

# Анатомо-физиологические особенности сердечно- сосудистой системы у детей



К.М.Н.

Леонова Ирина Александровна

## Сердечно – сосудистая система обеспечивает

- Поддержание постоянства среды при непрерывно меняющихся условиях его жизнедеятельности;
- Доставку кислорода и питательных веществ ко всем органам и тканям;
- Удаление и выведение углекислого газа и других продуктов обмена.

# Критические периоды в формировании ССС

Период формирования основных структур сердца и сосудов ( 2 – 10 недели внутриутробной жизни )

Инфекции (особенно вирусные), токсические воздействия и др. могут приводить к возникновению врожденных пороков сердца

Период новорожденности (особенно в первую неделю после перевязки пуповины)

Любые патологические воздействия могут приводить к нарушению трофики миокарда и сердечной недостаточности

Пубертатный период (основной скачок роста и гормональная перестройка)

Возникновение дистоний и нарушений ритма (особенно при гиподинамии, наличии очагов хронической инфекции)

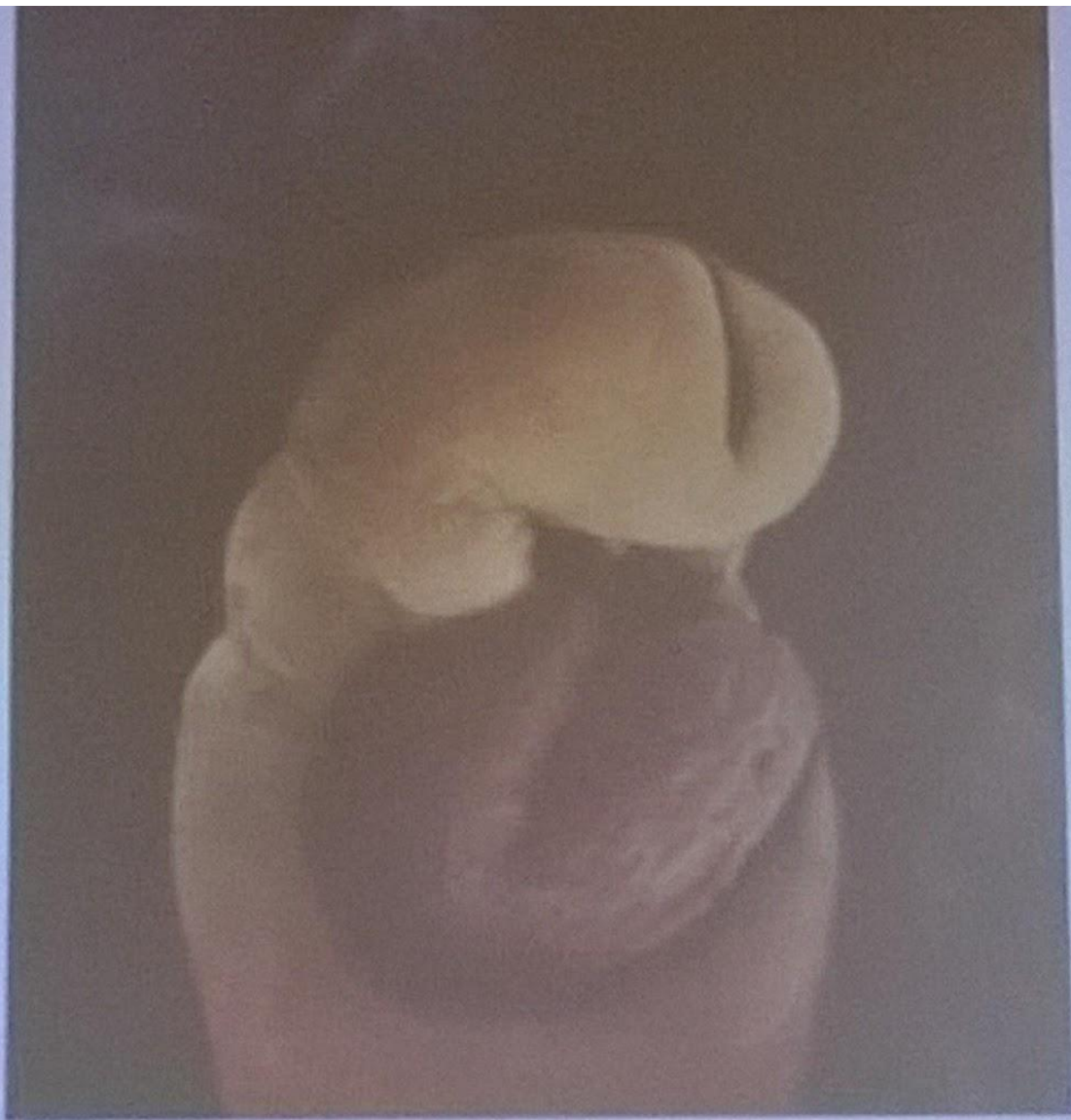
## Этапы антенатального периода развития системы кровообращения

- I – этап формирования основных структур сердечно-сосудистой системы
- II-этап формирования плацентарного кровообращения

# Формирование основных структур сердца

- 2 неделя – закладка внутренней и наружной эндокардиальных трубок
- 3 неделя – двухкамерное сердце, первые редкие сокращения желудочка
- 6 неделя – разделение предсердий (трехкамерное сердце)
- 2 месяца – формирование четырехкамерного сердца, разделяются легочная артерия и аорта, соединенные артериальным протоком
- 3 месяц – формируются атриовентрикулярный и синоатриальный узлы, ЧСС 30 в минуту

К 3 месяцам внутриутробной жизни основные структуры сердца полностью сформированы. Сердце в полном объеме обеспечивает организм кровью. Это критический период в формировании ССС.

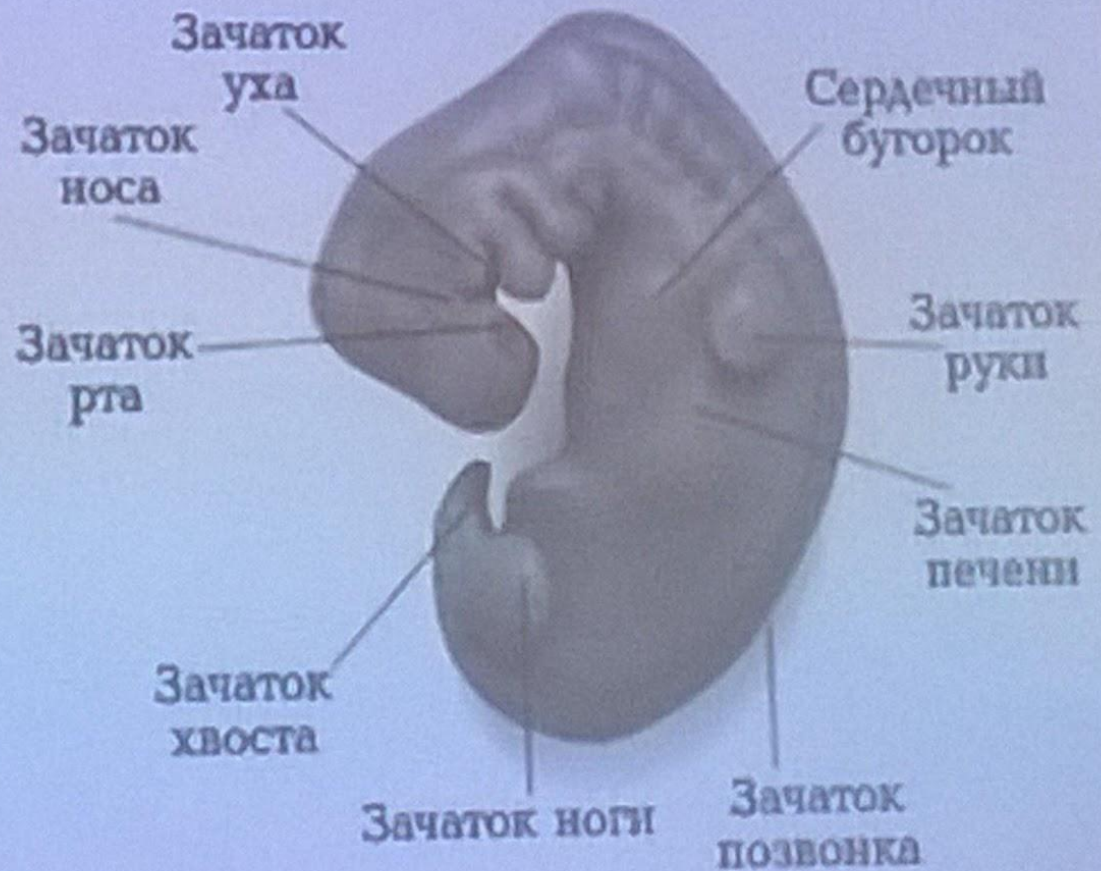


На 24 день у эмбриона еще нет скелета, но уже начинает образовываться система кровообращения и есть сердце, которое начинает биться на 18 сутки

# Формирование 4 камерного сердца у 5 недельного эмбриона

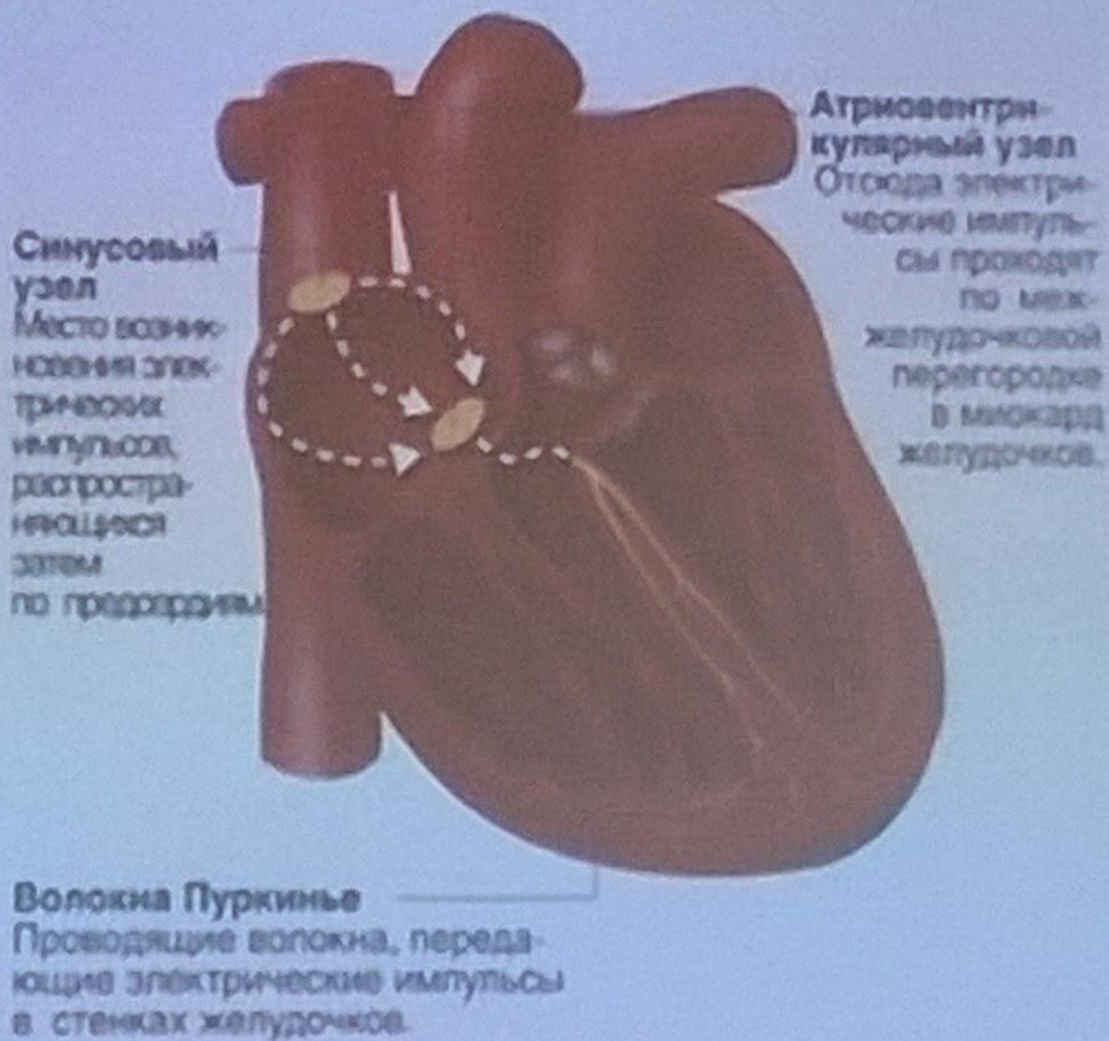


# Эмбрион 6 недель





# Проводящая система сердца



# Формирование проводящей системы

Типичные клетки элементов проводящей системы появляются при длине эмбриона :

- А) синусового узла – 7 мм (25 – 28 дней)
- Б) атриовентрикулярного узла – 8 – 9 мм
- В) левая ветвь пучка Гиса – 11 мм
- Г) правая ветвь пучка Гиса – 13 мм ( 45 дней )

Критический период формирования морфологических структур управления ритмом – 18 – 45 день гестации

## Особенности периода плацентарного кровообращения

- Один круг кровообращения
- Право-левые шунты ( овальное окно, артериальный проток)
- Нагрузка на все отделы сердца – одинакова
- Желудочки сокращаются одновременно, а не последовательно
- Лучше кровоснабжаются верхние отделы тела
- ЧСС 125-130 в минуту
- Эмбриокардия

# Особенности фетального кровообращения

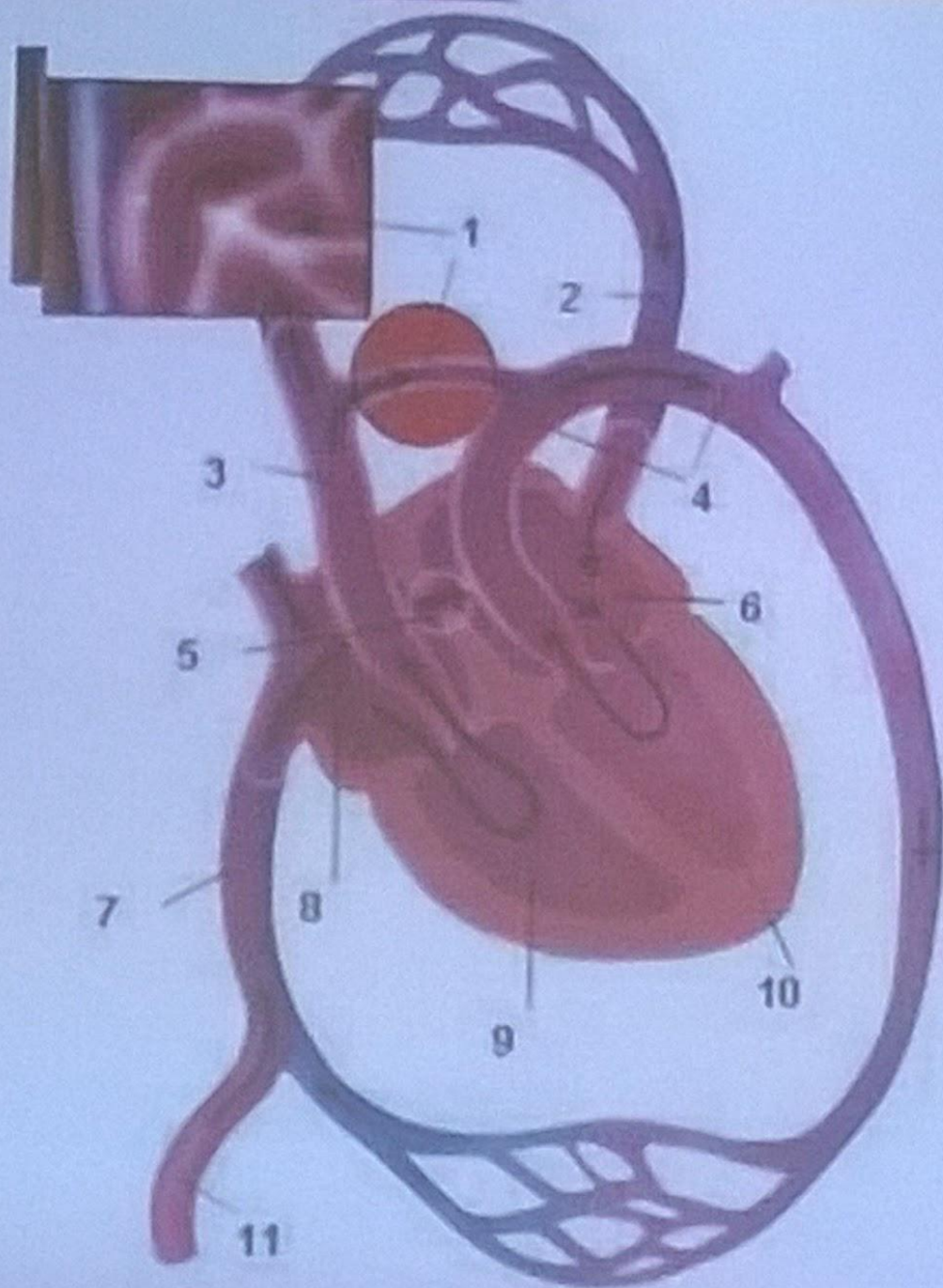
- Легкие не участвуют в оксигенации крови
- Функцию газообмена выполняет плацента
- Парциальное давление кислорода в крови пуповины в два раза ниже, чем у матери
- Правый желудочек нагнетает  $2/3$  общего сердечного выброса против большего давления.
- Легочный кровоток составляет только  $7\%$  сердечного выброса

## Насыщенность кислородом крови пупочных артерий

- в 22 недели – 40-60%
- в 30 – 40 недели – 25%
- к 43 недели – 7%

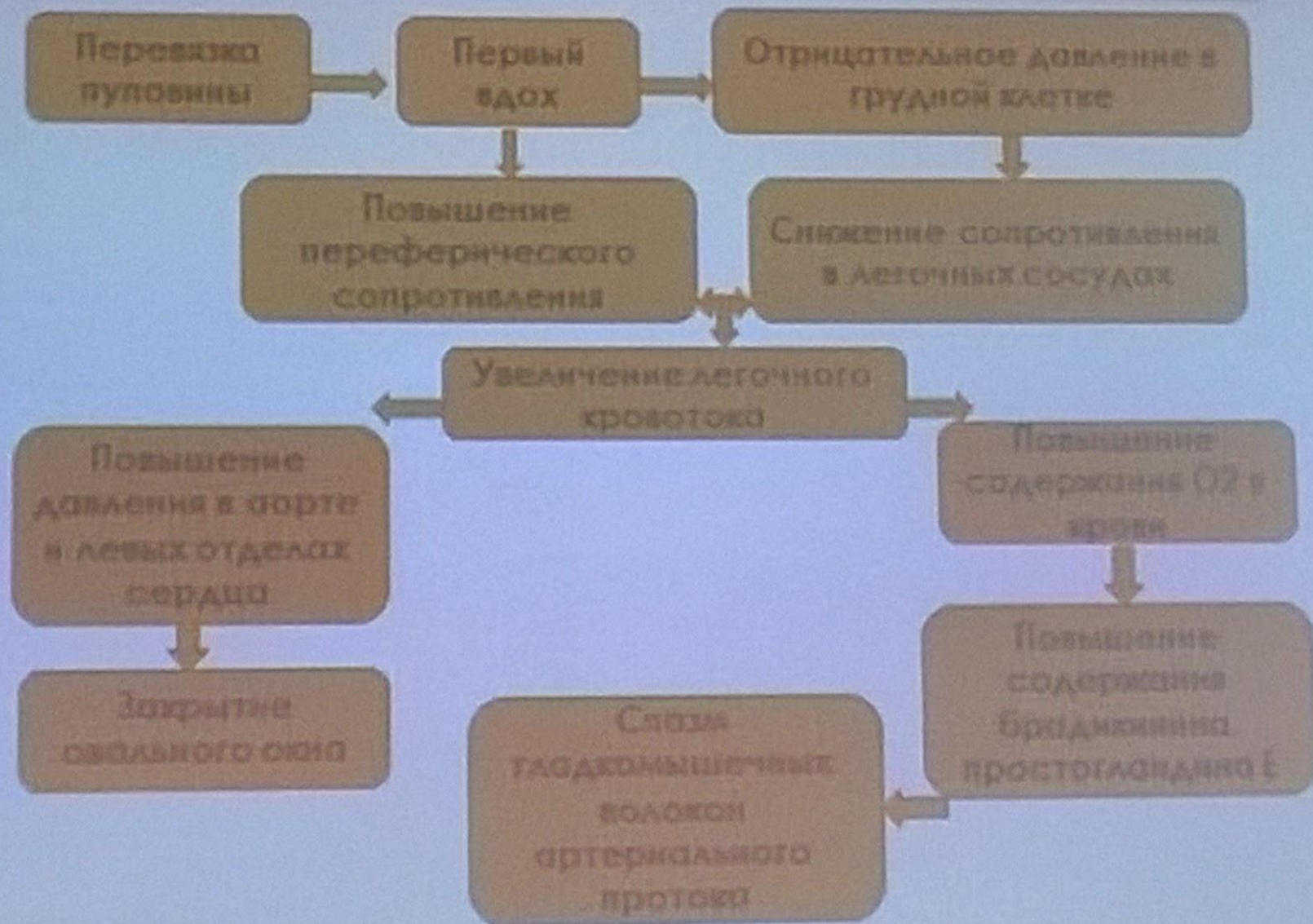
## Факторы способствующие адаптации плода при плацентарном кровообращении

- Увеличение дыхательной поверхности плаценты
- Увеличение скорости кровотока
- Нарастание количества гемоглобина и эритроцитов крови плода
- Наличие особо высокой кислородосвязывающей способности фетального гемоглобина
- Существенно более низкая потребность тканей плода в кислороде



1. артериальный проток
2. легочная вена
3. легочная артерия
4. аорта
5. овальное окно
6. левое предсердие
7. нижняя полая вена
8. правое предсердие
9. правый желудочек
10. левый желудочек
11. сосуды пуповины

# Изменения ССС после рождения





## Изменения ССС после рождения

- Закрытие овального окна
- Облитерация артериального протока
- Функционирование малого круга кровообращения
- Перераспределение нагрузки между правыми и левыми отделами сердца

# Закрытие фетальных отверстий после рождения

Фетальные отверстия	Функциональное закрытие	Анатомическое закрытие
Вены пуповины	Наложение скобки	Ligamentum umbilicalis mediana
Артерия пуповины	То же	Ligamentum umbilicalis dexstra Ligamentum umbilicalis sinistra
Аранциев проток	В первые минуты	2 недели
ООО	На 7 – 9 день	К 9 – 12 месяцу
ОАП	Через 10 – 15 минут	В 2 – 5 месяцев

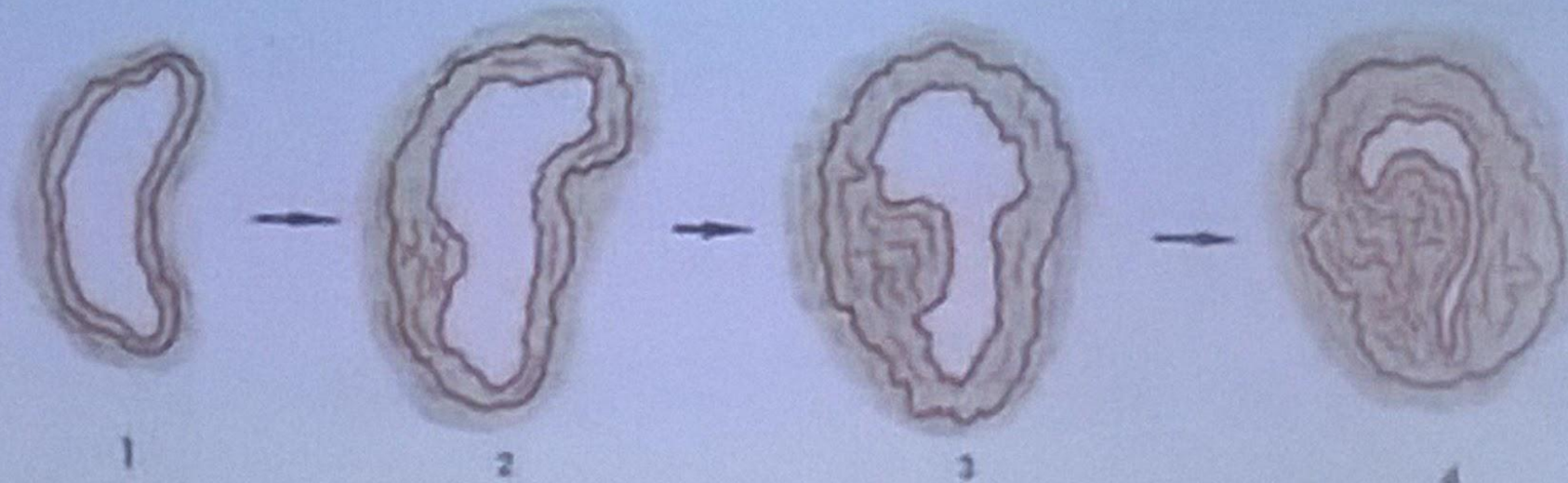


Рис. 20

Динамика облитерации боталлова протока.  
1 – новорожденный, 2 – ребенок 2-3 нед. жизни, 3 – ребенок 1 года жизни, 4 – ребенок 2 года жизни.

## Анатомо-физиологические особенности.

- ▶ У эмбриона, плода и в первые 3-6 месяцев внеутробной жизни сердце растет преимущественно за счет увеличения числа кардиомиоцитов (гиперплазии) и их дифференцировки до размера и функции взрослой клетки. В последующем митотическая активность снижается, и рост сердца связан главным образом с увеличением объема существующих кардиомиоцитов (их физиологической гипертрофией). Поэтому различаются реакции миокарда на повышенную нагрузку в различные возрастные периоды.

- ▶ У новорожденных и детей первых месяцев жизни сердце отвечает на дополнительную нагрузку комбинацией гиперплазии и гипертрофии кардиомиоцитов, как и при нормальном развитии, однако значительно ускоренных. При этом так же форсируется процесс дифференцировки клеток.
- ▶ У детей старше 3-6 месяцев гипертрофия сопровождается преимущественно утолщением и удлинением кардиомиоцитов, объем которых может возрасти в 30-40 раз по сравнению с нормально развивающимся сердцем.
- ▶ Важно, также, что в первые 3-6 месяцев жизни гиперплазия и дифференцировка кардиомиоцитов сопровождаются ростом капиллярных сосудов пропорционально мышечной массе.

- ▶ У более старших детей гипертрофия миокарда не сопровождается соответствующим ангиогенезом, увеличиваются межкапиллярные расстояния и это ухудшает возможности адекватного кровоснабжения миокарда в условиях нагрузки.

## **Вывод:**

Ранняя коррекция патологии сердца ( в период гиперпластической фазы роста сердца) более целесообразна, так как сохраняет нормальную или близкую к ней функцию желудочков, предотвращает ремоделирование сердца, опасность электрической нестабильности миокарда.

# Транзиторные нарушения переходного кровообращения

Нарушение процессов адаптации приводит к удлинению сроков функционального закрытия фетальных соустьев и персистирует легочная гипертензия, что обеспечивает избыточное перераспределение крови между аортой и легочной артерией, правым и левым предсердиями.

**Периодическая смена лево- правого на право – левый шунт носит название синдрома персистирующего фетального кровообращения или персистирующей легочной гипертензии новорожденных**

## Причины персистирующего фетального кровообращения

- Недоношенность (при массе тела менее 1200 г., требующих интенсивной терапии, проток остается открытым у 85% детей)
- Синдром дыхательных расстройств
- Стойкий метаболический ацидоз
- Длительная оксигенотерапия с высоким содержанием кислорода
- Избыточная инфузионная терапия



# Клиническая картина

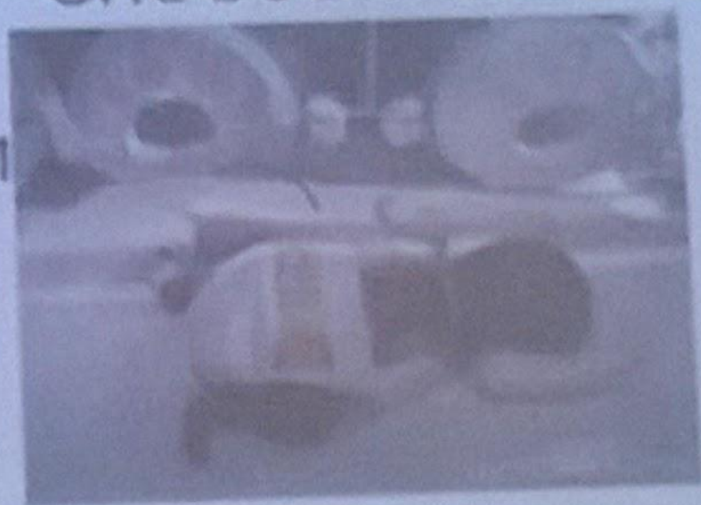
- Кардинальный симптом право-левого шунта: цианоз, не поддающийся воздействию 100% кислородом и положительным давлением на выдохе
- Стойкий метаболический ацидоз с рН крови менее 7,25 и ВЕ больше 10 ммоль/л.
- Акцент 2 тона над легочной артерией и его расщепление над верхушкой, либо, при слабости миокарда, отсутствие 2 тона
- На рентгенограмме – обеднение малого круга кровообращения и «прозрачные» легкие
- На ЭКГ – депрессия интервала S-T в левых грудных отведениях

# Масса сердца

Масса сердца при рождении составляет у ребенка около 0,8% от массы тела, что в два раза больше, чем у взрослого (0,4%). Нарастание массы сердца происходит неравномерно, наиболее быстрые темпы отмечаются в первые два года жизни, от 12 до 14 лет и от 17 до 20 лет.

## Гистологические особенности миокарда у детей младшего возраста

- Опережающее развитие капиллярного русла
- Низкая дифференцировка кардиомиоцитов
- Мало соединительной ткани
- Высокая репаративная способность миокарда
- \* Устойчивость к гипоксии



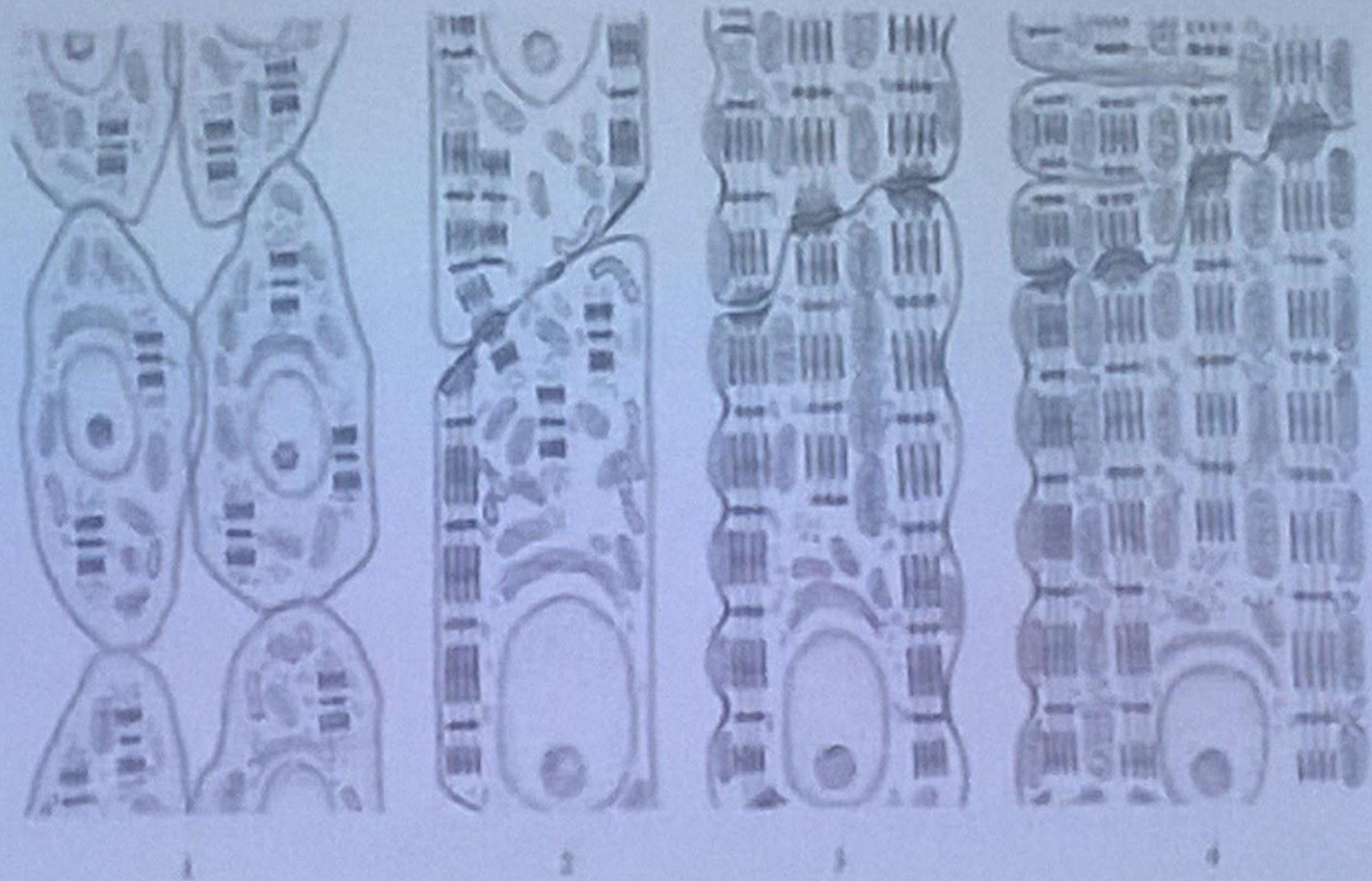


Рис. 13

Формирование контактов кардиомиоцитов: мембран (1), плоская (2), неокрепшая (3), вросшая (4).

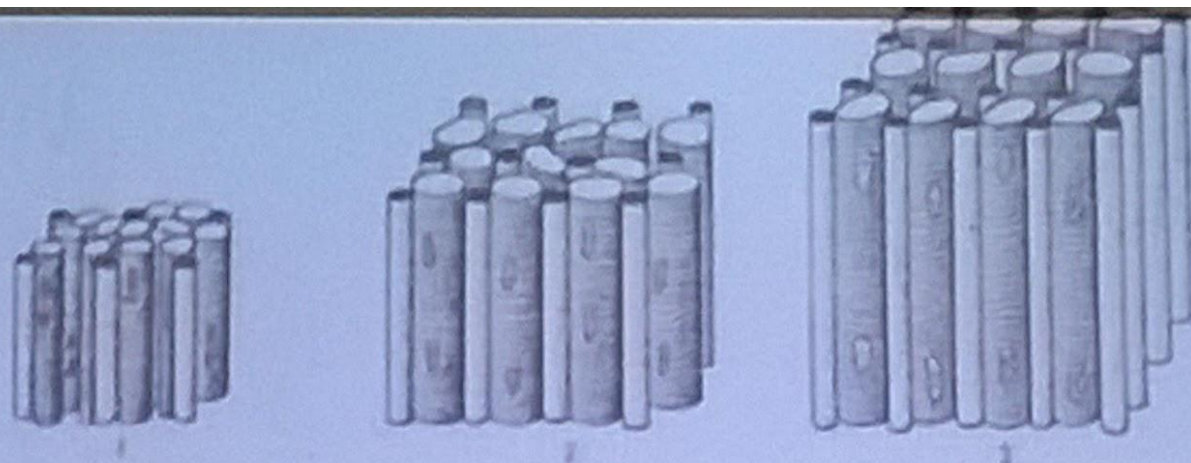
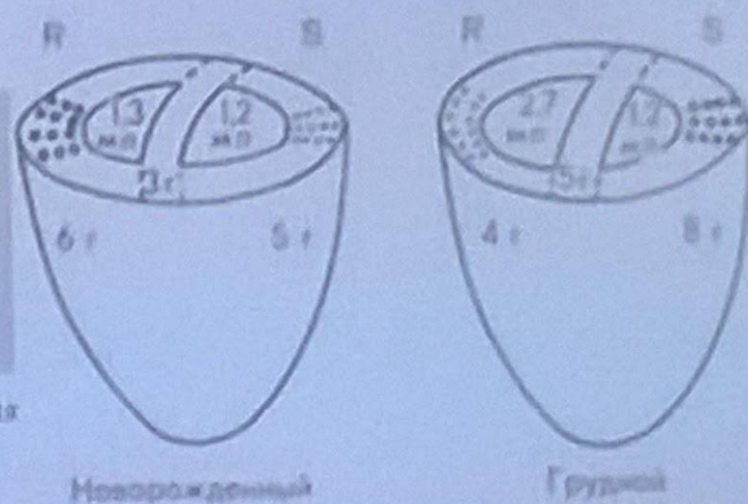


Рис. 18

Динамика мышечно-сосудистых отношений в сердце новорожденного, ребенка 5 лет и взрослого. [Либач, 1966]  
 Постнатальный рост 12 мышечных волокон. Ядерно-плазменные отношения меняются в пользу цитоплазмы. Благодаря увеличивающемуся количеству капилляров – расстояние между ними остается постоянным (25 мкм)

Схема перестройки желудочков после рождения. [Либач, 1966]  
 Показатели соотношения веса и объема левого и правого желудочка. Принципиальные изменения толщины и взаимного расположения мышечных клеток

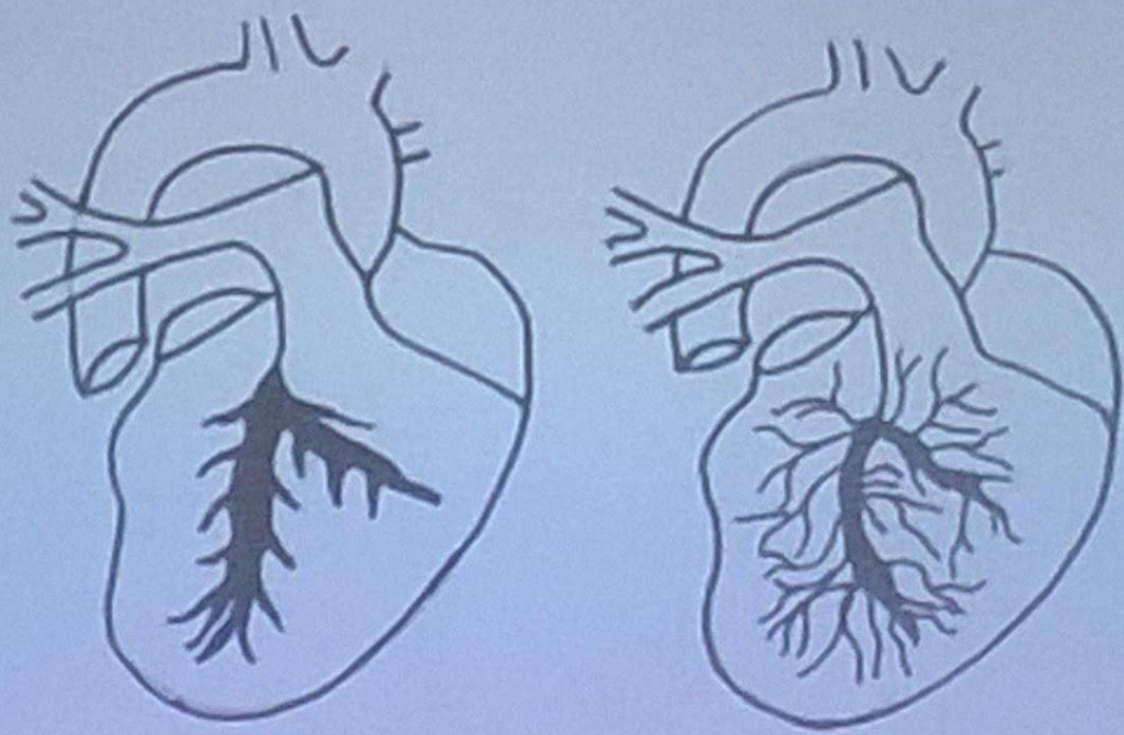


О.В.Волкова, М.И.Пекарский Эмбриогенез и возрастная гистология внутренних органов человека 1976

# Особенности ССС у детей младшего возраста

- Высокая ЧСС ( преобладание тонуса симпатической нервной системы, низкий тонус парасимпатической).
- Увеличение ударного и минутного объема связаны с периодами ростовых скачков ребенка.
- Высокая чувствительность к повреждающим факторам.
- Более интенсивное окисление, анаэробный гликолиз и гликогенолиз в миокарде ребенка.
- Рассыпной тип кровоснабжения сердечной мышцы
- Изменение положения электрической оси сердца

# Коронарные артерии (взрослого и ребенка)



## Показатели работы сердца в разные возрастные периоды

Возраст	Частота сердечных сокращений в мин.	Ударный объем (мл)	Минутный объем (мл)
Новорожденный	140	3,0	420
1 год	120	10,3	1220
4 года	95	20,7	1966
7 лет	90	28,0	2520
14 лет	80	59,0	4720



## Резерв работы сердца в разные возрастные периоды

Возраст	Максимум увеличения частоты пульса уд. в мин.	Максимум увеличения ударного объема (мл)	Максимум увеличения минутного объема (мл)	Резерв Работы в %
Новорожде нный	30	0	75	17
1 год	50	2,0	600	49
4 года	60	5,0	1500	72
7 лет	80	14,0	3360	133
14 лет	90	60,0	10800	230

## Показатели работы сердца на кг массы

Возраст	Работа на кг массы (мл)	Резерв работы на кг массы (мл)
Новорожденный	120	2,1
1 год	117	60,0
4 года	85	75,0
7 лет	70	96,0
14 лет	78	180,0

## Морфофункциональные особенности ССС у здоровых подростков

- Изменение конфигурации и размеров сердца :
  - А ) малое (капельное или висячее )
  - Б ) митральная форма сердца
  - В ) юношеская (физиологическая ) гипертрофия
- Лабильность электрофизиологических функций : автоматизма, возбудимости, проведения
- Наличие функциональных шумов



Рис. 9.2. Спина: а – нормальная; б – сколиоз; в – кифоз; г – гиперцифоз

# Формулы для оценка артериального давления у детей

## Систолическое давление

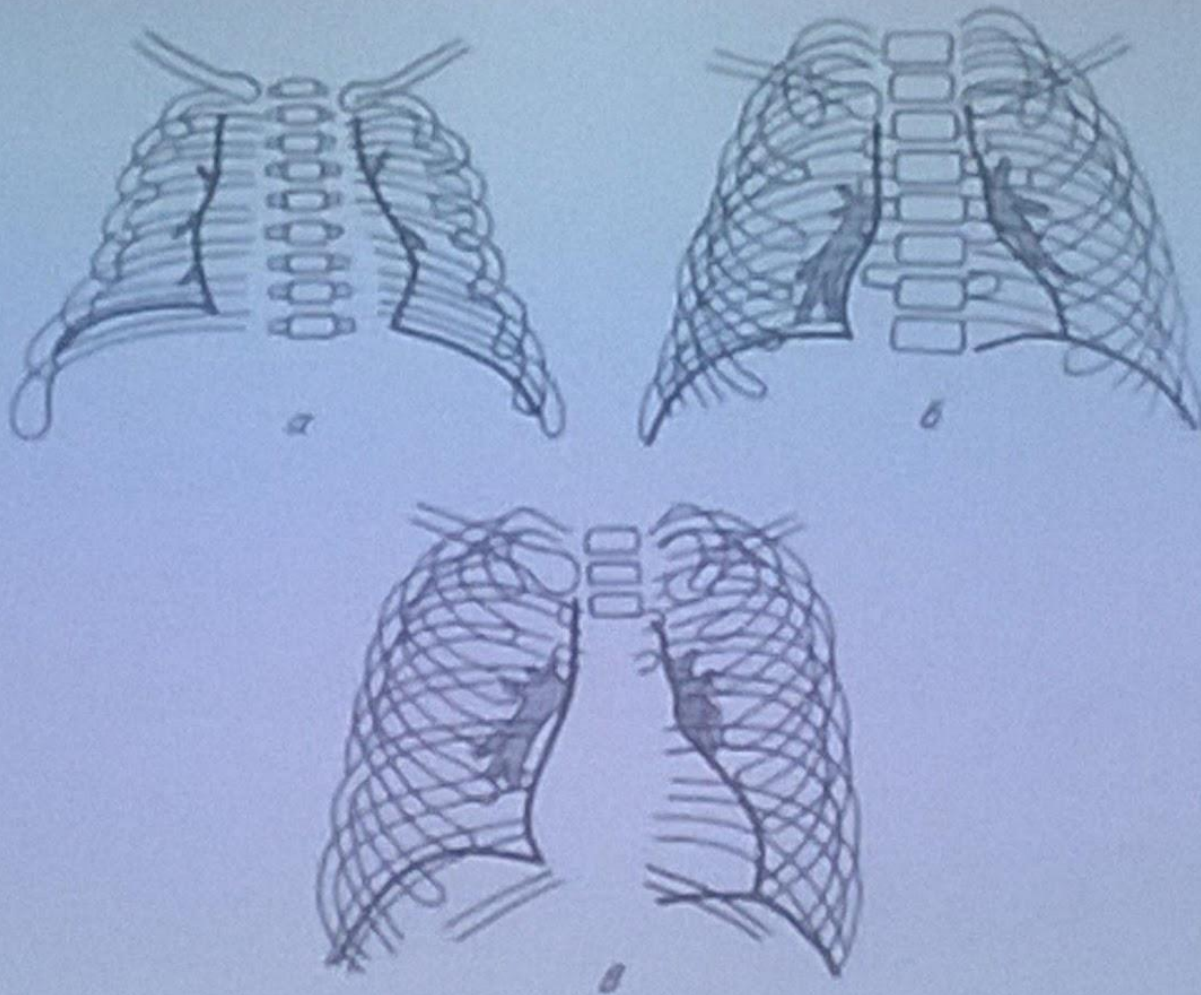
- новорожденные 70-76/30-40 мм.рт.ст
- 1 год  $76+2n$ , n-месяцы жизни (ф-ла А.Ф. Тура)
- После года  $90+2n$ , или  $100+n$ , n – годы жизни

## Диастолическое давление

$1/2 - 2/3$  от систолического

# Размеры сердца

- Рентгенография
- Рентгеноскопия
- Ультразвуковое исследование



**Возрастные особенности  
рентгенологической тени сердца.**

**а — новорожденный, б — ребенок грудного  
возраста, в — взрослый.**

## Границы относительной сердечной тупости

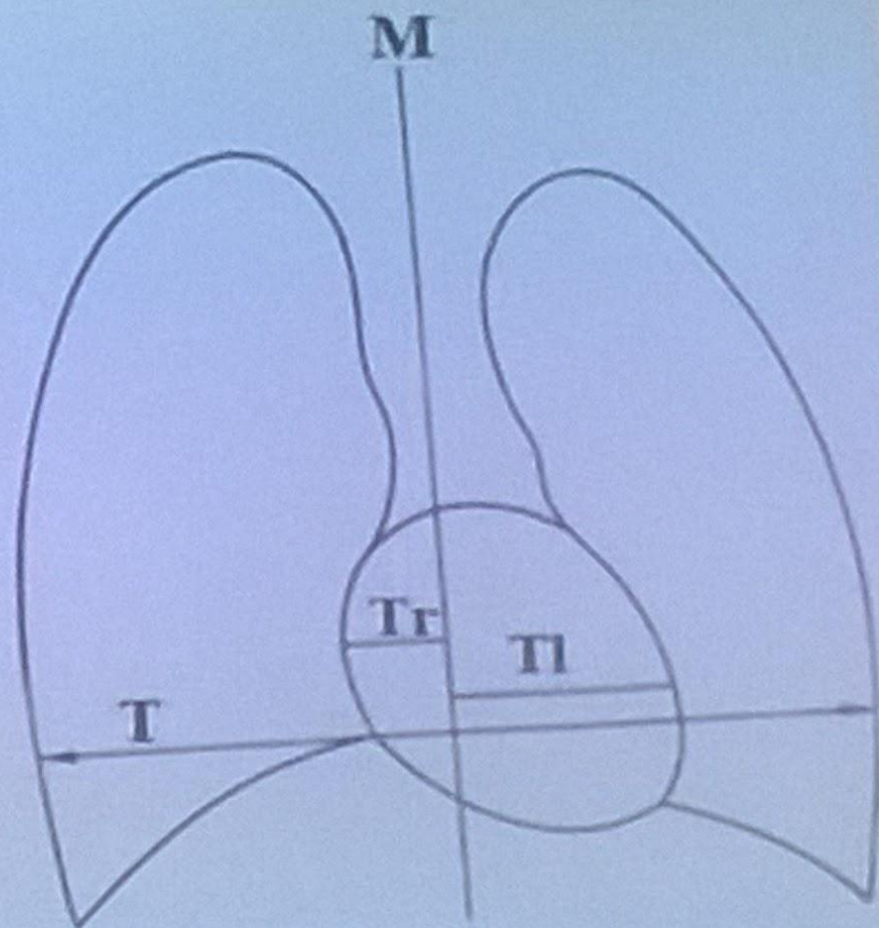
Граница	До 2-х лет	3 – 7 лет	8 – 12 лет
Верхняя	II ребро	Второе межреберье	III ребро
Левая	На 1 см снаружи от среднеключичной линии	На 1 см снаружи от среднеключичной линии	По среднеключичной линии
Правая	По правой парастеральной линии	Кнутри от правой парастеральной линии	На середине между парастеральной и стеральной линиями



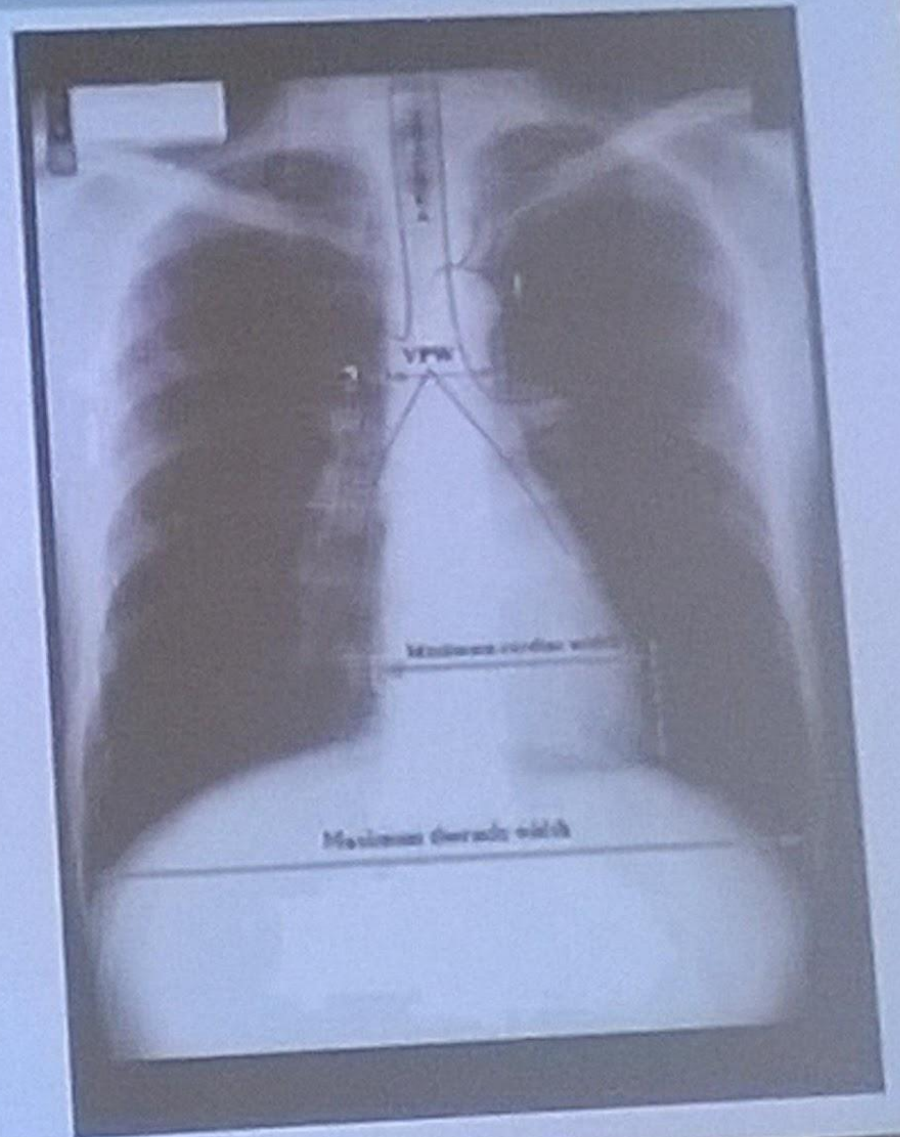
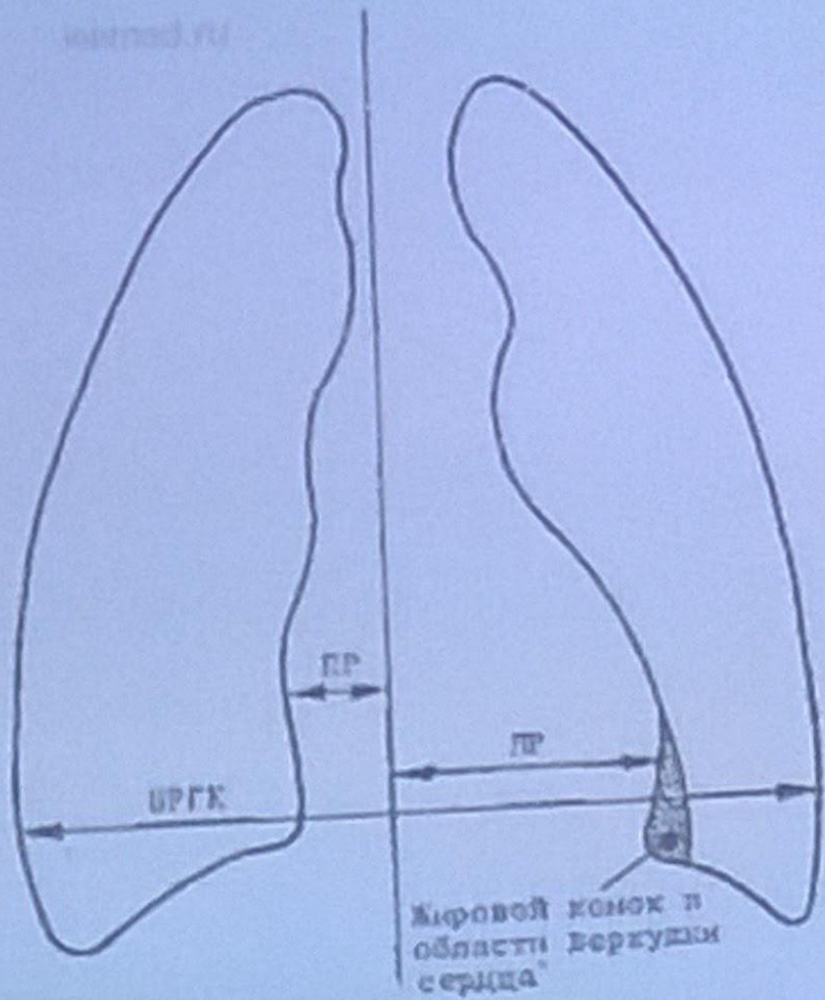
## Кардиоторакаль- ный индекс

Из предложенных рентгенокардиометрических индексов в педиатрии, наиболее часто используется определение кардиоторакального индекса (КТИ). Он рассчитывается, как отношение поперечника грудной клетки, определяемого по верхнему краю диафрагмы (Т), к поперечнику сердца, который является суммой перпендикуляров, опущенных из наиболее отстоящих точек правого (Тг) и левого (П) контуров на срединную линию.

Кардио-торакальный индекс меняется с возрастом. Так, у детей первого года жизни он составляет около 60%, у детей 4-7 лет — 55%, в более старшем возрасте около 50%. Увеличение КТИ после года выше 60%, считается небольшим, до 65% умеренным, а свыше 65% — значительным.



# Кардио-торакальный индекс



# Регистрация электрической активности сердца

- Электрокардиография
- Векторкардиография
- Балистокардиография

# Регистрация звуковых феноменов

- Фонокардиография
- Доплеркардиография

# Оценка гемодинамики

- Механография
- Реография
- Апекскардография
- Ультразвуковое исследование

# Оценка внутрисердечной гемодинамики

- Ангиокардиография
- Компьютерная сцинтиграфия
- Эхокардиография

# Оценка сосудистой системы

- Измерение артериального давления
- Реография
- Сфигмография

# Оценка регуляции ССС

- Кардиоинтервалография
- Холтеровское мониторирование
- Пробы Штанге – Генча
- Физические нагрузки



# Анатомо-физиологические особенности сердечно-сосудистой системы

Особенности	Физиологическое обоснование	Клиническое значение
-------------	-----------------------------	----------------------

## Анатомо-гистологические особенности

1. Внутриутробно наличие внутрисердечных коммуникаций (овальное окно, Боталлов проток)	Работа сердца на один (большой) круг кровообращения	Возможность адекватного развития плода даже при наличии врожденных пороков развития
----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

2. Закрытие  
внутрисердечных  
коммуникаций  
после первого  
вдоха  
новорожденного

Необходимость  
обеспечения  
работы сердца на  
два круга  
кровообращения

При плохом  
расправлении  
легких (ателектаз,  
синдром  
дыхательных  
расстройств),  
гипоксии возникают  
предпосылки для  
более позднего  
закрытия или не  
закрытия Боталлова  
протока (открытый  
артериальный  
проток после 4-х  
месяцев).

3. При рождении равномерное развитие мышц правых и левых отделов сердца с последующей рабочей постнатальной гипертрофией левых отделов сердца

Одинаковая нагрузка на правые и левые отделы сердца внутриутробно и преобладание нагрузки на левые отделы после рождения.

Особенности ЭКГ детей раннего возраста (гипертрофия правых отделов по сравнению с ЭКГ взрослых). При наличии патологических воздействий в первые месяцы жизни, особенно дистрофических, возникают предпосылки для развития сердечной недостаточности

4. Относительно большая масса мышц сердца, тем более выраженная, чем младше ребенок.

Необходимость выполнения большой работы на кг массы для обеспечения оптимального развития

Сердце занимает большой объем в грудной клетке, определяемый перкуторно и другими методами обследования.

5. Рассыпной тип кровообращения сердца у детей младшего возраста, по сравнению с магистральным у взрослых

Обеспечение повышенного кровоснабжения сердечной мышцы

У детей крайне редко наблюдается ишемия миокарда, одновременно, возможно быстрое распространение патологического процесса. Быстрая репарация при повреждении сердечной мышцы.

6. Наличие  
фетальных путей  
коммуникации  
(пупочная артерия,  
пупочные вены,  
антрациев проток)

Обеспечение  
плацентарного  
кровообращения

Снабжение плода  
кислородом и  
обеспечение  
обмена

7. Спазмирование и  
облитерация  
фетальных путей  
коммуникации  
(после перевязки  
пуповины)

Самостоятельное  
функционирование  
органов по  
поддержанию  
необходимого  
метаболизма  
(легкие, почки и др.).

Наличие раневой  
поверхности в  
области пупочного  
остатка может  
способствовать  
проникновению  
инфекции (пупочный  
сепсис)

## Физиологические особенности

1. Малый сердечный выброс с ограниченными возможностями его увеличения в раннем детском возрасте

При оптимальных условиях ухода, питания, нет необходимости в значительном увеличении объема сердечной деятельности.

При предъявлении к сердцу повышенных нагрузок (заболевания, неадекватный температурный режим), а также в воздействии дистрофирующих факторов – легкое развитие сердечной недостаточности

2. Большая  
скорость  
кровотока

Создание  
оптимальных  
условий для  
тканевого  
питания

Более  
быстрое  
воздействие  
парентераль  
но вводимых  
препаратов,  
а также  
проявления  
интоксикации  
и при  
отравлениях

## Особенности регуляции

1. Преобладание симпатических влияний на сердце до 2-3-х лет	За счет большого числа сокращений поддержание высокого минутного объема	Более частый пульс у ребенка
2. Наличие аритмии в деятельности сердца, особенно в период ростовых сдвигов	Относительно длительное становление взаимобаланса вегетативной нервной системы	Относительно частое возникновение вегетозависимых аритмий (экстрасистолий и др.)



3. Нередко  
возникающие  
нестабильные  
изменения  
артериального  
давления

Дисбаланс в  
вегетативной  
регуляции, а в  
пре- и  
пубертатный  
периоды  
относительное  
преобладание  
выделения  
адреналина  
над  
норадренали-  
ном

Констатация  
различных  
видов  
дистоний,  
особенно в  
пре- и  
пубертатном  
периодах

Благодарю за внимание

