура атеросклеротической бляшки -3 часа

15. Ультразвуковая диагностика неспецифического аорто-артериита – 2 часа

16. Стенозирующее поражение подключичных артерий и брахиоцефального ствола. Стилл- синдром. - 4 часа

### **Практические занятия (16 часов)**

#### **Перечень практических навыков, осваиваемых в ходе цикла.**

1. Метрологические характеристики УЗ аппаратуры, номенклатура основных УЗ приборов. Критерии качества УЗ аппаратуры. Чувствительность УЗ системы, фронтальное и осевое разрешение, динамический диапазон серой шкалы.

2. Клиническая анатомия и физиология сердца и магистральных сосудов.

3. Физические свойства ультразвука, датчики и генерация УЗ-лучей. Принципы ультразвукового метода исследования и механизмы биологического действия ультразвука. Особенности аппаратуры, используемой для проведения УЗ исследования.

4. Принципы М-модальности, двухмерной и трехмерной ЭхоКГ. Современные методы УЗ диагностики. Приборы медленного и быстрого сканирования. Датчики, работающие в режиме реального времени. Методы контроля качества УЗ исследования. Потенциальные артефакты.

5. Эффект Допплера. ДЭхоКГ в импульсном и постоянно- волновом режимах. Регулировка при ДЭхоКГ. Технические ограничения.

6. Цифровая ЭхоКГ. Компьютерная обработка ЭхоКГ. Биологическое воздействие ультразвука.

7. Выбор датчика, положение пациента, расположение датчика. Основные позиции для проведения ЭхоКГ исследования: парастернальная (по длинной и короткой оси ЛЖ), апикальная, субкостальная, супрастернальная. Исследование в В- и М-режимах

8. Основные качественные и количественные параметры одномерной, двухмерной эхокардиографии. Основные качественные и количественные параметры ДЭхоКГ.

9. Показания к проведению эхокардиографии при основных заболеваниях сердца. Протокол стандартного эхокардиографического исследования.

10. Измерения просвета корня аорты, полостей и стенок камер сердца. Расчетные показатели. Форма, количественная оценка размеров, толщины стенок, массы миокарда. Оценка внутрисердечной гемодинамики, определение площади ЛЖ. Акустический объемный анализ.

11. Оптимальные позиции для визуализации, оценка структуры, функции, размера и площади клапанных отверстий в норме.

12. Оценка степени митральной и трикуспидальной регургитации по данным доплерЭхоКГ и цветного доплеровского картирования у больных с различной патологией сердца. Определение систолического давления в легочной артерии.

13. Оценка структуры клапана легочной артерии, степени регургитации, методика определения среднего и диастолического давления в легочной артерии по данным доплерЭхоКГ.

14. Эхокардиографические признаки легочной гипертензии. Оценка систолического, диастолического и среднего давления в легочной артерии.

15. Эхокардиографические признаки поражения различных отделов аорты. Дилатация и расслаивающая аневризма аорты, аневризма синуса Вальсальвы.

16. Оценка кровотока в нижней полой и воротных венах.

17. Оценка диастолической функции левого желудочка с помощью импульсно-волновой и цветовой доплерографии. Оценка основных типов диастолической дисфункции ЛЖ. Основные показатели, характеризующие состояние диастолической функции.

18. Тканевая доплерЭхоКГ. Расчет количественных параметров.

19. Оценка функционального состояния сердца по данным тканевойДЭхоКГ.

20. Чреспищеводная ЭхоКГ. Показания, противопоказания, диагностические возможности при изменении магистральных сосудов и врожденных пороках сердца.

21. Анатомическая характеристика экстракраниального отдела брахиоцефальных сосудов. Клиническая физиология сосудистой гемодинамики. Показания к исследованию ветвей дуги аорты. Определение степени локальных нарушений кровотока.

22. Ультразвуковая диагностика поражений ветвей дуги аорты. Структура атеросклеротической бляшки.

23. Ультразвуковая диагностика неспецифического аорто-артериита – 2 часа

24. Стенозирующее поражение подключичных артерий и брахиоцефального ствола. Стилл- синдром.

## Тестовый контроль знаний

**001.** Показатель фракции выброса при дилатационной кардиомиопатии равен:

- а) 70%
- б) 50%
- в) 30%
- г) Менее 50%
- д) Более 50%

**002.** Толщина стенки миокарда левого желудочка у больных с дилатационной кардиомиопатией:

- а) увеличена
- б) увеличена или нормальная
- в) уменьшена
- г) уменьшена или нормальная

**003.** Толщина стенки миокарда левого желудочка в конце диастолы у больных с дилатационной кардиомиопатией составляет:

- а) 15 мм
- б) 14 мм
- в) 12-14 мм
- г) до 12 мм
- д) более 15 мм

**004.** Размер полости левого желудочка в конце диастолы при дилатационной кардиомиопатии составляет:

- а) 45-56 мм
- б) более 56 мм
- в) 40-35 мм
- г) 30-35 мм

**005.** Показатель фракции выброса левого желудочка при дилатационной кардиомиопатии составляет:

- а) 70%
- б) 50-70%
- в) 70-80%
- г) менее 50%

**006.** Эхокардиографическими признаками дилатационной кардиомиопатии являются:

- а) дилатация всех камер сердца
- б) диффузное нарушение сократимости
- в) увеличение расстояния от пика Е-точки максимального диастолического открытия – до межжелудочковой перегородки
- г) наличие митральной и трикуспидальной регургитации
- д) верно все

**007.** Толщина стенок левого желудочка при гипертрофии небольшой степени составляет:

- а) 10-12 мм
- б) 12-14 мм
- в) 14-16 мм
- г) 16-20 мм
- д) более 20 мм

**008.** Толщина стенок левого желудочка при умеренно выраженной гипертрофии составляет:

- а) 10-12 мм
- б) 12-14 мм
- в) 14-16 мм
- г) 16-20 мм

**009.** Толщина стенок левого желудочка при выраженной гипертрофии составляет:

- а) 10-12 мм
- б) 12-14 мм
- в) 14-16 мм
- г) 16-20 мм
- д) более 20 мм

**010.** Толщина стенок левого желудочка при высокой степени гипертрофии составляет:

- а) 10-12 мм
- б) 12-14 мм
- в) 14-16 мм
- г) 16-20 мм
- д) более 20 мм

**011.** Скорость систолического потока в выносящем тракте левого желудочка при гипертрофической кардиомиопатии с обструкцией выносящего тракта левого желудочка изменяется следующим образом:

- а) не изменяется
- б) увеличивается
- в) уменьшается
- г) не изменяется или уменьшается

**012.** При эхокардиографическом исследовании незначительный субаортальный стеноз диагностируют по градиенту давления между аортой и левым желудочком в систолу, равному:

- а) 5-10 мм рт ст.
- б) 10-30 мм рт ст.

- в) 30-50 мм рт ст.
- г) более 50 мм рт ст.

**013.** *Оптимальной позицией для оценки состояния створок аортального клапана при эхокардиографическом исследовании является:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- в) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца папиллярных мышц
- г) апикальная пятикамерная позиция
- д) апикальная двухкамерная позиция

**014.** *Оптимальной позицией для оценки состояния створок клапана легочной артерии при эхокардиографическом исследовании является:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- в) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца папиллярных мышц
- г) апикальная пятикамерная позиция
- д) апикальная двухкамерная позиция

**015.** *Оптимальной позицией для оценки состояния ствола левой и правой коронарных артерий при эхокардиографическом исследовании является:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты

- в) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца папиллярных мышц
- г) апикальная пятикамерная позиция
- д) апикальная двухкамерная позиция

**016.** *Кровоток в выносящем тракте правого желудочка при доплеровском эхокардиографическом исследовании оценивают в следующей стандартной позиции:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- в) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца папиллярных мышц
- г) апикальная пятикамерная позиция
- д) апикальная двухкамерная позиция

**017.** *Струю трикуспидальной регургитации при доплеровском эхокардиографическом исследовании оценивают в следующей стандартной позиции:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- в) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца папиллярных мышц
- г) апикальная пятикамерная позиция
- д) апикальная двухкамерная позиция

**018.** Для оптимальной визуализации и оценки состояния дуги аорты при эхокардиографическом исследовании служат:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) супрастернальная длинная ось
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц
- е) верно а) и г)
- ж) верно б) и в)

**019.** Для оптимальной визуализации и оценки состояния папиллярных мышц при эхокардиографическом исследовании служит:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) супрастернальная длинная ось
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц

**020.** Для оптимальной визуализации и оценки состояния створок аортального клапана при эхокардиографическом исследовании служат:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) супрастернальная длинная ось
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц
- е) верно а) и г)
- ж) верно б) и в)

**021.** При эхокардиографическом для оптимальной визуализации и оценки состояния кровотока на легочной артерии служит:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) супрастернальная длинная ось
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц

**022.** Струю легочной регургитации при доплеровском эхокардиографическом исследовании оценивают в следующей стандартной позиции:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) супрастернальная длинная ось
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц

**023.** Струю митральной регургитации при доплеровском эхокардиографическом исследовании оценивают, установив контрольный объем в следующей точке:

- а) в правом желудочке
- б) в правом предсердии
- в) в выносящем тракте левого желудочка
- г) в выносящем тракте правого желудочка
- д) в левом предсердии

**024.** Для оптимальной визуализации и оценки состояния диастолического трансмитрального кровотока при эхокардиографическом исследовании используется следующая позиция:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) апикальная четырехкамерная
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) парастернальная короткая ось левого желудочка на уровне конца папиллярных мышц

**025.** Струю аортальной регургитации при доплеровском эхокардиографическом исследовании оценивают, установив контрольный объем в следующей точке:

- а) в правом желудочке
- б) в правом предсердии
- в) в выносящем тракте левого желудочка
- г) в выносящем тракте правого желудочка
- д) в левом предсердии

**026.** Состояние брюшного отдела аорты оценивают при эхокардиографическом исследовании в следующей стандартной позиции:

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне корня аорты
- б) супрастернальная короткая ось
- в) апикальная четырехкамерная
- г) парастернальная длинная ось левого желудочка
- д) субкостальная

**027.** *Сократительную способность миокарда левого желудочка при эхокардиографическом исследовании можно оценить в следующих позициях:*

- а) парастернальная позиция короткая ось на уровне конца створок митрального клапана
- б) парастернальная позиция короткая ось на уровне папиллярных мышц
- в) апикальная четырехкамерная
- г) апикальная двухкамерная
- д) верно все

**028.** *В норме передне-задний размер короткой оси левого желудочка в систолу уменьшается на:*

- а) на 10% и менее
- б) на 20%
- в) на 15 %
- г) на 30% и более

**029.** *Нарушение глобальной сократимости левого желудочка характерно для:*

- а) постинфарктного кардиосклероза
- б) дилатационной кардиомиопатии
- в) декомпенсации порока
- г) верно все

**030.** *Для крупноочагового инфаркта миокарда характерно нарушение локальной сократимости в виде:*

- а) гипокинезии
- б) акинезии
- в) дискинезии

**031.** Для интрамурального инфаркта миокарда характерно нарушение локальной сократимости в виде:

- а) гипокинезии
- б) акинезии
- в) дискинезии

**032.** Для аневризмы левого желудочка характерно при эхокардиографическом исследовании нарушение локальной сократимости в виде:

- а) гипокинезии
- б) акинезии
- в) дискинезии

**033.** При дискинезии миокарда выявляют следующий вариант движения стенок левого желудочка:

- а) отсутствие сокращения
- б) движение навстречу друг другу
- в) систолическое выбухание
- г) верно все

**034.** При акинезии миокарда выявляют следующий вариант движения стенок левого желудочка:

- а) отсутствие сокращения
- б) движение навстречу друг другу
- в) систолическое выбухание

**035.** Для гипертрофической обструктивной кардиомиопатии характерна при эхокардиографическом исследовании следующая форма потока в выносящем тракте левого желудочка:

- а) уменьшение времени выброса
- б) смещение пика скорости во вторую половину систолы
- в) смещение пика скорости в первую половину систолы
- г) уменьшение скорости потока
- д) увеличение скорости потока

**036.** Эхокардиографическими признаками острого инфаркта миокарда правого желудочка являются:

- а) дилатация нижней полой вены
- б) трикуспидальная регургитация
- в) нарушение глобальной сократимости правого желудочка
- г) дилатация правого желудочка
- д) верно все

**037.** Вегетации небольших размеров при инфекционном эндокардите составляют в диаметре:

- а) менее 5 мм
- б) 5-10 мм
- в) более 10 мм
- г) верно все

**038.** Вегетации умеренных размеров при инфекционном эндокардите составляют в диаметре:

- а) менее 5 мм
- б) 5-10 мм
- в) более 10 мм
- г) все вышеперечисленные

**039.** *Вегетации больших размеров при инфекционном эндокардите составляют в диаметре:*

- а) менее 5 мм
- б) 5-10 мм
- в) более 10 мм
- г) все вышеперечисленные

**040.** *При эхокардиографическом исследовании у больных с вегетациями больших размеров при инфекционном эндокардите диагностируют:*

- а) дилатацию камер сердца
- б) наличие регургитации
- в) выпот в полости перикарда
- г) нарушение целостности хордального аппарата пораженного клапана
- д) верно все

**041.** *Причиной митральной регургитации могут стать:*

- а) пролапс митрального клапана
- б) ишемическая болезнь сердца
- в) ревматизм
- г) инфекционный эндокардит
- д) верно все

**042.** *Открытие аортального клапана при незначительном стенозе равно:*

- а) 10-12мм
- б) менее 10 мм
- в) 12 мм
- г) 12-14 мм
- д) 15-17 мм

**043.** *Площадь аортального отверстия при незначительном стенозе равна:*

- а) менее 1,0 см<sup>2</sup>
- б) 1,1-1,6 см<sup>2</sup>
- в) 1,7 см<sup>2</sup> и более
- г) все вышеперечисленные
- д) ни один из перечисленных

**044.** *Площадь аортального отверстия при значительном стенозе равна:*

- а) менее 1,0 см<sup>2</sup>
- б) 1,1-1,6 см<sup>2</sup>
- в) 1,7 см<sup>2</sup> и более

**045.** *Площадь аортального отверстия при выраженном стенозе равна:*

- а) менее 1,0 см<sup>2</sup>
- б) 1,1-1,6 см<sup>2</sup>
- в) 1,7 см<sup>2</sup> и более

**046.** *Причиной аортальной регургитации могут явиться:*

- а) двухстворчатый аортальный клапан
- б) аневризма восходящего отдела аорты
- в) ревматизм
- г) инфекционный эндокардит
- д) верно все

**047.** *Причиной аортального стеноза могут явиться:*

- а) атеросклеротическое поражение аортального клапана
- б) миксоматозная дегенерация
- в) ревматизм
- г) инфекционный эндокардит
- д) верно все

**048.** *Аневризма восходящего отдела аорты с отслойкой интимы сопровождается:*

- а) аортальной регургитацией
- б) аортальным стенозом
- в) митральной регургитацией
- г) митральным стенозом
- д) трикуспидальной регургитацией

**049.** *Причиной трикуспидальной регургитации могут явиться:*

- а) легочная гипертензия
- б) инфаркт правого желудочка
- в) электрод в полости правого желудочка
- г) аномалия Эбштейна
- д) верно все

**050.** *Диастолическое давление в легочной артерии может быть измерено как:*

- а) диастолический градиент давления между легочной артерией и правым желудочком  
давление в правом предсердии
- б) систолический градиент давления между левым предсердием и левым желудочком

- в) систолический градиент давления между правым предсердием и правым желудочком давление в правом предсердии
- г) диастолический градиент давления между левым предсердием и левым желудочком
- д) диастолический градиент давления между правым предсердием и правым желудочком

**051.** *Систолическое давление в легочной артерии может быть измерено как:*

- а) диастолический градиент давления между легочной артерией и правым желудочком давление в правом предсердии
- б) систолический градиент давления между левым предсердием и левым желудочком
- в) систолический градиент давления между правым предсердием и правым желудочком давление в правом предсердии
- г) диастолический градиент давления между левым предсердием и левым желудочком
- д) диастолический градиент давления между правым предсердием и правым желудочком

**052.** *Причиной стеноза клапана легочной артерии могут явиться:*

- а) ревматизм
- б) инфекционный эндокардит
- в) врожденный стеноз
- г) тромбоэмболия
- д) верно все

**053.** *Причиной легочной регургитации могут явиться:*

- а) легочная гипертензия
- б) ревматизм
- в) кальциноз створок
- г) карциноидный синдром
- д) верно все

**054.** *При исследовании в режиме цветного Допплеровского сканирования кровотока к датчику принято картировать следующим цветом:*

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**055.** *При исследовании в режиме цветного Допплеровского сканирования кровотока от датчика принято картировать следующим цветом:*

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**056.** *При исследовании в режиме цветного Допплеровского сканирования поток митральной регургитации принято картировать следующим цветом:*

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**057.** При исследовании в режиме цветного Доплеровского сканирования поток трикуспидальной регургитации принято картировать следующим цветом:

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**058.** При исследовании в режиме цветного Доплеровского сканирования поток аортальной регургитации принято картировать следующим цветом: (апикальная 5-и камерная позиция)

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**059.** При исследовании в режиме цветного Доплеровского сканирования поток легочной регургитации принято картировать следующим цветом: (парастернальная позиция, короткая ось)

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**060.** При исследовании в режиме цветного Доплеровского сканирования поток митрального стеноза принято картировать следующим цветом:

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**061.** При исследовании в режиме цветного Доплеровского сканирования поток трикуспидального стеноза принято картировать следующим цветом:

- а) красно-желтым, турбулентным
- б) желто-синим, турбулентным
- в) красным
- г) синим

**062.** Степень митральной регургитации при цветном Доплеровском сканировании можно определить как небольшую если площадь струи занимает следующий процент от объема левого предсердия:

- а) 20-30%
- б) более 40 %
- в) 30-40%
- г) менее 20%

**063.** Степень трикуспидальной регургитации при цветном Доплеровском сканировании можно определить как небольшую если площадь струи занимает следующий процент от объема правого предсердия:

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**064.** Степень аортальной регургитации при цветном Доплеровском сканировании можно определить как небольшую если площадь струи занимает следующий процент от объема выносящего тракта левого желудочка:

- а) 20-40%
- б) более 50 %
- в) 40-50%
- г) менее 20%

**065.** *Степень митральной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как средней тяжести если площадь струи занимает следующий процент от объема левого предсердия:*

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**066.** *Степень трикуспидальной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как средней тяжести если площадь струи занимает следующий процент от объема правого предсердия:*

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**067.** *Степень аортальной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как средней тяжести если площадь струи занимает следующий процент от объема выносящего тракта левого желудочка:*

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**068.** Степень митральной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как тяжелую если площадь струи занимает следующий процент от объема левого предсердия:

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**069.** Степень трикуспидальной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как тяжелую если площадь струи занимает следующий процент от объема правого предсердия:

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**070.** Степень аортальной регургитации при цветном Допплеровском сканировании можно определить как тяжелую если площадь струи занимает следующий процент от объема выносящего тракта левого желудочка:

- а) 20-40%
- б) более 40 %
- в) менее 10%
- г) менее 20%

**071.** Показанием к проведению трансэзофагальной эхокардиографии является подозрение на:

- а) тромбоз ушка левого предсердия
- б) инфекционный эндокардит
- в) миксому
- г) дефект межпредсердной перегородки
- д) верно все

**072.** Показанием к проведению стресс-ЭхоКГ исследования является:

- а) порок
- б) миксома
- в) перикардит
- г) ишемическая болезнь сердца

**073.** Размер аорты в парастернальной позиции на уровне конца створок аортального клапана в норме составляет:

- а) менее 30 мм
- б) не более 40 мм
- в) более 40 мм
- г) менее 25 мм

**074.** Размеры левого желудочка в парастернальной позиции в конце диастолы на уровне концов створок митрального клапана в норме составляет:

- а) не более 56 мм
- б) не более 46 мм
- в) менее 26 мм
- г) менее 40 мм

**075.** *Размер межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка в парастернальной позиции в конце диастолы на уровне концов створок митрального клапана в норме составляет:*

- а) более 14 мм
- б) менее 5 мм
- в) не более 12 мм
- г) более 12 мм

**076.** *Размеры правого предсердия в апикальной 4 -х камерной позиции в диастолу в норме составляет:*

- а) не более 14 мм
- б) менее 25 мм
- в) не более 38 мм
- г) 14 - 25 мм

**077.** *Максимальное открытие створок аортального клапана в систолу в норме составляет:*

- а) не менее 17 мм
- б) более 30 мм
- в) более 25 мм
- г) не менее 15 мм

**078.** *Фракция выброса левого желудочка в норме составляет следующий процент от объема левого желудочка:*

- а) менее 20 %
- б) 20-30 %
- в) более 50 %
- г) 30-40 %
- д) 40-50 %

**079.** В случае резкого снижения глобальной сократимости миокарда левого желудочка фракция выброса составляет следующий процент от объема левого желудочка:

- а) менее 20 %
- б) 20-30 %
- в) более 50 %
- д) 40-50 %

**080.** Нарушение глобальной сократимости миокарда левого желудочка может быть вызвано:

- а) инфарктом миокарда
- б) декомпенсированным пороком.
- в) ишемической болезнью сердца.
- г) верно все.

**081.** У больных с гипертрофической кардиомиопатией со стенозом выносящего тракта левого желудочка при доплеровском исследовании кровотока выявляют в выносящем тракте левого желудочка:

- а) уменьшение скорости потока.
- б) увеличение скорости потока.
- в) аортальную регургитацию.
- г) верно все.

**082.** У больных с дилатационной кардиомиопатией выявляют:

- а) дилатацию левого предсердия.
- б) уменьшение объема камер сердца.
- в) гипертрофию стенок сердца.
- г) дилатацию всех камер сердца.

**083.** Для больных с дилатационной кардиомиопатией характерно наличие:

- а) ускорение трансклапанного кровотока.
- б) наличие струи регургитации.
- в) гипертрофию стенок сердца.
- г) верно все.

**084.** Нарушение диастолической функции левого желудочка характерно для больных с:

- а) нестабильной стенокардией.
- б) инфарктом миокарда.
- в) гипертонической болезнью.
- г) все вышеперечисленные.

**085.** Участок нарушения локальной сократимости миокарда левого желудочка в виде акинезии характерен для:

- а) крупноочагового инфаркта миокарда.
- б) гипертрофической кардиомиопатии.
- в) врожденного порока сердца.
- г) мелкоочагового инфаркта миокарда.

**086.** Участок нарушения локальной сократимости миокарда левого желудочка в виде дискинезии характерен для:

- а) крупноочагового инфаркта миокарда.
- б) гипертрофической кардиомиопатии.
- в) аневризмы сердца.
- г) мелкоочагового инфаркта миокарда.

**087.** В случае бактериального эндокардита с вегетациями больших размеров на створках митрального клапана можно выявить:

- а) нарушение целостности хордального аппарата
- б) ускорение трансмитрального кровотока
- в) наличие регургитации.
- г) верно все.

**088.** У больных с изолированным аортальным стенозом можно обнаружить при доплеровском исследовании:

- а) ускорение трансмитрального кровотока
- б) ускорение трансаортального кровотока
- в) наличие митральной регургитации.
- г) наличие аортальной регургитации.

**089.** Поток аортальной регургитации следует искать, установив контрольный объем в:

- а) выносящем тракте левого желудочка
- б) выносящем тракте правого желудочка
- в) левом предсердии.
- г) аорте.

**090.** Признаком аортального стеноза в М-модальном режиме является:

- а) пролабирование створок аортального клапана.
- б) увеличение корня аорты.
- в) уменьшение открытия створок аортального клапана.
- г) верно все.

**091.** *Признаком аортального стеноза в М-модальном режиме является:*

- а) пролабирование створок аортального клапана.
- б) увеличение корня аорты.
- в) уменьшение открытия створок аортального клапана.
- г) верно все.

**092.** *Признаком митрального стеноза в М-модальном режиме является:*

- а) пролабирование передней створки митрального клапана.
- б) пролабирование задней створки митрального клапана.
- в) однонаправленное движение створок.
- г) верно а) и б)

**093.** *Расслаивающая аневризма восходящего отдела аорты может быть заподозрена на основании:*

- а) митральной регургитации.
- б) участка отслойки интимы аорты.
- в) кальциноза стенок аорты.
- г) все вышеперечисленные.

**094.** *Признаком легочной гипертензии при М-модальном режиме исследования движения задней створки клапана легочной артерии является:*

- а) пролабирование задней створки клапана.
- б) М-образное движение задней створки клапана.
- в) W-образное движение задней створки клапана.
- г) верно а) и б)

**095.** Струю митральной регургитации при Допплеровском исследовании следует искать в полости:

- а) правого предсердия.
- б) выносящего тракта левого желудочка.
- в) левого желудочка.
- г) левого предсердия.

**096.** Струю аортальной регургитации при Допплеровском исследовании следует искать в полости:

- а) правого предсердия.
- б) выносящего тракта левого желудочка.
- в) левого желудочка.
- г) левого предсердия.

**097.** Струю трикуспидальной регургитации при Допплеровском исследовании следует искать в полости:

- а) правого предсердия.
- б) выносящего тракта левого желудочка.
- в) левого желудочка.
- г) левого предсердия.

**098.** Струю легочной регургитации при Допплеровском исследовании следует искать в полости:

- а) правого предсердия.
- б) выносящего тракта правого желудочка.
- в) левого желудочка.
- г) левого предсердия.

**099.** *Коллабирование правого предсердия в диастолу при экссудативном перикардите служит признаком:*

- а) констрикции.
- б) инфаркта правого желудочка.
- в) аритмогенной дисплазии правого желудочка
- г) тромбоэмболии.
- д) тампонады сердца.

**100.** *Признаком констриктивного перикардита является:*

- а) кальцификация листков перикарда.
- б) истончение листков перикарда.
- в) отсутствие расхождения листков перикарда.
- г) наличие жидкости в полости перикарда.

## Система контроля знаний:

### Балльная структура оценки:

Посещение занятий – 10 баллов;

Активная работа на практических занятиях (самостоятельное изучение и освещение дополнительных вопросов курса) – 20 баллов;

Работа с первоисточниками (конспектирование, устные выступления с анализом первоисточника) – 15 баллов;

Итоговый тестовый экзамен – 100 баллов;

Всего – 135 балла.

### Шкала оценок:

А (5+) – 110- 135 балла;

Б (5) – 90-109;

В (4) – 70-89;

Г (3+) – 50-79;

Д (3) – 40-49;

Е (2+) – 30-39;

Ж (2) – менее 30.

		Неуд		3		4	5	
кредит	Сумма баллов	Ж	Е	Д	Г	В	Б	А
		2	2+	3	3+	4	5	5+
2	135	менее	30	40	50	70	90	110

### Пояснение оценок:

А – выдающийся ответ

Б – очень хороший ответ

В – хороший ответ

Г – достаточно удовлетворительный ответ

Д – отвечает минимальным требованиям удовлетворительного ответа

Е – означает, что слушатель может добрать баллы только до минимального удовлетворительного ответа

Ж – неудовлетворительный ответ

## **2. Программа курса**

### **Содержание разделов дисциплины**

#### **РАЗДЕЛ 1 (основная литература 1,2,3)**

##### **Анатомия сердца и сосудов. Физиология кровообращения**

1.1 Клиническая анатомия сердца.

2.2 Клиническая физиология кровообращения.

#### **РАЗДЕЛ 2 (основная литература 2,3,4,7)**

##### **Физико-технические основы ультразвуковой диагностики**

2.1 Физические свойства ультразвука. Звук и волна: длина, частота, период, скорость распространения, амплитуда, интенсивность. Непрерывная волна. Импульсный ультразвук, генерирование импульсов, продолжительность и пространственная протяженность импульса, мощность сигнала, затухание, отражение и рассеивание УЗ волны. Рефракция. Рассеивание. Определение расстояния с помощью УЗ приборов. УЗ датчики. Принципы устройства и типы, преобразование электрической энергии в энергию ультразвука, прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты, фокусировка УЗ волны. Ближняя и дальняя зоны. Факторы, влияющие на разрешающую способность ультразвуковых систем. Потенциальные артефакты. Боковые лепестки, реверберация, акустическая тень.

2.2 Виды ультразвукового изображения (одномерный, двухмерный и трехмерный). Приборы медленного и быстрого сканирования. М- и В-типы развертки изображения. Датчики, работающие в режиме реального времени. Параметры секторального сканирования в реальном масштабе времени. Обработка сигнала. Управление эхокардиографической визуализацией. Основные принципы регулировки эхокардиографа.

2.3 Допплер-эхокардиография (ДЭхоКГ): физические принципы и основные параметры. Эффект Допплера. Расчет скорости потока по величине доплеровского сдвига. Преобразование Фурье. ДЭхоКГ в импульсном и постоянно-волновом режиме. Преимущества и ограничения. Предел Найквиста. Aliasing-феномен. Цветовое доплеровское картирование. Физиологическая информация, получаемая с помощью цветового картирования кровотока. Основные принципы и возможности качественной и количественной оценки внутрисердечного кровотока. Технические ограничения цветового доплеровского картирования.

2.4 Цифровая эхокардиография. Компьютерная обработка данных. Современные носители информации. Идентификация тканей с помощью ультразвука. Биологическое действие ультразвука, безопасность.

### **РАЗДЕЛ 3 (основная литература 2,4,5)**

#### **Основные методики эхокардиографического исследования**

3.1 Методики стандартного эхокардиографического исследования. Основные позиции для проведения эхокардиографии:

а) парастернальная - проекция длинных осей левого желудочка (ЛЖ) и приносящего тракта правого желудочка (ПЖ); проекция коротких осей сердца на уровне корня аорты, створок митрального клапана, папиллярных мышц, верхушки ЛЖ;

б) апикальная: (четырёх-, двух-, трех- и пятикамерная проекции);

в) субкостальная - проекция длинных осей сердца, брюшного отдела аорты, нижней полой вены; проекция коротких осей основания сердца на уровне митрального клапана, брюшного отдела аорты нижней полой вен;

г) супрастернальная - проекция длинной и короткой осей дуги аорты.

3.2 Допплерографический анализ кровотока в аорте, легочной артерии, трансмитрального и транстрикуспидального кровотока. Стандартные

формулировки эхокардиографического заключения. Протокол стандартного эхокардиографического исследования.

## **РАЗДЕЛ 4 (основная литература 2,3,6)**

### **Камеры и клапаны сердца**

#### **4.1 Левый желудочек**

4.1.1 Форма, толщина стенок и масса миокарда в норме.

4.1.2 Площади и объемы. Глобальная систолическая функция. Основные принципы и методы расчета. Конечно-систолический, конечно-диастолический, ударный и минутный объемы, фракция выброса.

#### **4.2 Правый желудочек**

4.2.1 Форма, толщина стенок, размеры правого желудочка.

4.2.2 Определение объемов и сократительной функции.

#### **4.3 Клапаны сердца**

4.3.1 Оптимальные позиции для визуализации, оценка структуры, функции, размера и площади клапанных отверстий в норме.

## **РАЗДЕЛ 5 (основная литература 2,3,5)**

### **ЭхоКГ признаки приобретенных пороков сердца**

5.1 Приобретенные пороки сердца: стеноз митрального и трикуспидального клапанов. Основные причины. Оценка структуры и функции митрального и трикуспидального клапанов, площади митрального клапана.

5.2 Приобретенные пороки сердца: недостаточность митрального и трикуспидального клапанов. Основные причины. Оценка степени регургитации митрального и трикуспидального клапанов.

5.3 Приобретенные пороки сердца: стеноз и недостаточность аортального клапана. Основные причины. Оценка структуры, функции, площади и степени регургитации аортального клапана.

5.4 Приобретенные пороки сердца: стеноз и недостаточность клапана легочной артерии. Основные причины. Оценка структуры и функции клапана легочной артерии. Методика определения давления в легочной артерии.

5.5 Проплапс клапанов сердца: классификация, оценка степени выраженности.

## **РАЗДЕЛ 6 (основная литература 2,8,9,11)**

### **Врожденные пороки сердца (ВПС)**

6.1 ВПС. Классификация. Клиника. Диагностика. Лечение.

## **РАЗДЕЛ 7 (основная литература 2,8,9,11)**

### **Эхокардиографические признаки ВПС**

7.1 Врожденные пороки сердца. Классификация и сегментарный подход к анатомии, типы расположения магистральных артерий. Аномалии приносящего тракта правых (аномалия Эбштейна) и левых (мембрана левого предсердия, врожденный митральный стеноз) отделов сердца.

7.2 Врожденные пороки сердца. Аномалии выносящего тракта (подклапанные, клапанные и надклапанные стенозы выносящего тракта) левого и правого желудочков. Коарктация аорты.

7.3 Врожденные пороки сердца. Патологические сосудистые соединения и структуры (открытый артериальный проток) пороки конотрункуса (тетрада и триада Фалло). Аномалии развития желудочков.

## **РАЗДЕЛ 8 (основная литература 1,2,3)**

### **Тромбоэмболия легочной артерии. Легочное сердце**

8.1 Тромбоэмболия легочной артерии. Этиология. Клиника. Диагностика. Лечение.

8.2 Легочное сердце. Этиология. Клиника. Диагностика. Лечение.

## **РАЗДЕЛ 9 (основная литература 2,3,4,5)**

### **Эхокардиографические признаки легочной гипертензии**

9.1 ЭхоКГ признаки легочной гипертензии.

9.2 Методы оценки систолического, диастолического и среднего давления в легочной артерии.

## **РАЗДЕЛ 10 (основная литература 1,2,3,5)**

### **Болезни аорты**

10.1 Атеросклероз, дилатация и расслаивающая аневризма аорты. Основные причины. Клиника. Диагностика. Лечение.

## **РАЗДЕЛ 11 (основная литература 2,3,11,12)**

### **Эхокардиографические признаки поражения аорты**

11.1 Эхокардиографические признаки атеросклероза аорты.

11.2 Эхокардиографические признаки дилатации аорты.

11.3 Эхокардиографические признаки расслаивающей аневризмы аорты, варианты локализации, классификация. Аневризмы синусов Вальсальвы.

## **РАЗДЕЛ 12 (основная литература 2,13)**

### **Диастолическая функция ЛЖ**

12.1 Трансмитральный диастолический спектр в норме;

12.2 Типы диастолической дисфункции;

12.3 Динамика внутрижелудочкового диастолического потока.

## **РАЗДЕЛ 13 (основная литература 14)**

**Ультразвуковые признаки поражения экстракраниального отдела аорты.**

13.1 Анатомическая характеристика экстракраниального отдела брахиоцефальных сосудов. Клиническая физиология сосудистой гемодинамики.

13.2 Ультразвуковая диагностика заболеваний позвоночных артерий

13.3 Ультразвуковая диагностика плече-головного ствола и подключичных артерий.

**Самостоятельная работа курсантов.** Не предусмотрена.

**Лабораторный практикум.** Не предусмотрен.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### *Основная литература:*

1. Внутренние болезни в 2-х томах. А.В.Сумароков Москва, Медицина, 1993 год.
2. Эхокардиография. Г. Фейгенбаум, 5-е издание (перевод с английского под редакцией В.В. Митькова), М.,1999.
3. Болезни сердца и сосудов. Руководство для врачей в 4-х томах. Под редакцией Е.И.Чазова Москва, Медицина, 1992 год.
4. Клиническая эхокардиография. Н. Шиллер, М.А. Осипов. М., 1996.
5. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике, том 5 (под редакцией В.В. Митькова), том 1-4, Москва, Видар, 1996 - 1998 г.г.
6. Современная эхокардиография. Р.Я.Абдуллаев, Ю.С.Соболь, Н.Б.Шиллер, Э.Фостер. Харьков, 1998 г.
7. Атлас по клинической эхокардиографии. Ю.Н. Соболь, Ф.А. Абдуллаев, издание 2-е, переработанное. Харьков, 2000 г.
8. Echocardiography. Н. Feigenbaum, 5<sup>th</sup> Edition, Philadelphia, 1998.
9. Ультразвуковые диагностические приборы. Практическое руководство для пользователей. Л.В.Осипов, Москва, Видар, 1999 год.
10. Приобретенные пороки сердца. В.И.Маколкин. Москва, Медицина, 1986 год.
11. Врожденные пороки сердца и крупных сосудов. Ганс Банкл, Москва, Медицина, 1989 год.
12. Сердечно-сосудистая хирургия. Под редакцией В.И.Бураковского, Л.И.Бокерия, Москва, Медицина, 1989 год.
13. Допплер-эхокардиография. М.Н.Алехин, В.П.Седов, Москва, 1997 год.

14. Ультразвуковая диагностика заболеваний ветвей дуги аорты и периферических сосудов. Атлас.- М: Издательский дом Видар- М, 2000.

*Дополнительная литература:*

1. Допплерэхокардиографическое исследование при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. А.И. Мартынов, О.Д. Остроумова, О.Б. Степура. М., 1996.

2. Эхокардиографическое заключение. Система Echodata. В.Н. Антонов, М.А. Осипов, М.А. Осипова, Н.Шиллер. М., «Практика», 1993.

3. 3.Doppler Ultrasound in Cardiology. Physical Principles and Clinical Application. L. Hatle, B. Angelsen. Second Edition.

4. Эхокардиография в оценке оперированного и трансплантированного сердца. Л.М.Кузнецова. Автореф.дисс...докт.мед.наук, Москва, 1998 год.

5. Диагностика заболеваний грудной аорты с помощью чреспищеводной эхокардиографии. В.А.Сандриков, Т.А.Буравихина, О.А.Ковалевская "Ультразвуковая диагностика № 2", Москва, 1999 год.

6. Ультразвуковая диагностика в кардиологии. В.И.Коледонок, В.П.Захаров Москва, 1992 год.

7. 7.Заболевания аорты и ее ветвей А.В.Покровский, Медицина, Москва, 1979 год.

8. Clinical Transesophageal Echocardiography. Dittrich H.C., ed. St Louis, Mo: Mosby-Year Book Inc., 1992

9. Intraoperative Assesment of Pulmonary Vein Flow. Echocardiography. Orihashi K., Goldiner P.L., Oka Y. 1990; Vol.7, 3: 311-320

## УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН КУРСА

№	РАЗДЕЛ	Всего часов	Лекции	Семинары	Практич. занятия	Форма контроля
1.	Клиническая анатомия сердца и магистральных сосудов. Физиология кровообращения. Физико-технические основы ультразвуковой диагностики.	6	-	4	2	-
2.	Основные методики эхокардиографического исследования. Камеры и клапаны сердца	6	1	4	1	зачет
3.	ЭхоКГ признаки приобретенных пороков сердца	6	1	4	1	
4.	Врожденные пороки сердца	6	1	4	1	зачет
5.	Эхокардиографические признаки врожденных пороков сердца	6	1	4	1	
6.	Тромбоз легочной артерии. Легочное сердце	6	1	5	-	
7.	Эхокардиографические признаки легочной гипертензии	6	1	4	1	зачет
8.	Болезни аорты	6	1	4	-1	
9.	Эхокардиографические признаки поражения аорты	6	1	5	-	
10.	Диастолическая функция сердца	6	1	4	1	
11.	Ультразвуковые признаки поражения экстракраниального отдела аорты.	6	1	4	1	
12.	<b>Итоговый экзамен</b> <b>Сдача практических навыков</b>	6	-	-	6	
13.	Итого	72	10	46	16	

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. СТАНДАРТНЫЕ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ (Коровина Е.П.)</b>	<b>3</b>
1.1. Двумерная ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (В-РЕЖИМ)	3
1.2. Одномерная ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (М-РЕЖИМ)	11
<b>2. НОРМА (Коровина Е.П.)</b>	<b>15</b>
2.1. Двумерная ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (В-РЕЖИМ)	15
2.2. Одномерная ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (М-РЕЖИМ)	23
2.3. М-РЕЖИМ, ЦВЕТОВОЙ ДОППЛЕР	26
<b>3. СТАНДАРТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ МЕТОДОМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ (Сафарова А.Ф.)</b>	<b>31</b>
<b>4. СТАНДАРТНЫЙ ДОППЛЕРЭХОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНУТРИСЕДЕЧНОГО КРОВотоКА В НОРМЕ (Сафарова А.Ф.)</b>	<b>35</b>
<b>5. ПОРОКИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА (Коровина Е.П.)</b>	<b>39</b>
5.1. Недостаточность аортального клапана	39
5.2. Стеноз устья аорты	55
<b>6. БОЛЕЗНИ АОРТЫ. ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ (Коровина Е.П.)</b>	<b>74</b>
6.1. Аневризма аорты	74
6.2. Расслаивающаяся аневризма аорты	78
<b>7. ПОРОКИ КЛАПАНА ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА (Коровина Е.П.)</b>	<b>83</b>
7.1. Недостаточность клапана легочной артерии	83
7.2. Стеноз легочной артерии	86
<b>8. ЛЕГОЧНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ (Коровина Е.П.)</b>	<b>95</b>
<b>9. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЭКСТРАКРАНИАЛЬНОГО ОТДЕЛА БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ (Сафарова А.Ф.)</b>	<b>111</b>
9.1. Ультразвуковая диагностика заболеваний сонных артерий	111
9.2. Ультразвуковая диагностика заболеваний позвоночных артерий	118
9.3. Ультразвуковая диагностика плече-головного ствола и подключичных артерий	120
<b>ОПИСАНИЕ КУРСА И ПРОГРАММА</b>	<b>207</b>