



## **Лекция № 12.**

# **Введение в анатомию сердечно-сосудистой системы. Развитие сердца, артерий и пороки их развития.**

*Заведующий кафедрой анатомии человека  
профессор А.К. Усович*

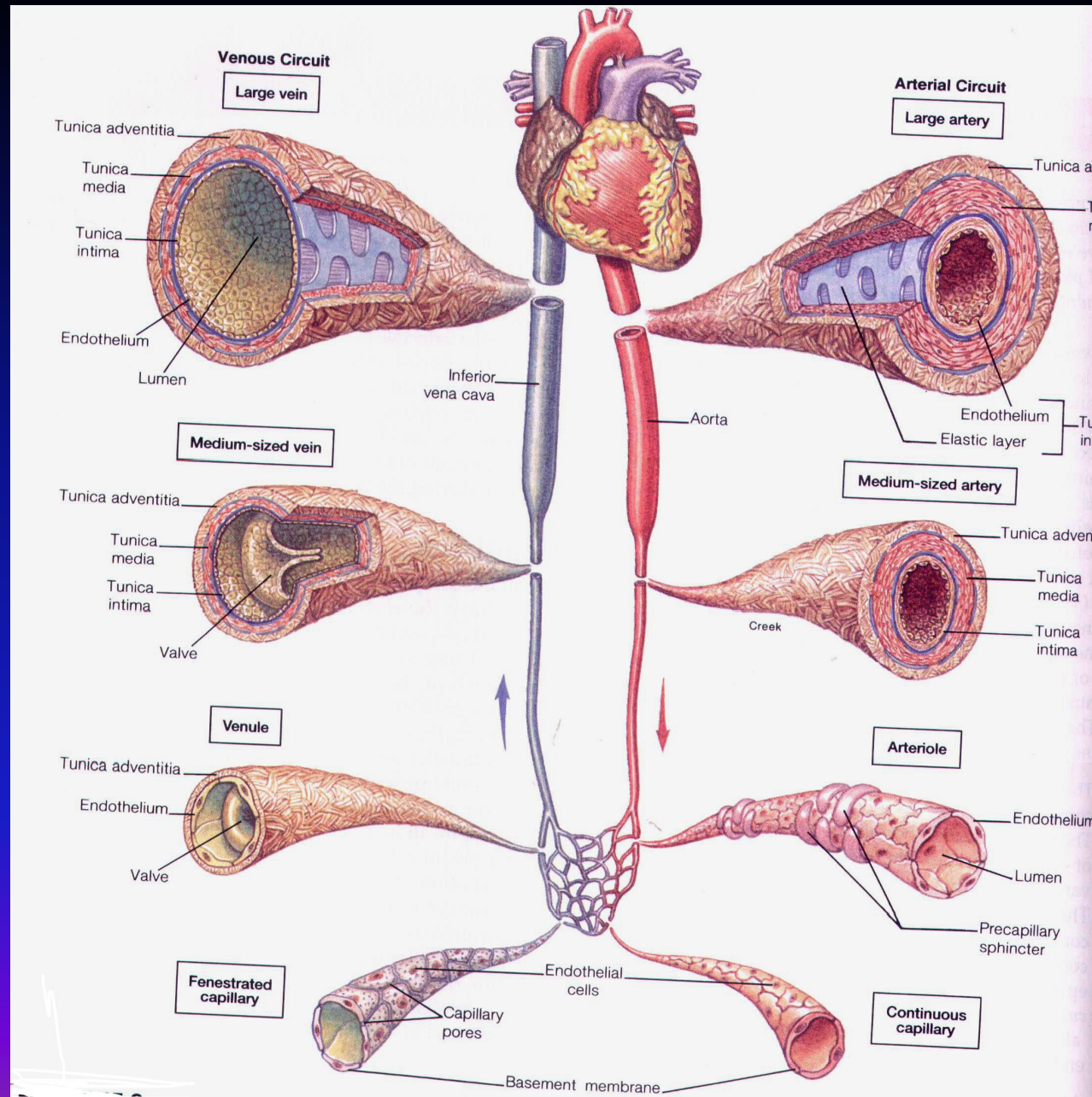
# Вопросы

1. **Общая анатомо–функциональная характеристика сердечно–сосудистой системы.**
2. **Круги кровообращения.**
3. **Строение стенки кровеносных сосудов. Особенности строения артерий и вен.**
4. **Анатомо–функциональная характеристика микроциркуляторного русла.**
5. **Основные закономерности расположения внеорганных артерий.**
6. **Основные закономерности расположения внутриорганных артерий.**
7. **Развитие сердца в онтогенезе.**
8. **Онтогенез основных артерий**
9. **Врожденные пороки сердца крупных артерий.**

# Классификация сердечно– сосудистой системы

**Ангиология** - учение о сосудах, о путях, проводящих жидкости. Кровь, циркулируя по сосудам, осуществляет обмен веществ. Вся сердечно-сосудистая система делится на **кровеносную и лимфатическую**. В кровеносной системе выделяют **артерии**, несущие кровь от сердца к органам, **вены**, возвращающие кровь к сердцу, независимо от состава крови. Между артериями и венами имеется промежуточное звено - **микроциркуляторное русло**, в котором осуществляется обмен веществ между тканями и кровью.

# Все кровеносные сосуды имеют сходный план строения



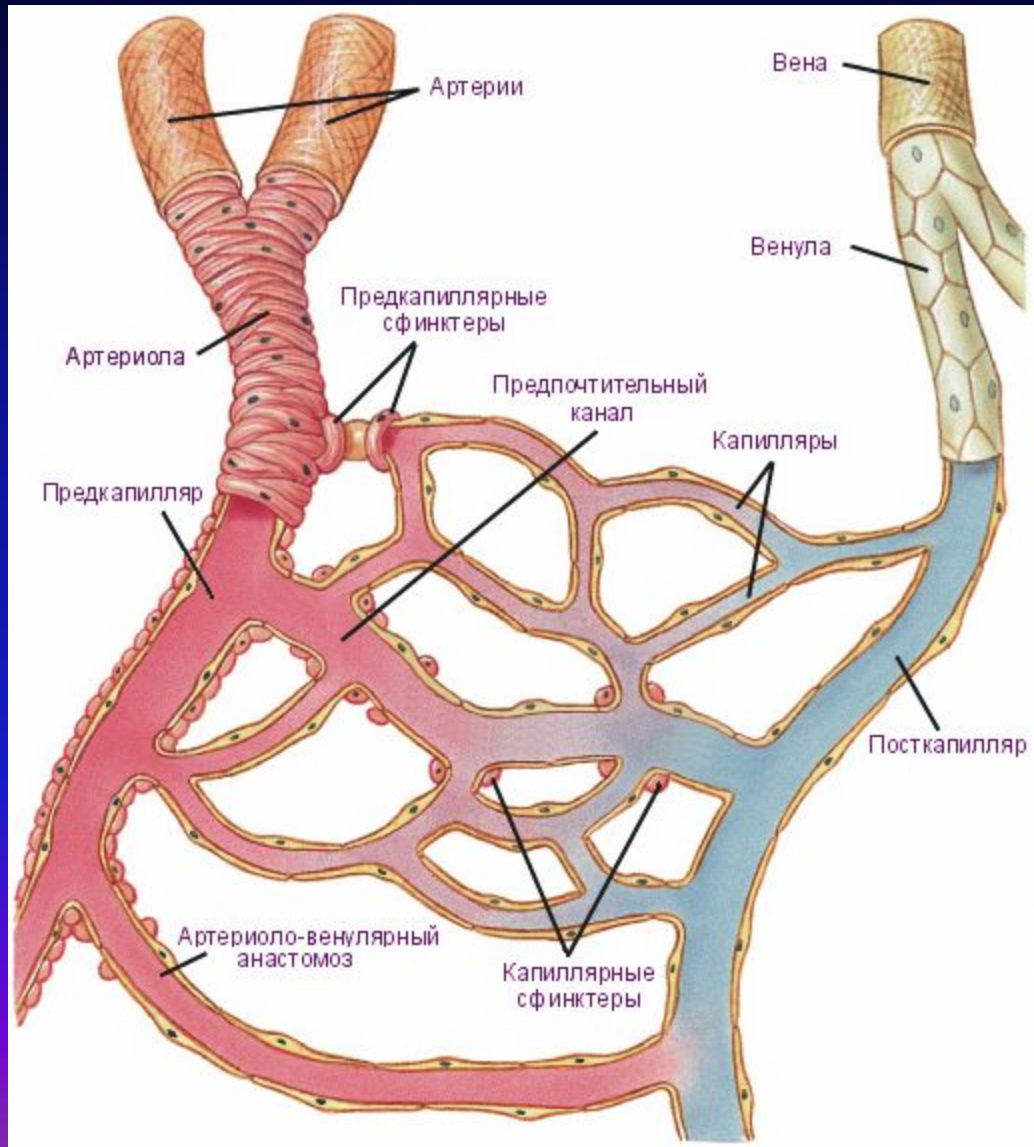
# Микроциркуляторное русло

Включает 5 звеньев:

1. Артериолы;
2. Прекапилляры;
3. Капилляры;
4. Посткапилляры;
5. Вены.

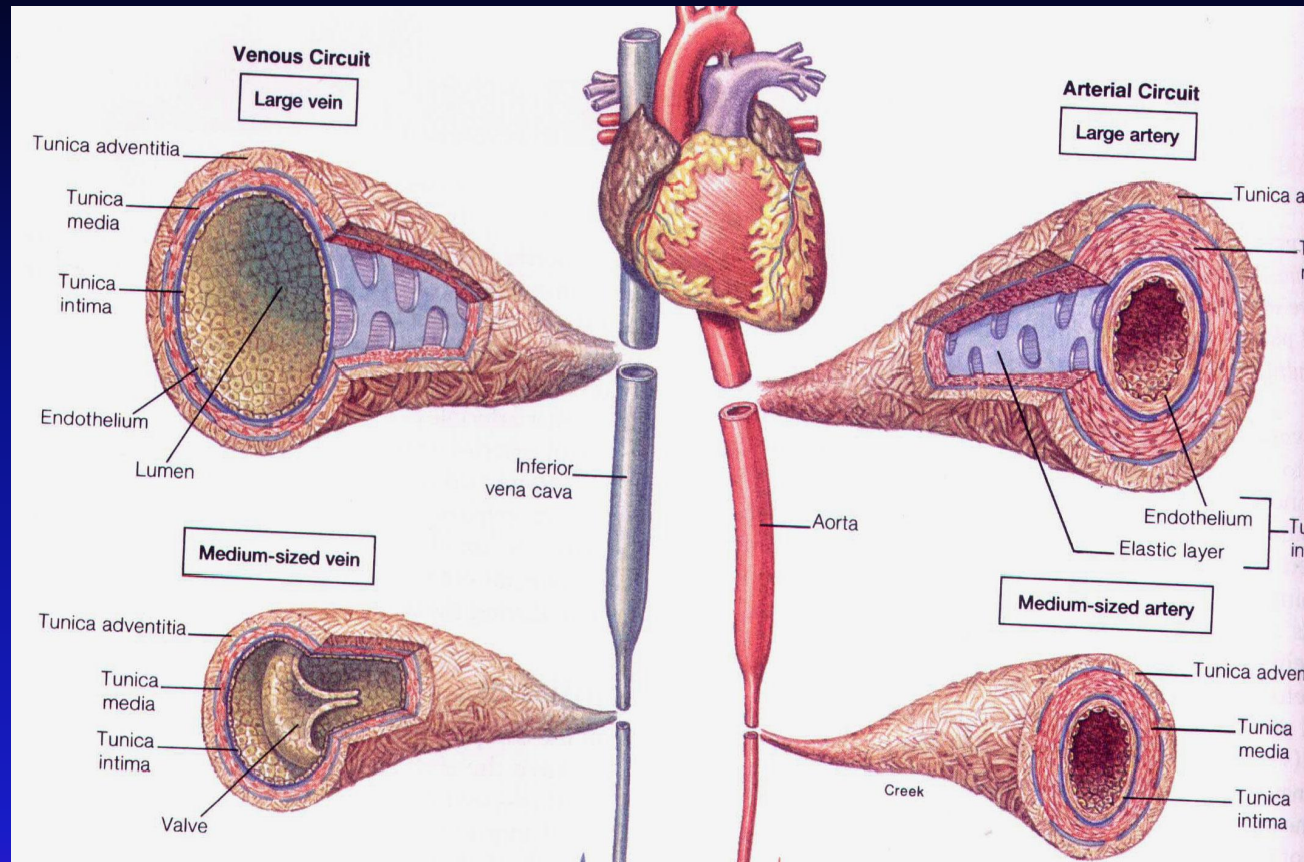
Стенка капилляров состоит из 1-го слоя клеток – Эндотелия и базальной мембраны. Пре- и посткапилляры имеют еще адвентициальные клетки,

Артериолы – слой миоцитов, в венах есть клапаны.



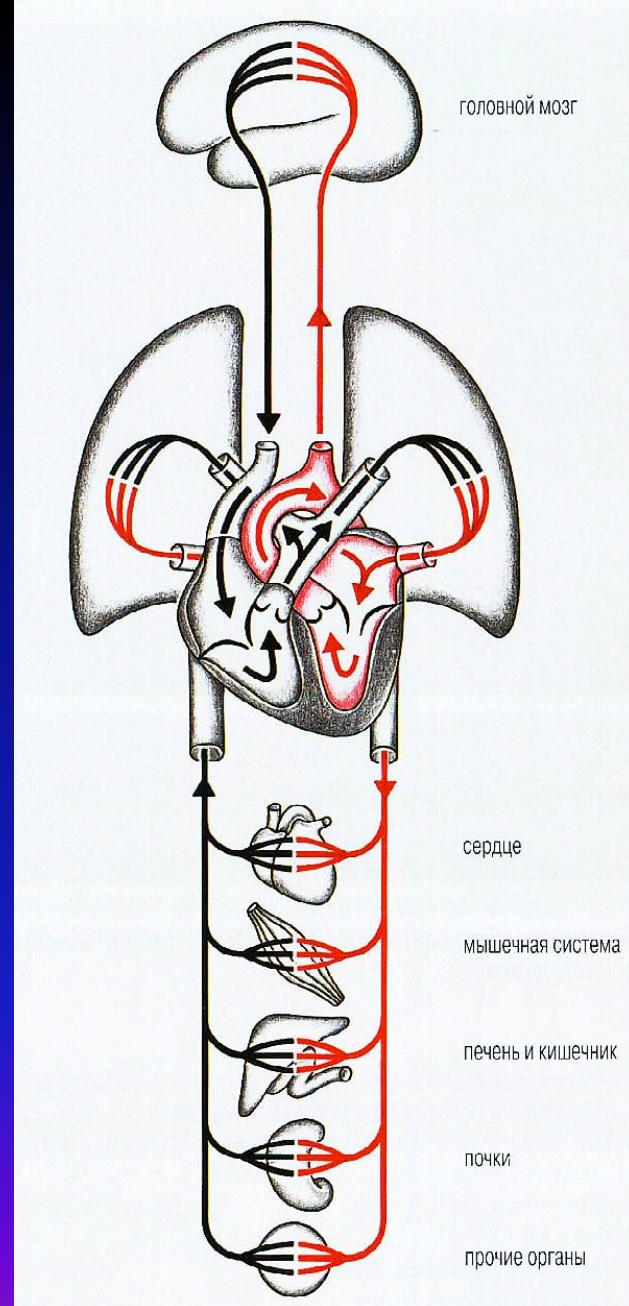
# Артерии и вены

Артерии и вены имеют 3 оболочки: внутреннюю (*t. intima*), среднюю (*t. media*), наружную (*t. adventitia*)



У артерий *t. media* состоит из нескольких слоев миоцитов (они толще и плотнее). Вены имеют клапаны.

Кровь циркулирует в организме по замкнутой системе сосудов, которые образуют **2 круга кровообращения**: большой и малый. Малый или легочный круг служит для газообмена в легких. По большому кровь распространяется от сердца к органам и возвращается обратно. Центральным органом сердечно-сосудистой системы является сердце.



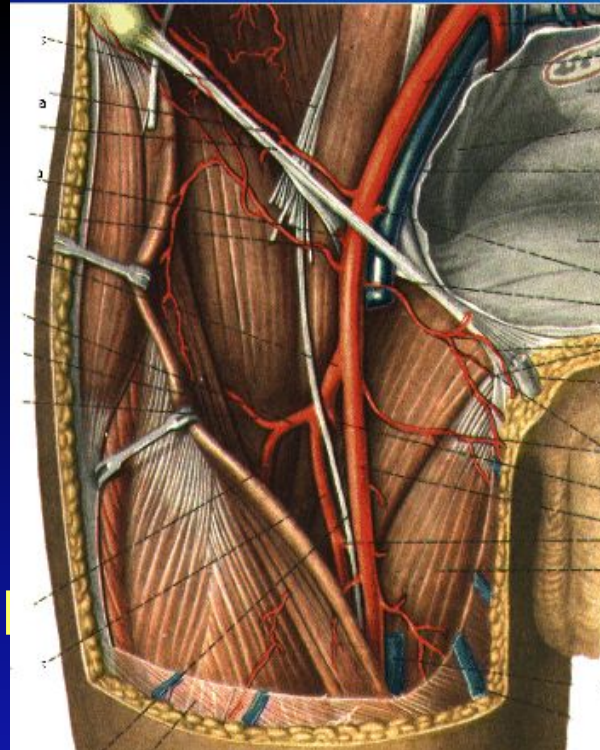
# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВНЕОРГАННЫХ АРТЕРИЙ

Расположение артерий в организме не хаотично, беспорядочно. Оно подчиняется определенным закономерностям.

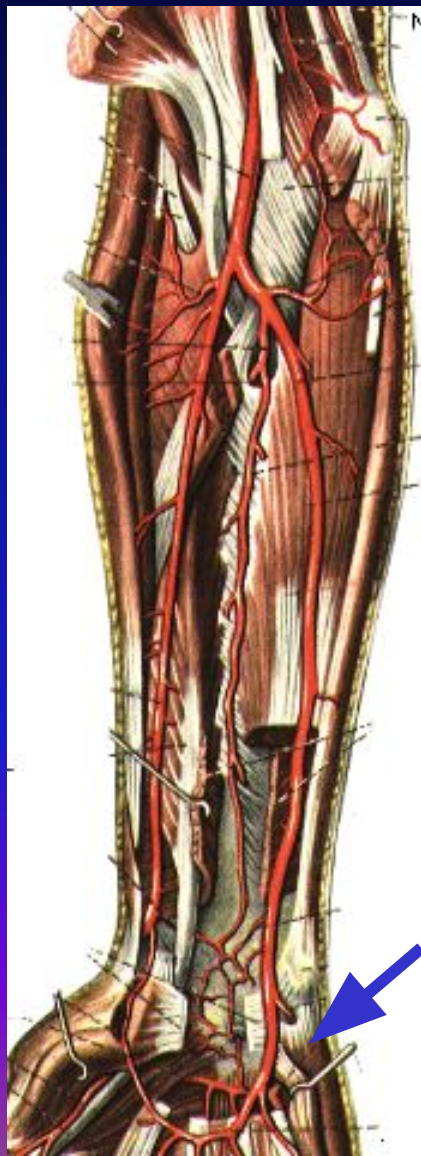
6 таких закономерностей установил основоположник функциональной анатомии в России **Петр Францевич Лесгафт**.



1. Все главные стволы лежат с вогнутой, сгибательной поверхности тела и конечностей. Это связано с тем, что с вогнутой стороны пути короче, а природа не терпит "архитектурных излишеств". Если бы сосуды лежали на выпуклой стороне, они бы сильно растягивались при движении и даже пережимались.



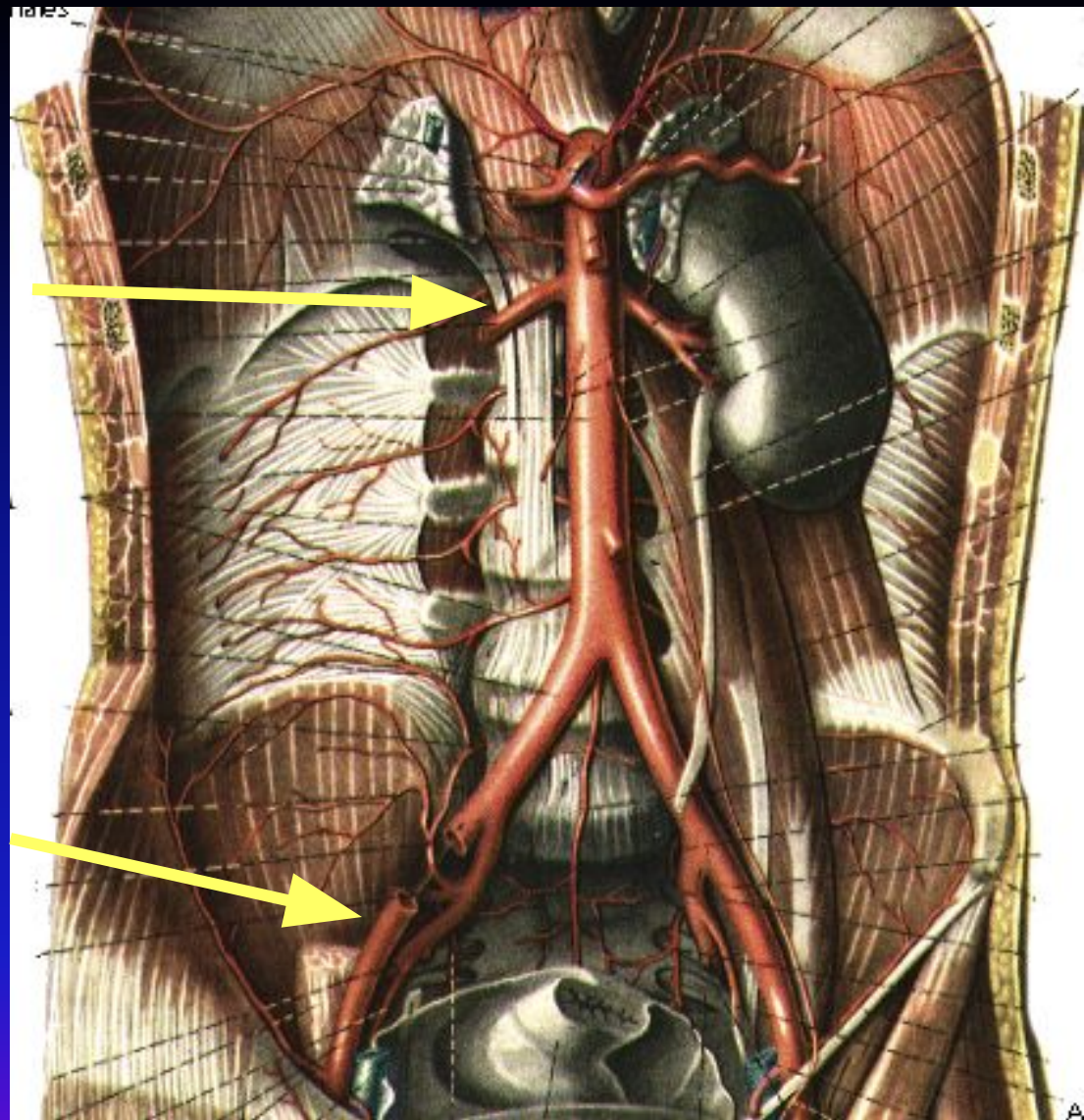
2. Стволы делятся соответственно делению костной основы и соединяются дугообразно по периферии.  
Пример: бедро, плечо - 1; голень, предплечье - 2 артерии.



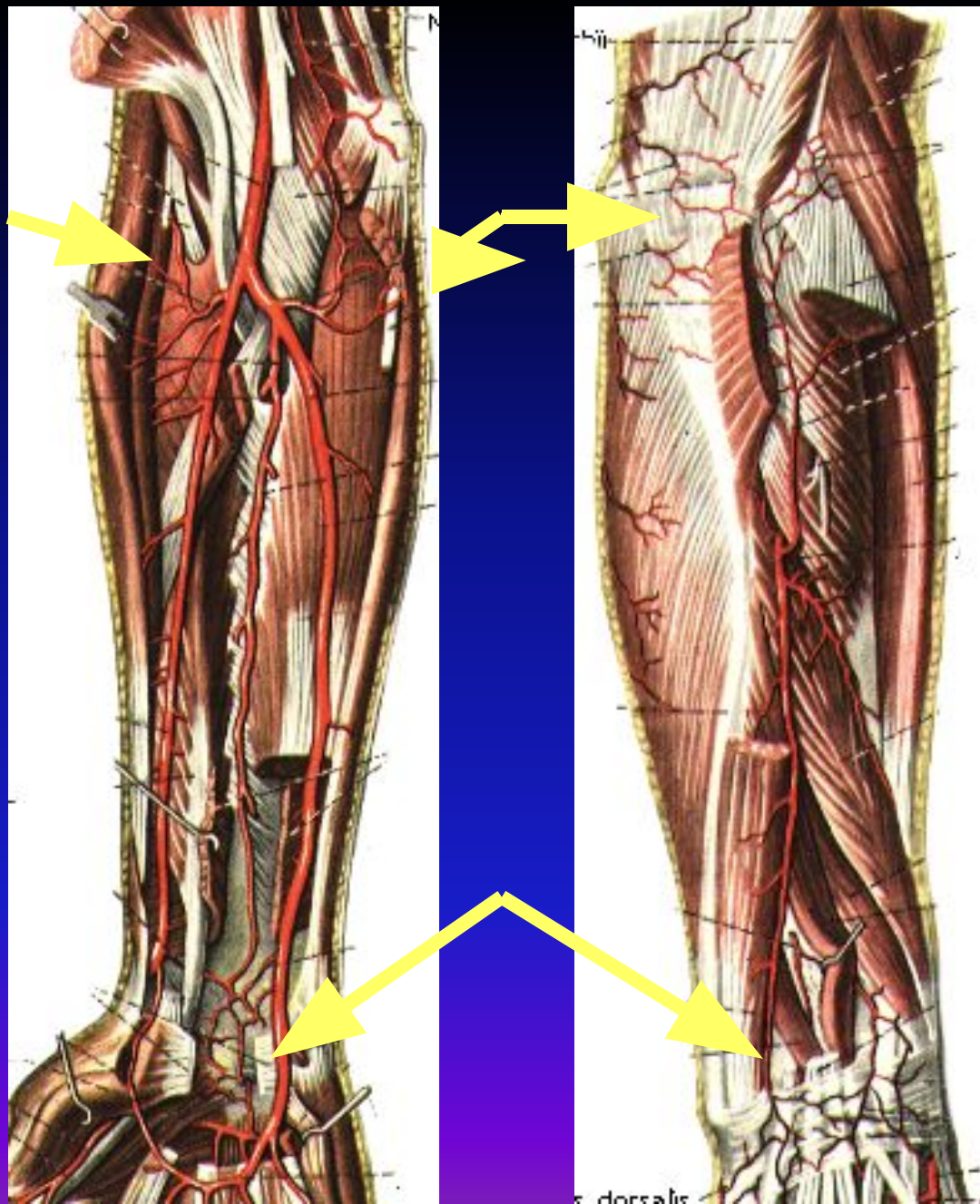
соединение  
артерий в  
области  
суставов с  
образованием  
артериальных  
дуг и сетей.



3. Стволы по своему пути дают ветви. Размер каждой ветви соответствует энергии деятельности органа т.е. особенностям функции органа.



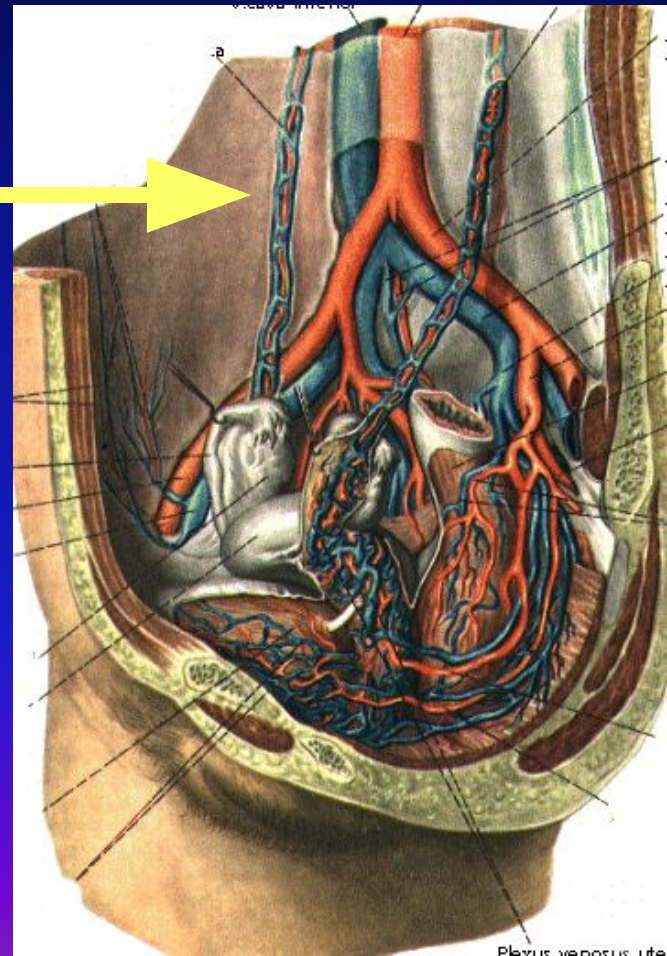
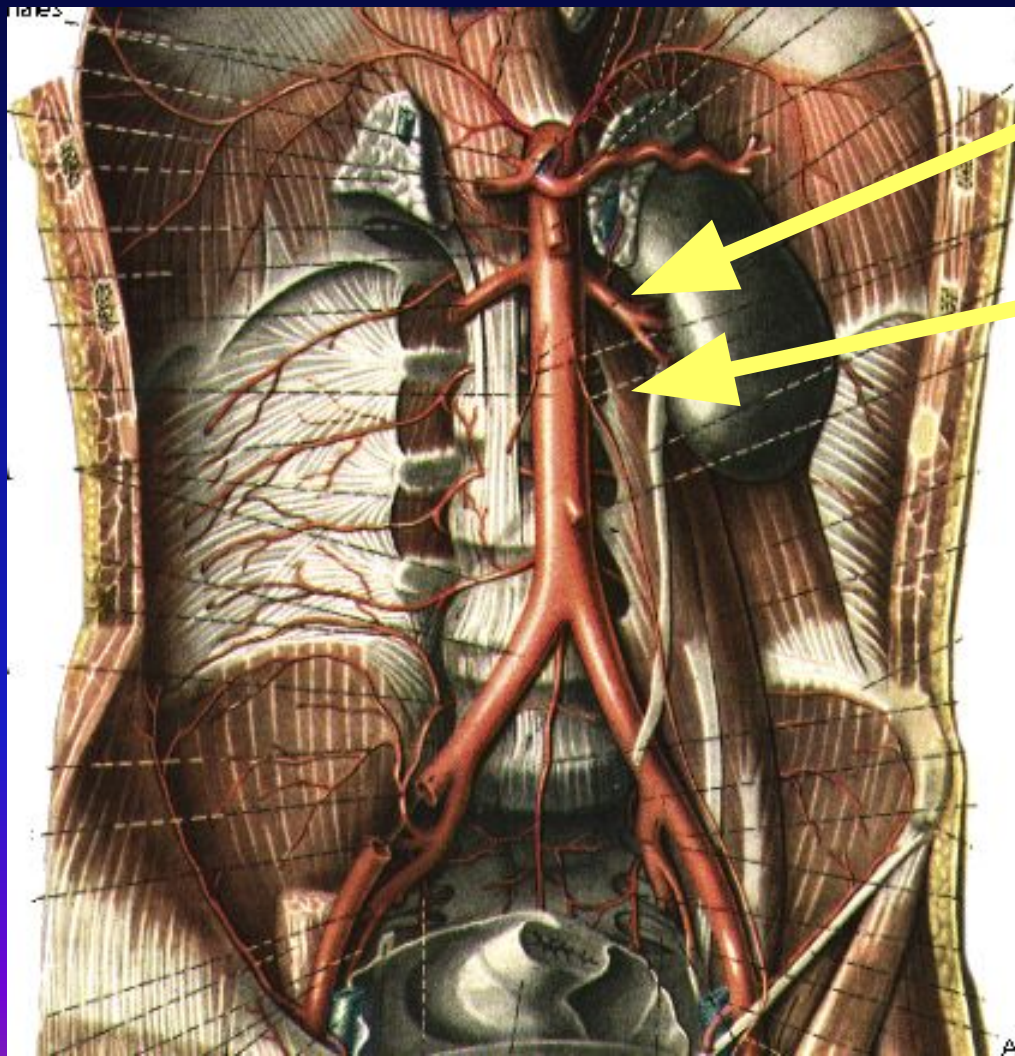
4. В подвижных местах артерии образуют сети и обходные сосуды. Например: сети локтевого сустава, сети запястья. При отсутствии сетей после сдавления может наступить некроз конечности.



5. Чем дистальнее расположена часть конечности, тем поверхностнее на ней лежат артерии.

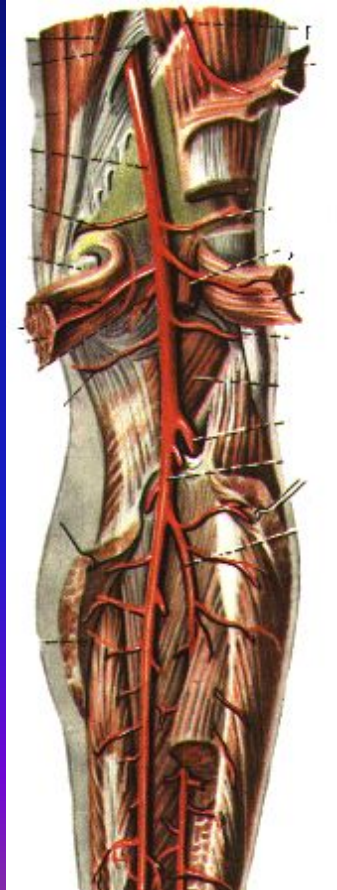


**6. Сосуды развиваются, распространяясь в сторону наименьшего сопротивления (по кратчайшему пути, но с учетом места закладки).**

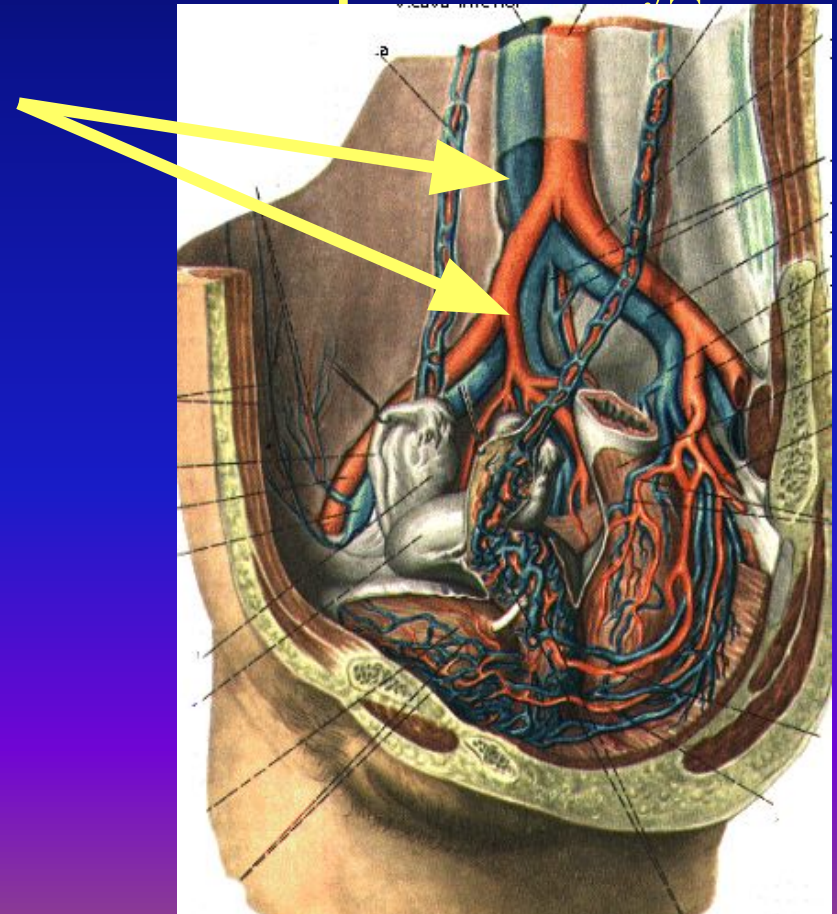


# Существует 2 основных типа ветвления артерий:

1) магистральный, когда происходит постепенное, обычно несимметричное отхождение боковых ветвей;



2) рассыпной, дихотомический, при котором основной ствол распадается симметрично на 2 и более мелких коротких сосудов.

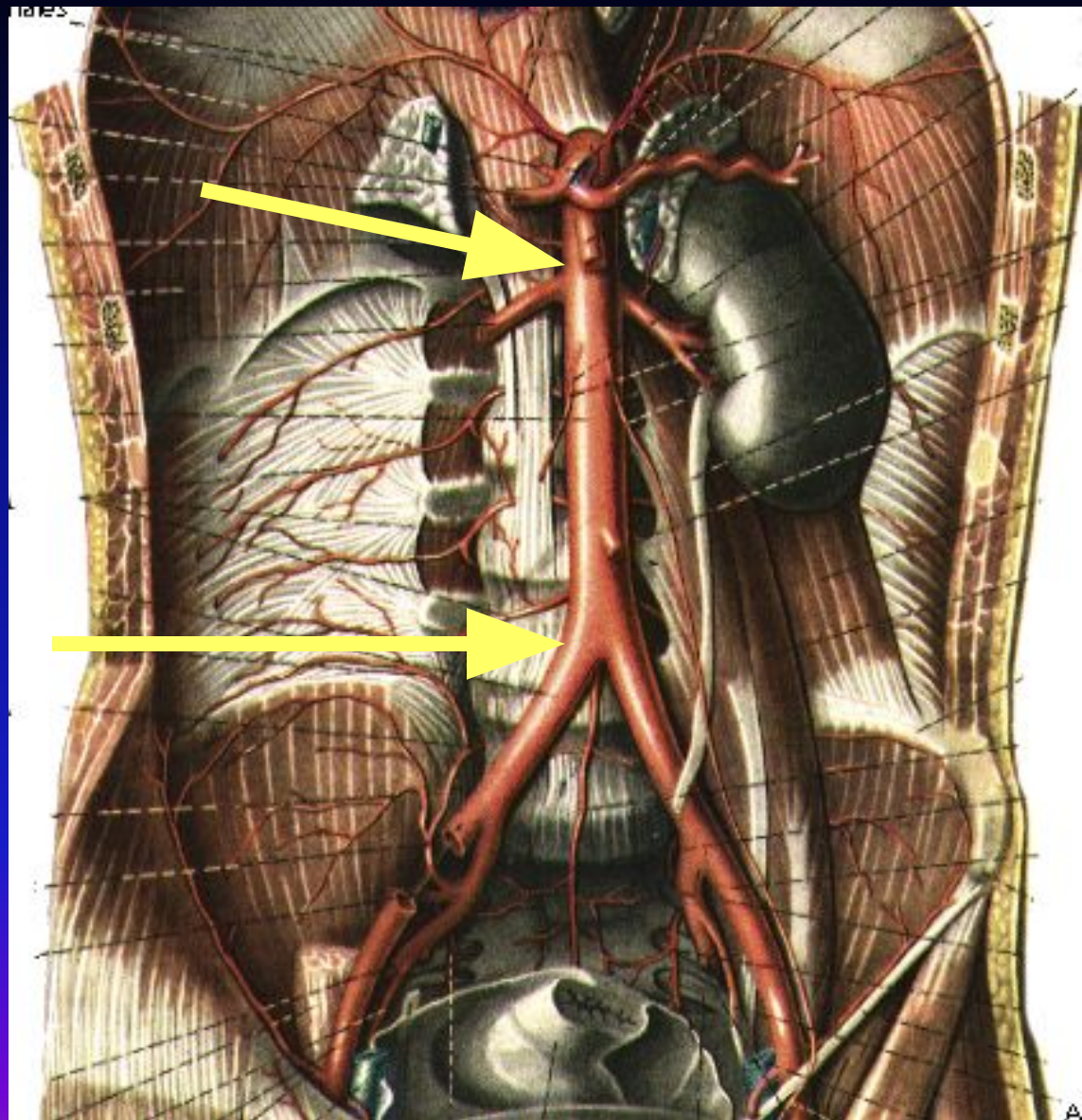


При любом ветвлении форма сосудов соответствует интенсивности струи крови. Ветвление и прогрессивное уменьшение калибра обуславливает падение давления крови в сосудах.

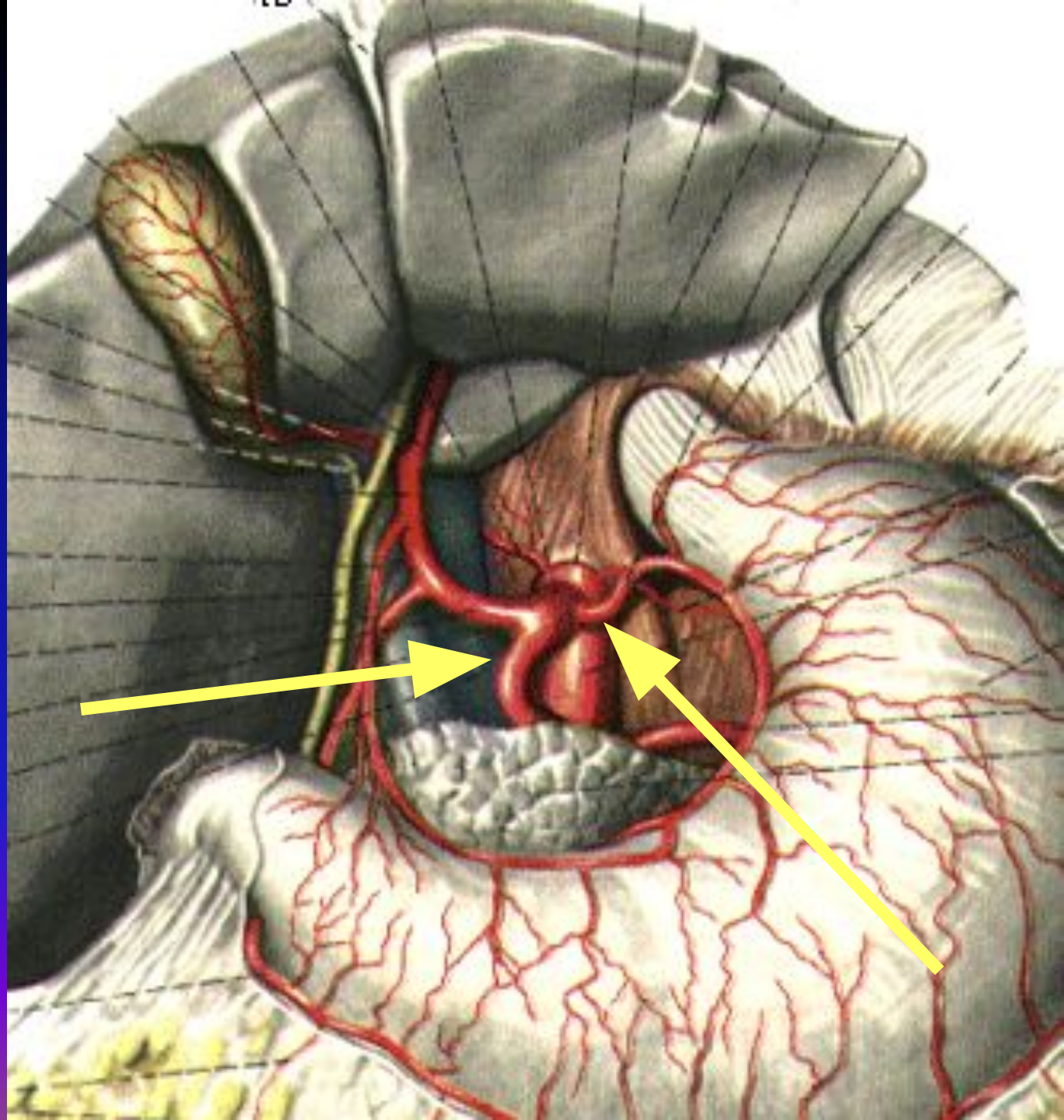
В 1942 г. D.W.Thompson сформулировал математические обоснования ветвления сосудов.



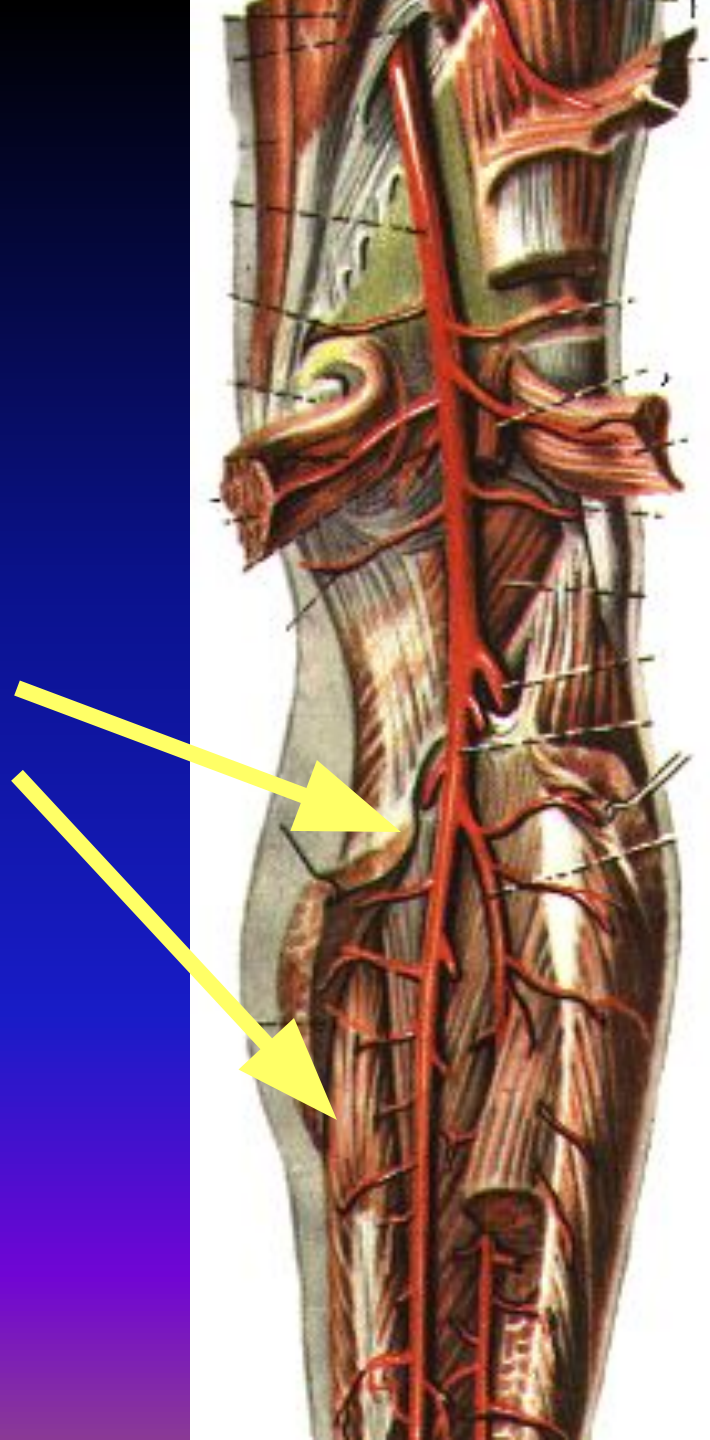
1) Если одна артерия разветвляется на две одинаковые ветви, то они отходят под одинаковыми углами к основному стволу (почечные, подвздошные артерии).



2) Если одна из ветвей тоньше другой, то более толстая ветвь образует с основным стволом меньший угол, чем тонкая ветвь.



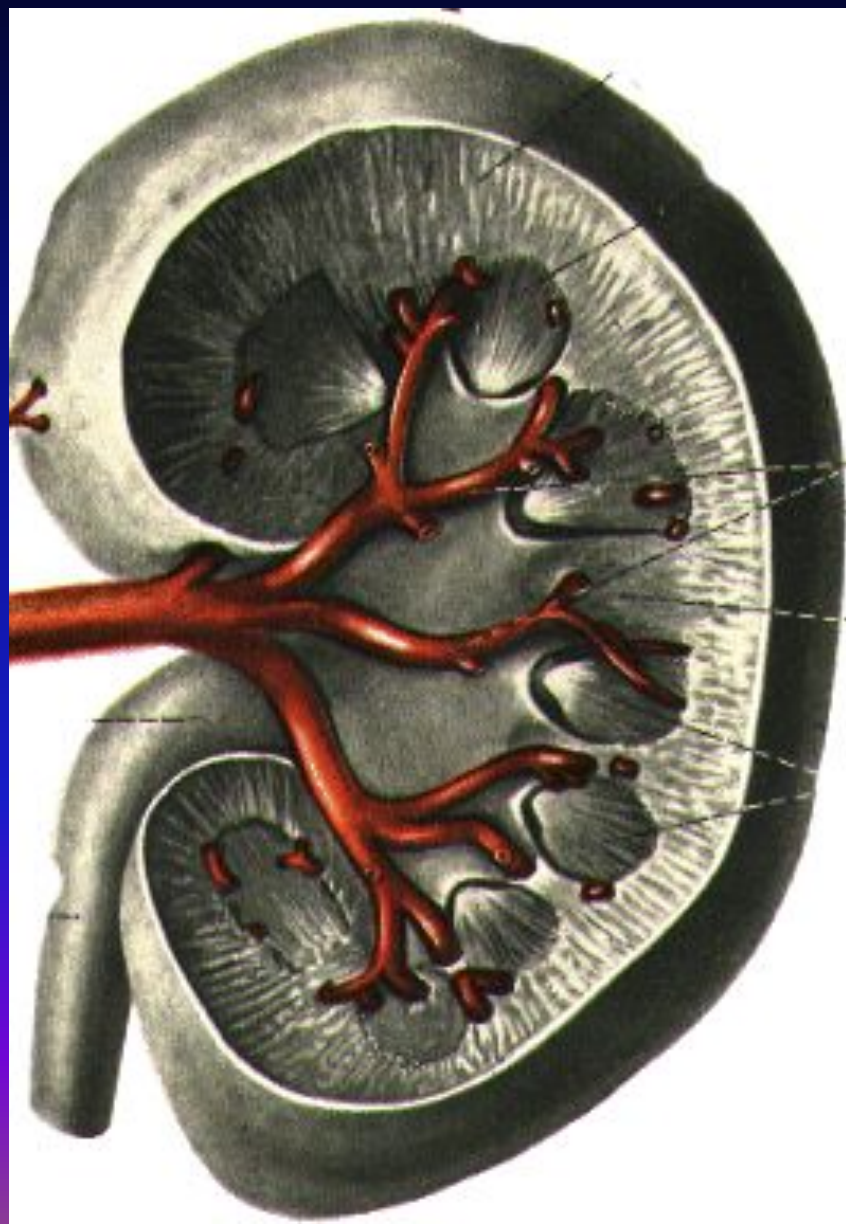
3) Все ответвления, которые столь малы, что они практически не уменьшают основной ствол, отходят от него под большим углом.



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВНУТРИОРГАННЫХ АРТЕРИЙ

Органы, имеющие сплошное строение (паренхиматозные):

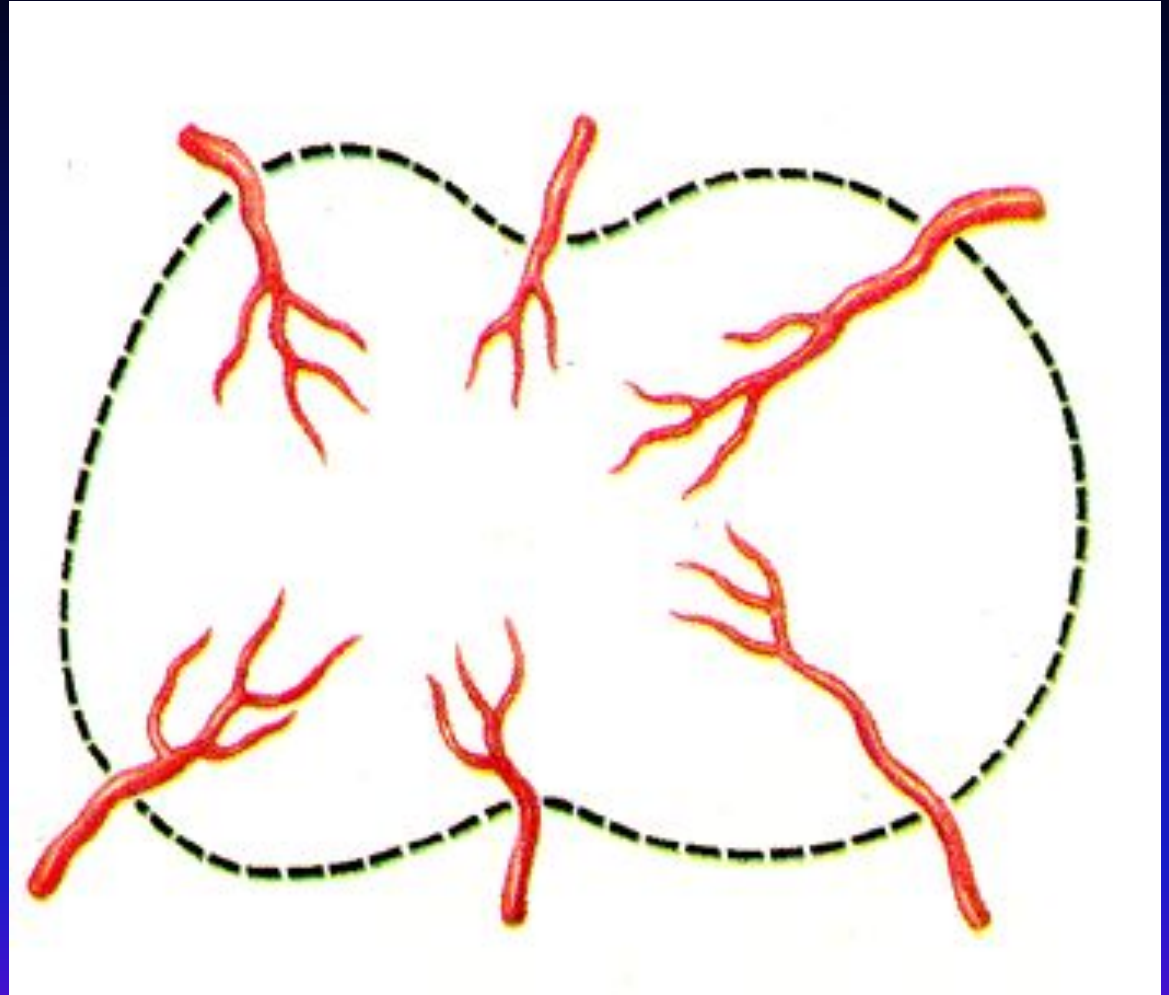
1. Дольчатые органы (почки, печень). Входящая в них артерия делится соответственно долям органа и проходит от ворот к периферии. Благодаря густой сети анастомозов артерии в органе образуют трехмерную сосудистую решетку.



2. Волокнистые органы (мышцы, нервы). Входящие в них сосуды распределяются параллельно длинной оси.

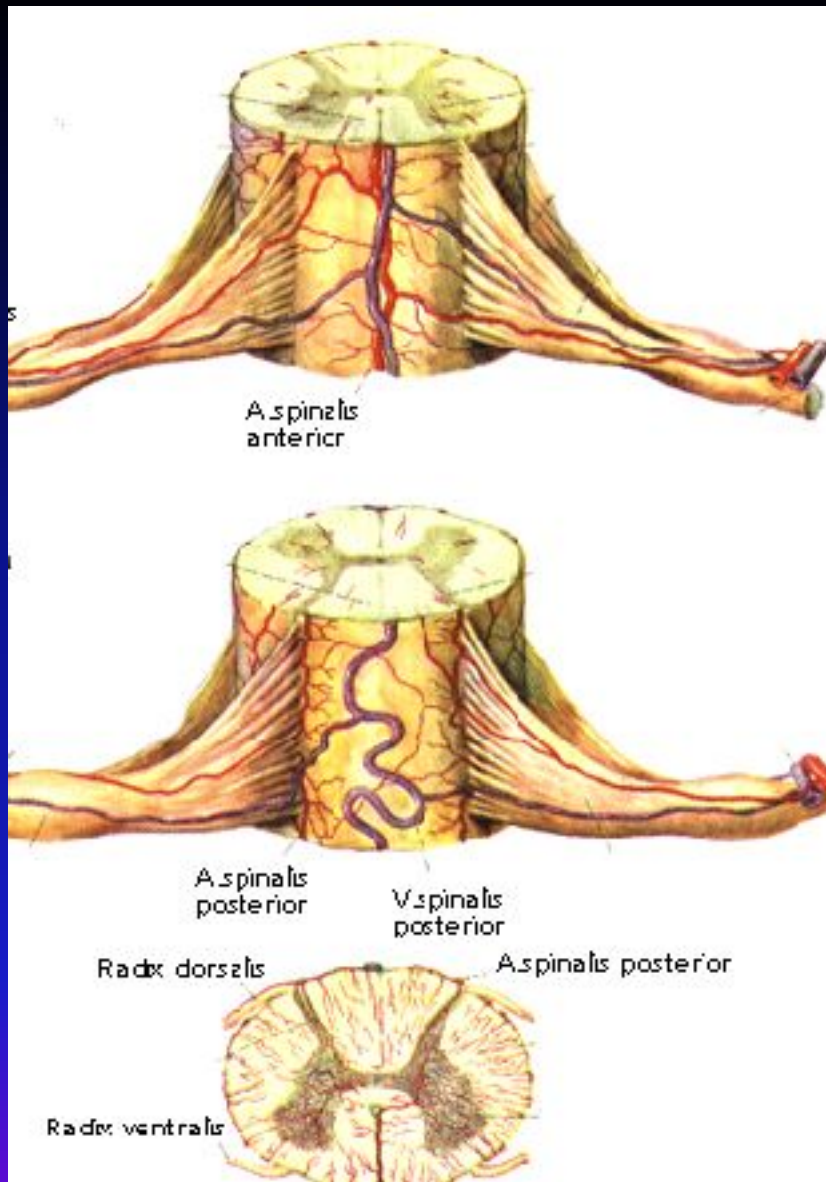


3. Вхождение артерий в орган может быть радиальным, т.е. от периферии к центру (позвонки в местах окостенения).



# Органы, закладывающиеся в виде трубок:

## 1. Радиальное расположение сосудов (головной и спинной мозг).

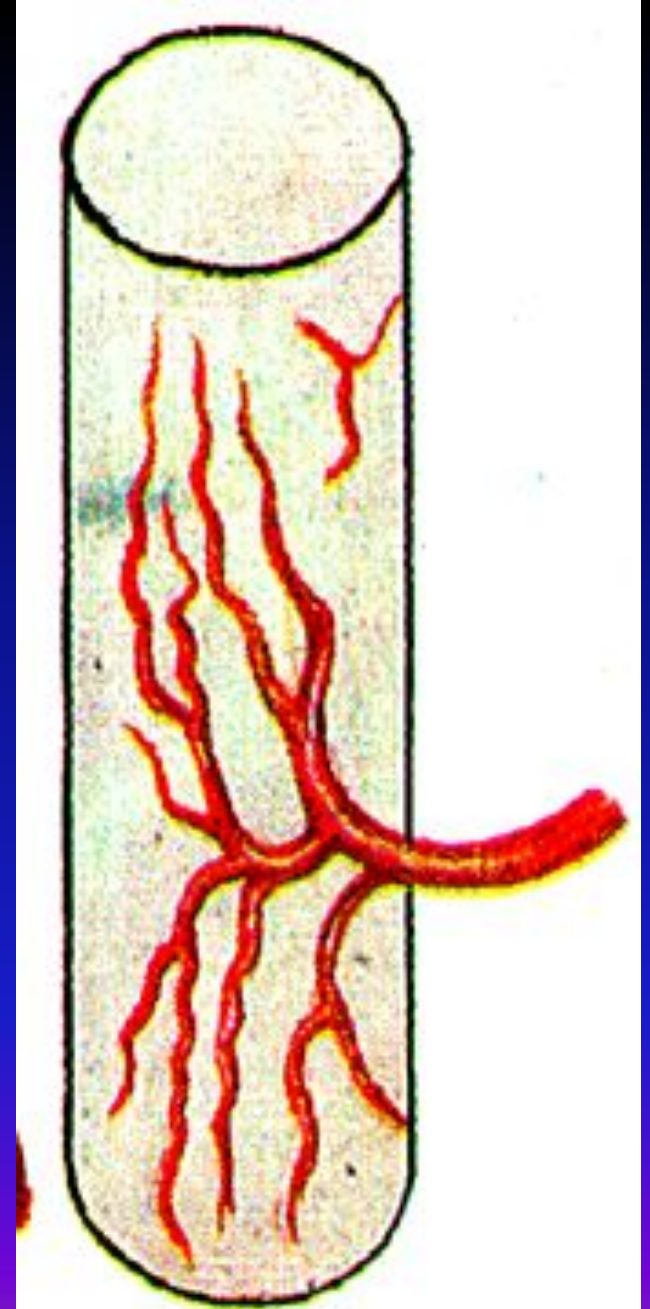


**2. Распределение сосудов в полном органе вдоль его длинной оси. Сосуды в органе отходят под прямым углом к основному стволу (кишка).**





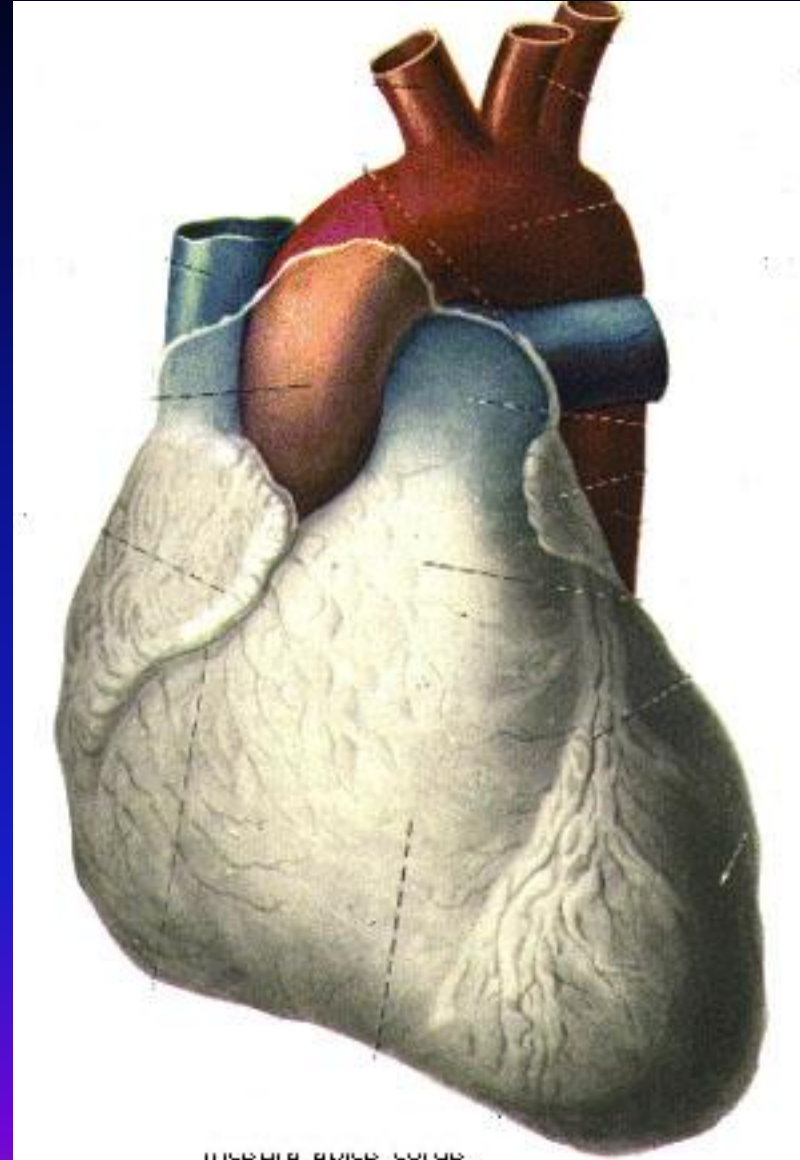
**3. Основной сосуд идет  
вдоль длинной оси  
органа, а отходящие от  
ствола ветви  
распределяются  
параллельно его длине  
(мочеточник).**



**Сегментарное распределение сосудов в органе. Сегмент – участок паренхимы, соответствующий территории обособленного внутриорганный распределения ветвей.**



**Сердце (*cor*)** – удивительный орган, "участвующий всегда и во всем", во всех наших жизненных проявлениях, в каждом нашем движении с самого рождения и до последнего вдоха. Первым анатомическим рисунком ок. 20 тыс лет назад в пещерах Альтамиры было изображение мамонта, сердце которого помечено красной краской. Древние мексиканцы видели в сердце источник жизненной силы, которую необходимо поставлять солнцу (светилу) для поддержания его деятельности. В Эквадоре индейцы приносили в жертву человеческие сердца при севе полей.



# ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФИОЛОГЕНЕЗА СЕРДЦА

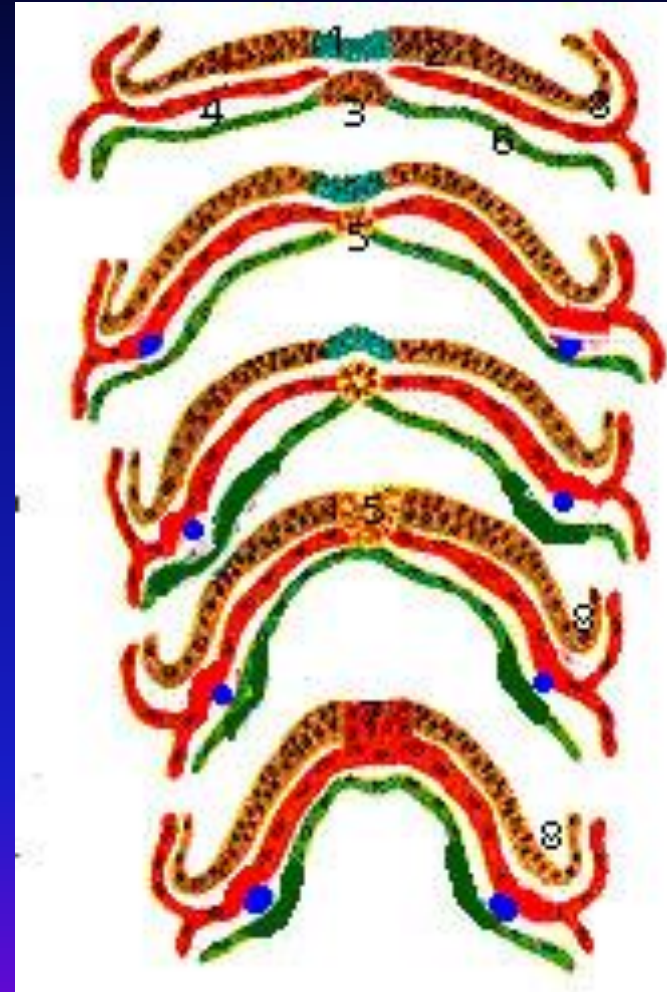
Основные этапы развития сердца позвоночных животных повторяются в процессе развития человека. У рыб сердце состоит из трубки, в которой различают 4 отдела:

**венозный синус; предсердие; желудочек; луковица**

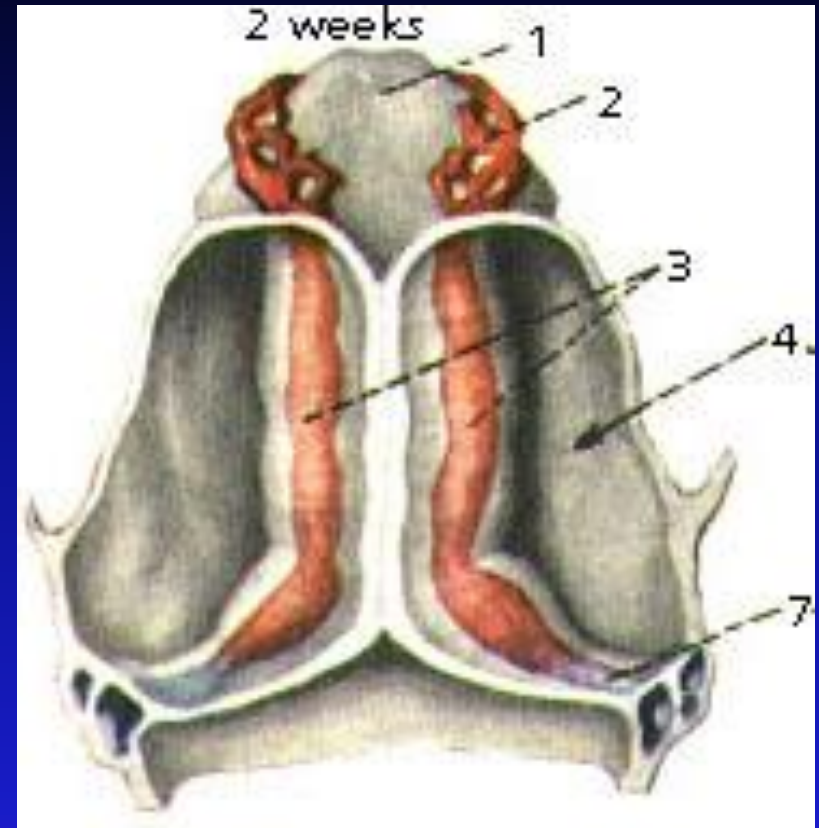
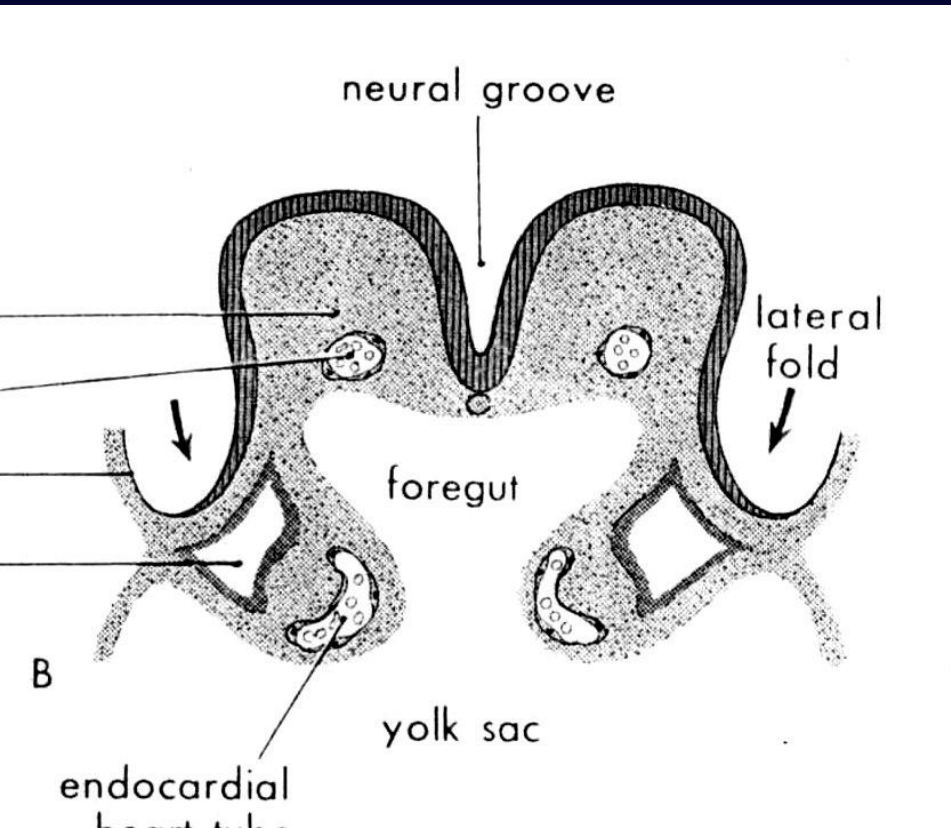
сердца. У земноводных в предсердии появляется неполная перегородка, которая частично вдаётся в желудочек через предсердно-желудочковое отверстие. Поэтому в правую половину сердца вливается вся венозная кровь, в левую - артериальная, приносимая из легких. В общем желудочке происходит частичное смешивание крови. В сердце рептилий появляются еще 2 перегородки: 1) межжелудочковая и 2) аортолегочная, разделяющая артериальный конус на аорту и легочный ствол. У птиц и млекопитающих предсердия и желудочки разделены полностью.

# ОНТОГЕНЕЗ СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

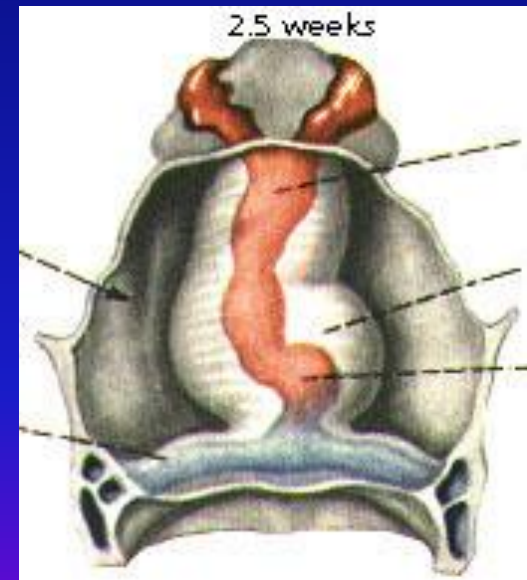
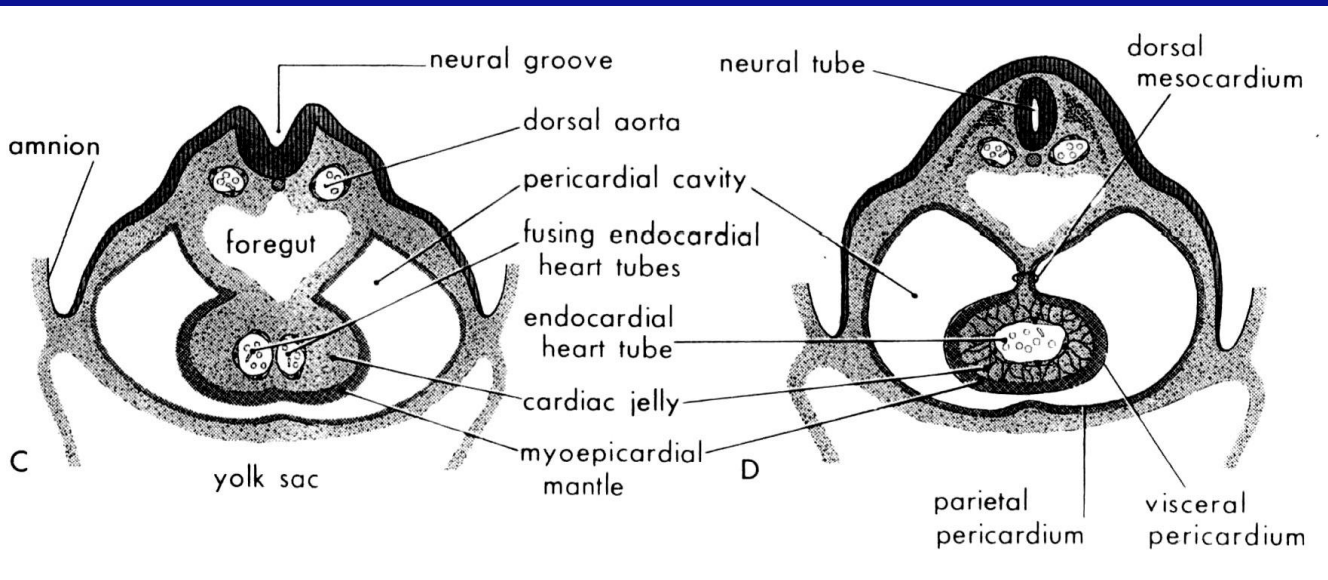
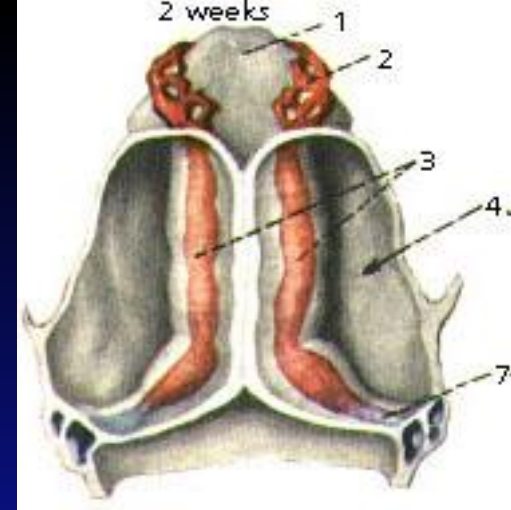
Закладка сердца появляется на стадии 1-го сомита у передней границы будущей кишки, по бокам тела зародыша. Из спланхноплевры выделяются мезенхимные клетки, которые группируются вначале латеро-вентрально от головной кишки, а после замыкания зародышевого диска в трубку - вентрально от кишки. Так формируются парные эндокардиальные пузырьки - прообраз эндокарда. Находящаяся снаружи этих пузырьков спланхноплевра утолщается, немного впячивается во вторичную полость тела (*celom*) и превращается в миоэпикардальную пластинку. Из этой пластинки формируются миокард и эпикард.



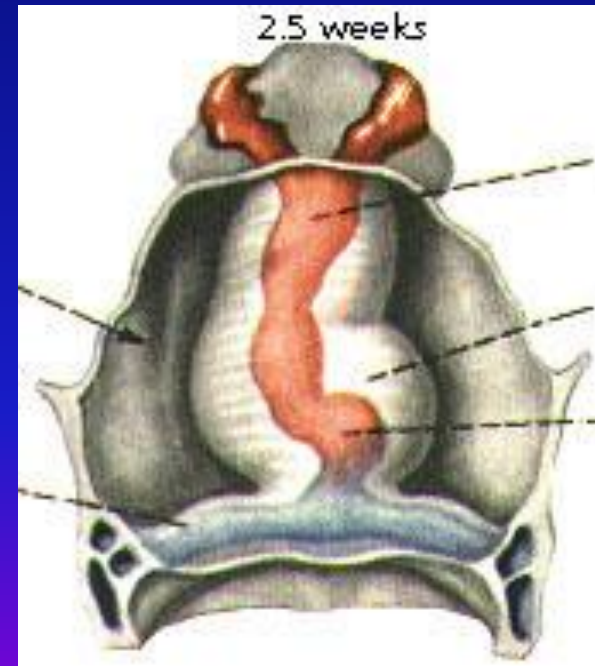
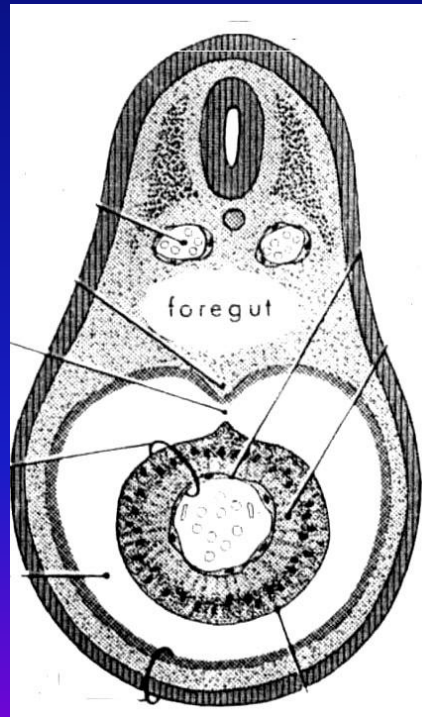
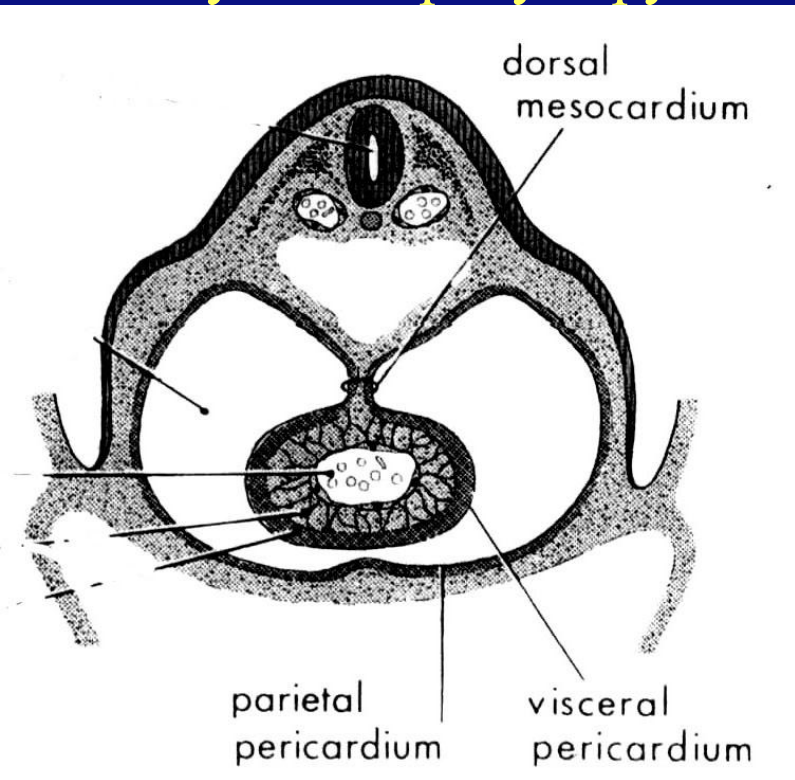
При замыкании кишечной трубки, парные закладки сердца сближаются в медиальном направлении.



Затем парные закладки смыкаются в единую трубку. Перегородка между эндокардиальными мешочками исчезает. Соединяются и миоэпикардальные пластинки.



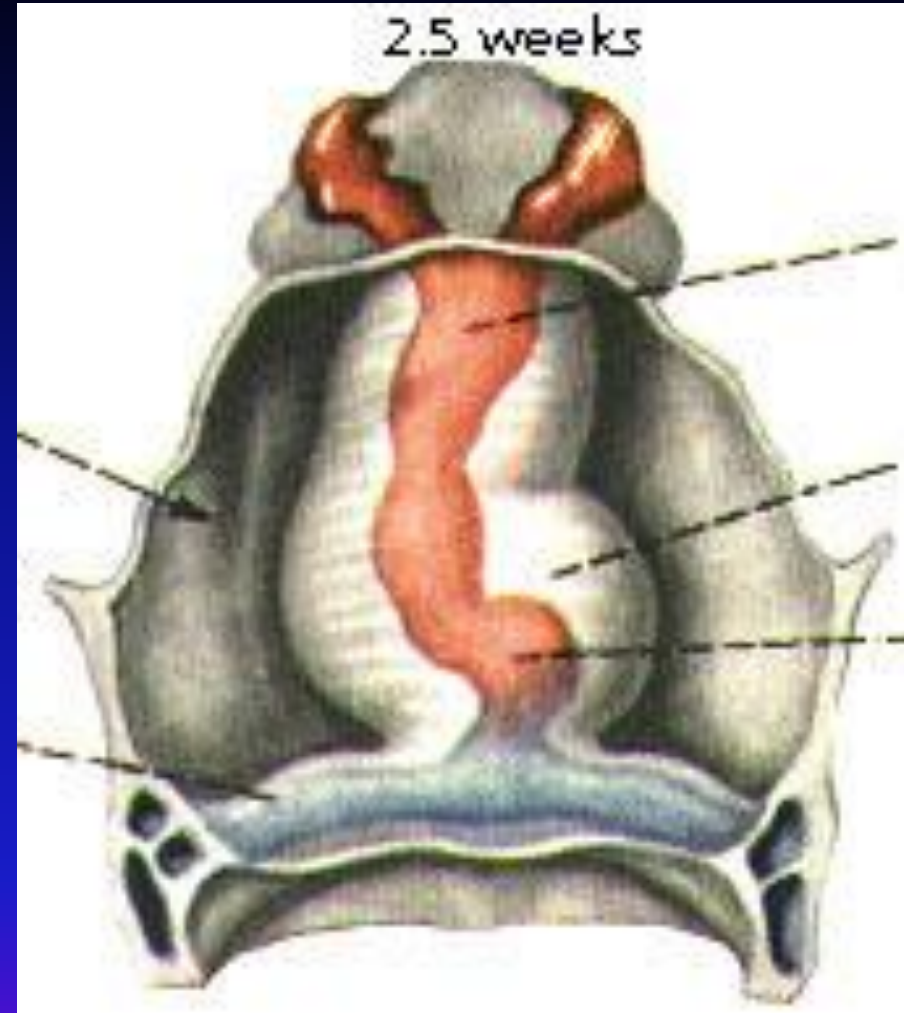
При смыкании спланхноплевры ventральнее и дорзальнее закладки сердца образуются две перикардимальные полости, в которых сердечная трубка как-бы подвешена на дорзальной и ventральной брыжейках - *mesocardium dorsale et ventrale*. Ventральная брыжейка редуцируется и полость перикарда становится единой; разделена она только в заднем своем отделе дорзальной брыжейкой. В последующем редуцируется и дорзальная брыжейка.





На 4 нед. закладка сердца представляет собой вытянутую трубку, выстланную внутри эндотелием и фиксированную на своих концах дорсальной брыжейкой. Эта трубка растет в переднем и заднем направлениях и своим передним (головным) концом переходит в артериальный ствол *truncus arteriosus*, а задним - в широкий мешок, продолжающийся в венозный синус *sinus venosus*, в который открываются первичные вены тела зародыша, то есть вся кровь из плаценты и вся венозная кровь из тела зародыша.

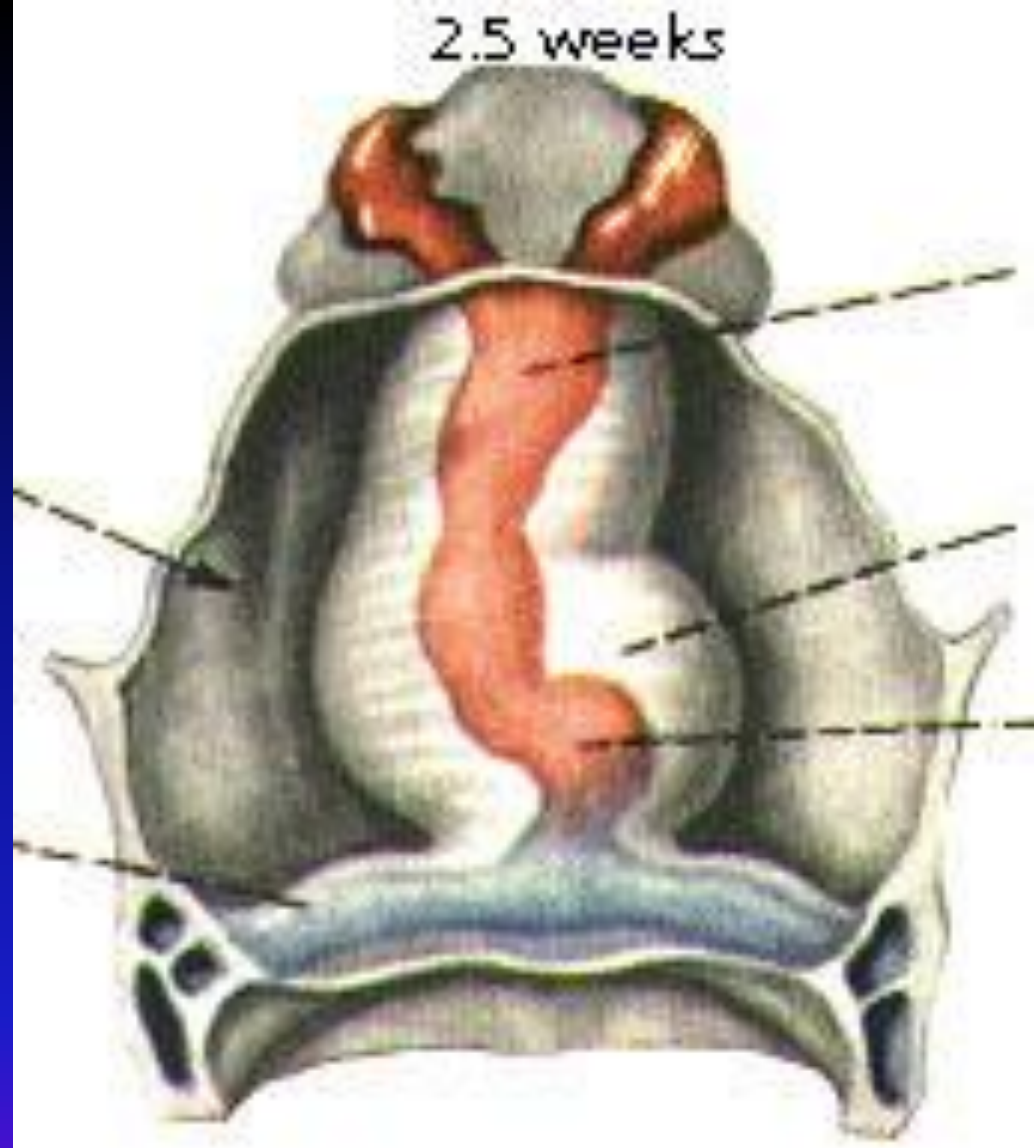
## Стадия трубчатого сердца



Таким образом, головной (передний) конец сердечной трубки является артериальным, а задний - венозным.

Сердечная трубка быстро растет в длину. Фиксированные концы растут медленнее средней части.

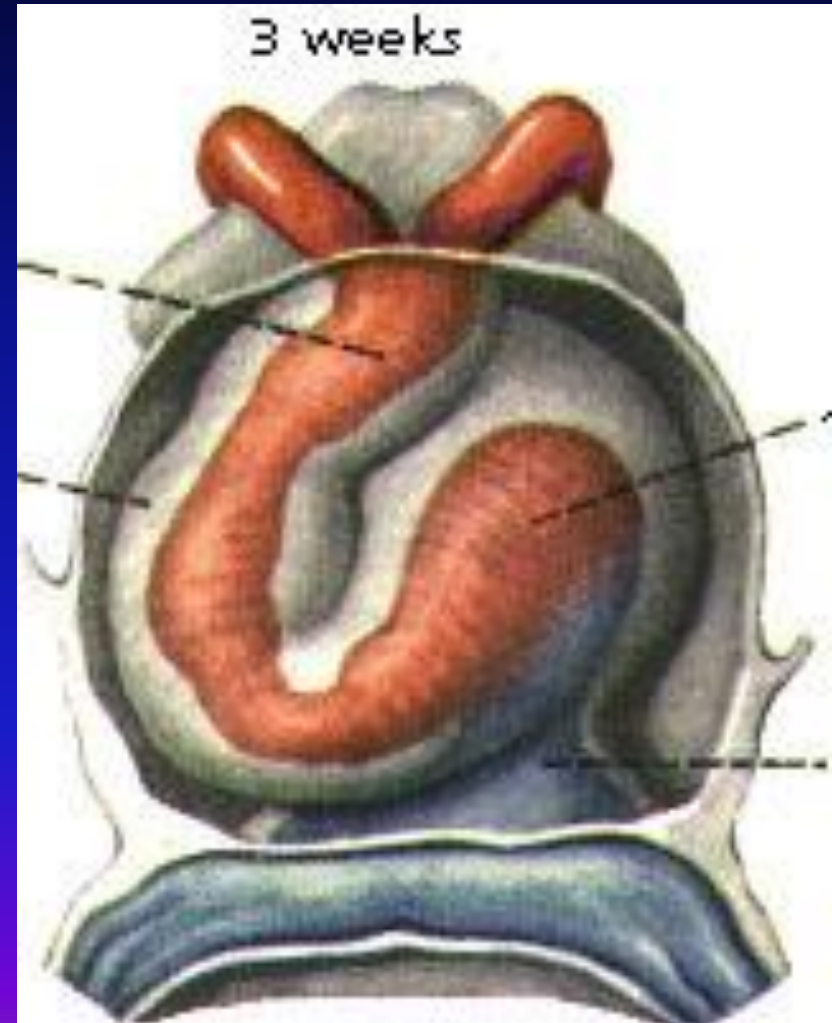
В конце 4 нед. на единой сердечной трубке различаются 3 отдела, разделенных неглубокими желобками и сужениями своего просвета.



Затем сердечная трубка изгибается и принимает вид S-образно изогнутой петли (сердечной петли), имеющей:

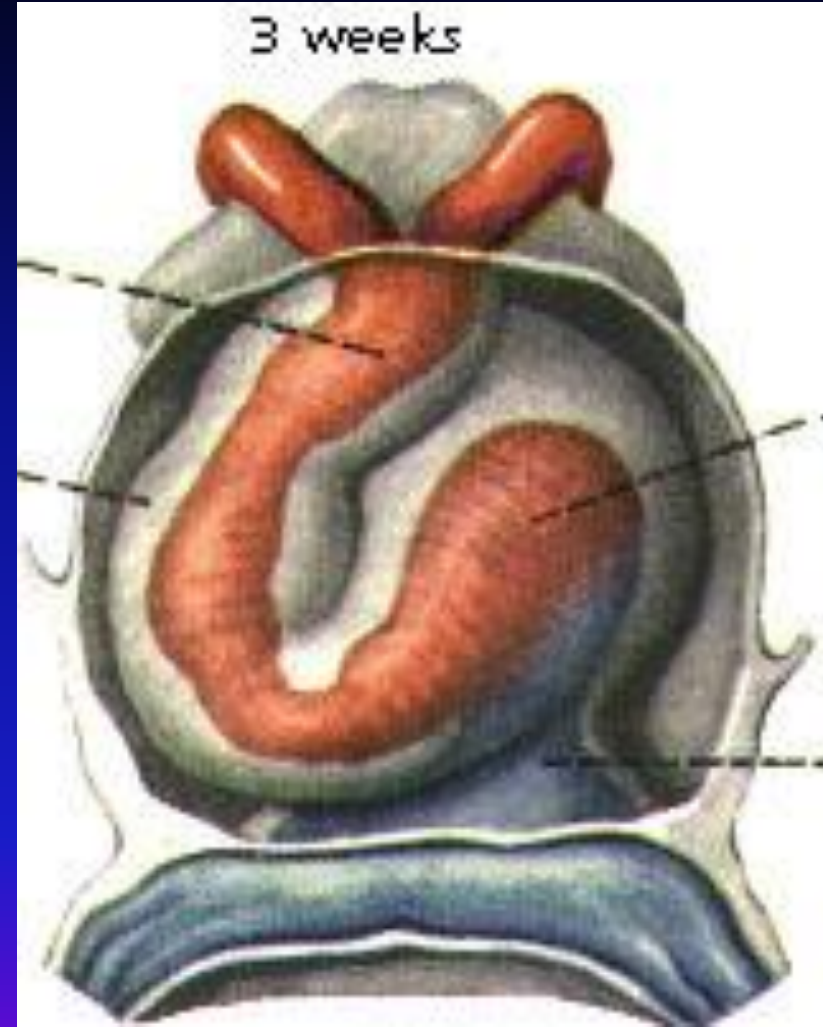
- 1) задний отдел, не четко отграничен от венозного синуса и образует **общее предсердие atrium commune**, принимающее кровь;
- 2) средний отдел - закладка **обоих желудочков - ventriculus communis**, из которого кровь изгоняется в
- 3) головной отдел, **луковицу сердца - bulbus cordis**, который продолжается в артериальный ствол - **truncus arteriosus**.

это Стадия  
**СИГМОВИДНОГО**  
**сердца**

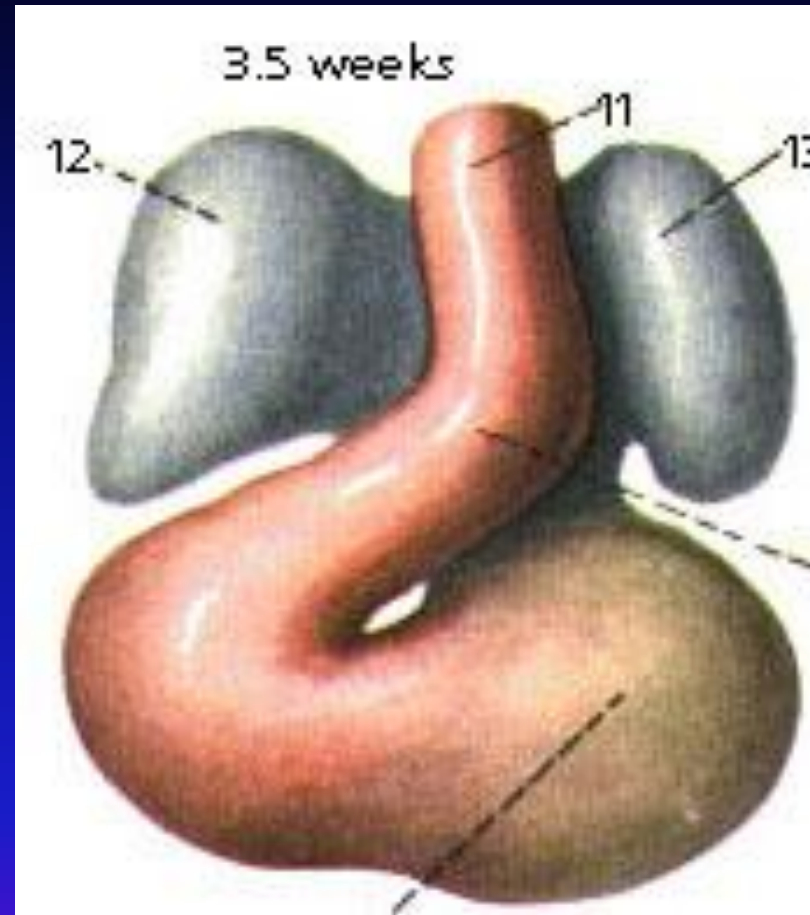


## Сердечная трубка изогнута в виде петли, имеющей 2 части:

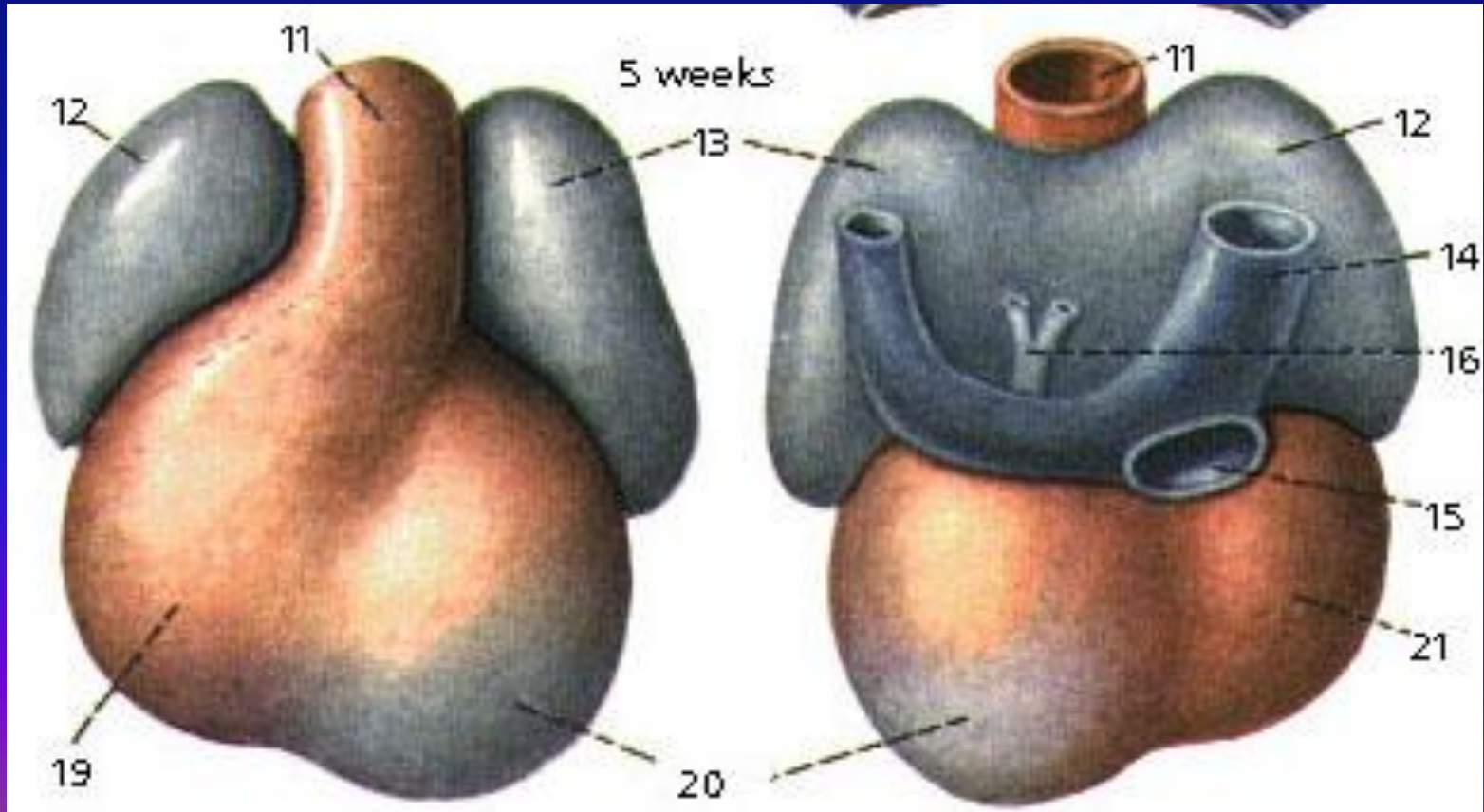
1) переднюю (восходящую) - луковица сердца и общий желудочек; 2) заднюю (нисходящую) расположенную сзади и влево (соответствует общему предсердию). Место перехода желудочка в луковицу (изгиба восходящей сердечной петли) – это будущая верхушка сердца, *apex cordis*. Общее предсердие и предсердно-желудочковое отверстие лежит сначала слева, но постепенно смещается в середину петли.



Общее предсердие быстро увеличивается и расширяется, образуя бухтообразное выпячивание, причем растет оно в вентральном направлении. При этом выпячивания предсердий размещаются по обе стороны луковицы сердца и артериального ствола в виде двух относительно мощных выпуклостей, представляющих собой закладку обоих сердечных ушек, *auriculi atrii*.



Таким образом сердечная трубка вначале расположена так, что ее венозная часть, принимающая кровь, обращена влево и кзади, а противоположная, отводящая кровь артериальная ее часть - вправо и кпереди. В дальнейшем венозный конец сердца перемещается по направлению к голове, а артериальный - вентрально и кзади; одновременно с этим происходят повороты и скручивания сердечной трубки.

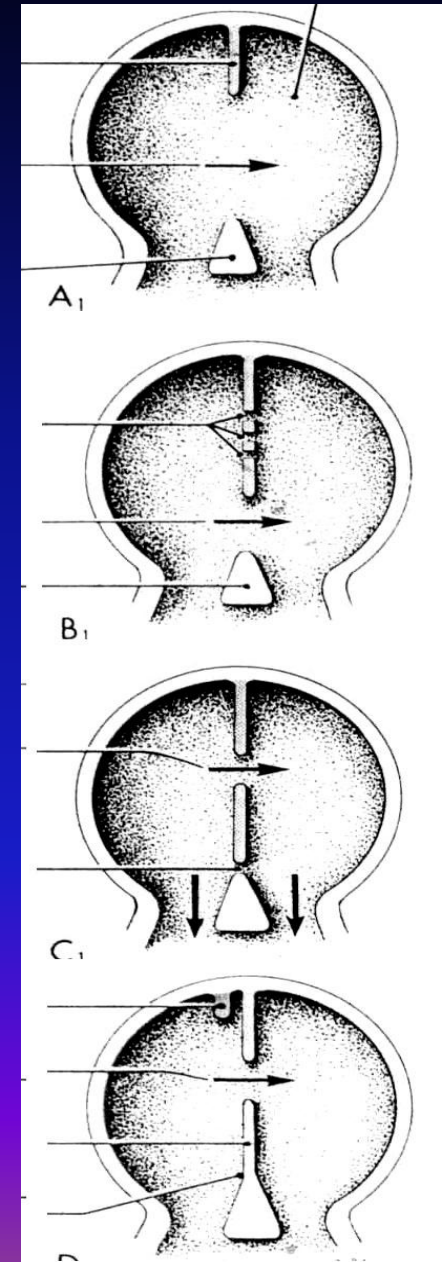


В конце шестой недели формирование сердца в основном закончено. В этот период закладка сердца располагается на вентральной стороне шейного отдела тела, перед глоткой. В результате удлинения глоточной кишки происходит смещение сердца каудально, в грудную область - так называемое опущение сердца - *descensus cordis*.

Дальнейшие превращения сердечной трубки сводятся к превращению двухкамерного сердца в четырехкамерное.

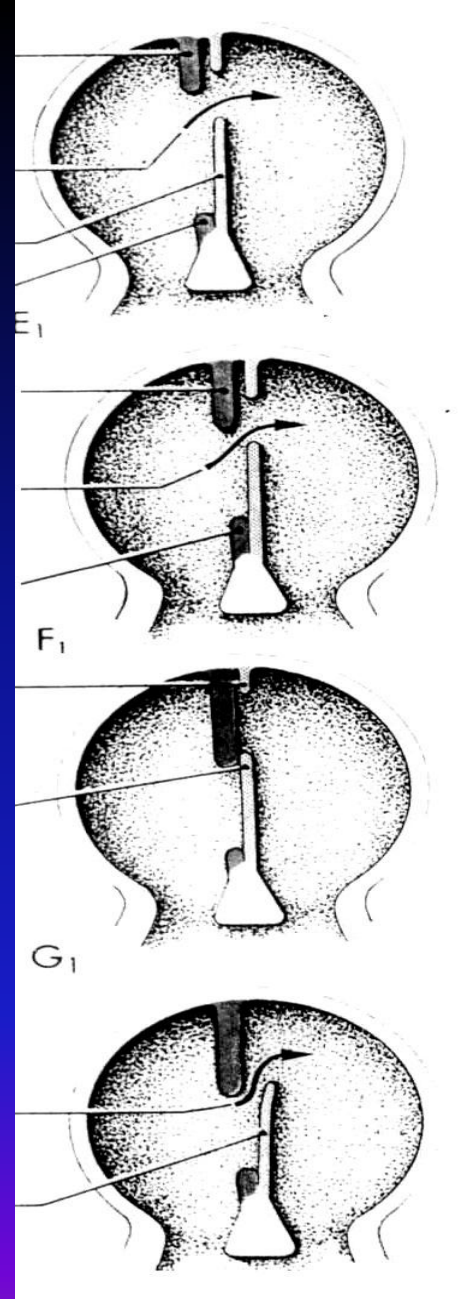
# Формирование межпредсердной перегородки

Разделение сердца на камеры начинается сравнительно рано - на 4 неделе внутриутробной жизни. В этот период на внутренней поверхности верхне-задней части предсердия появляется первичная межпредсердная перегородка, которая растет по направлению к ушковидному каналу (первичному предсердно-желудочковому отверстию). Вначале перегородка сплошная, но затем в ней появляется первичное овальное отверстие.



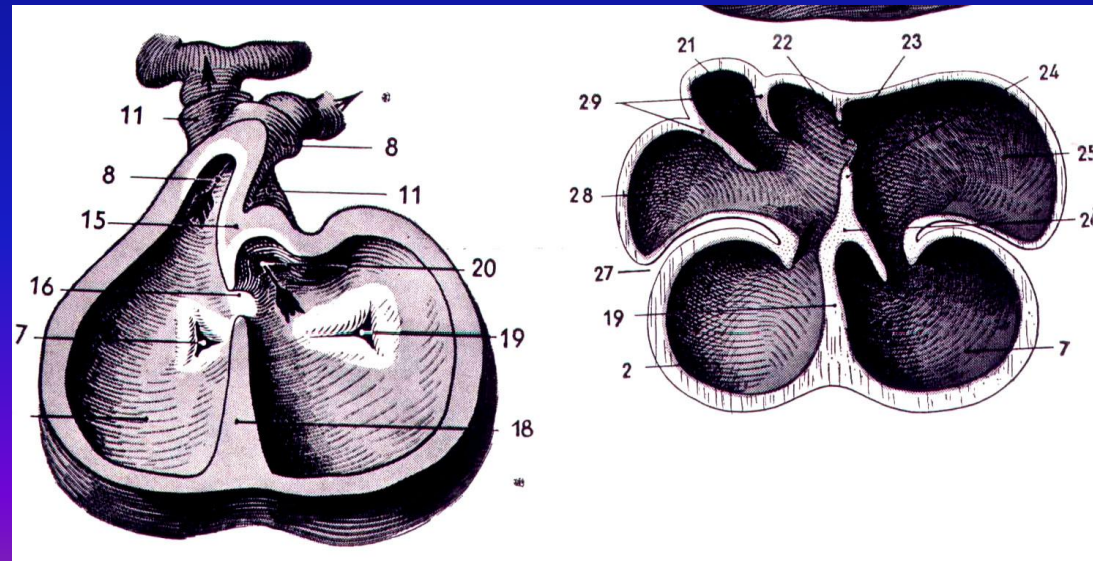


На 7-й неделе развития справа от первичной появляется вторичная межпредсердная перегородка, в которой также имеется овальное отверстие. Причем овальные отверстия обеих перегородок не симметричны. Это способствует прохождению крови только в одном направлении - справа налево. Через 2-3 недели после рождения овальное отверстие почти целиком закрывается. На месте отверстия образуется слегка вдавленная со стороны правого предсердия "овальная ямка".



# Формирование межжелудочковой перегородки

В начале 8 недели на внутренней поверхности задне-нижней стороны общего желудочка сердца появляется закладка межжелудочковой перегородки, которая растет по направлению к предсердиям. Одновременно на 8 неделе в артериальном конусе (луковице) сердца появляются складки, образующие аорто-легочную перегородку, которая делит артериальный конус на аорту и легочный ствол. Прорастая книзу в полость желудочков, перегородка луковицы срастается с межжелудочковой перегородкой и желудочки полностью разделяются.



# Формирование клапанов сердца

Одновременно с выделением в сердце предсердий и желудочков образуются и клапаны. Клапаны развиваются из выростов эндокарда - эндокардиальных подушек. Зачатки полулунных клапанов возникают в виде 4-х бугорков эндокарда, расположенных на границе артериального ствола с общим желудочком сердца.

По мере роста перегородки общего артериального ствола сердца правый и левый первичные клапаны делятся надвое. Т.о. у начала аорты и легочного ствола остается по три полулунных клапана:

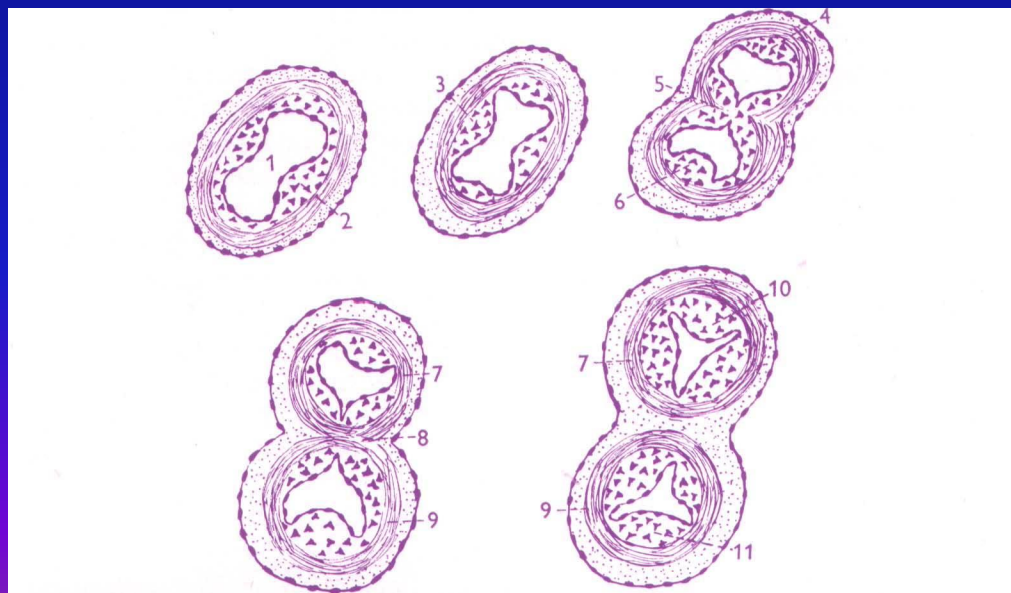
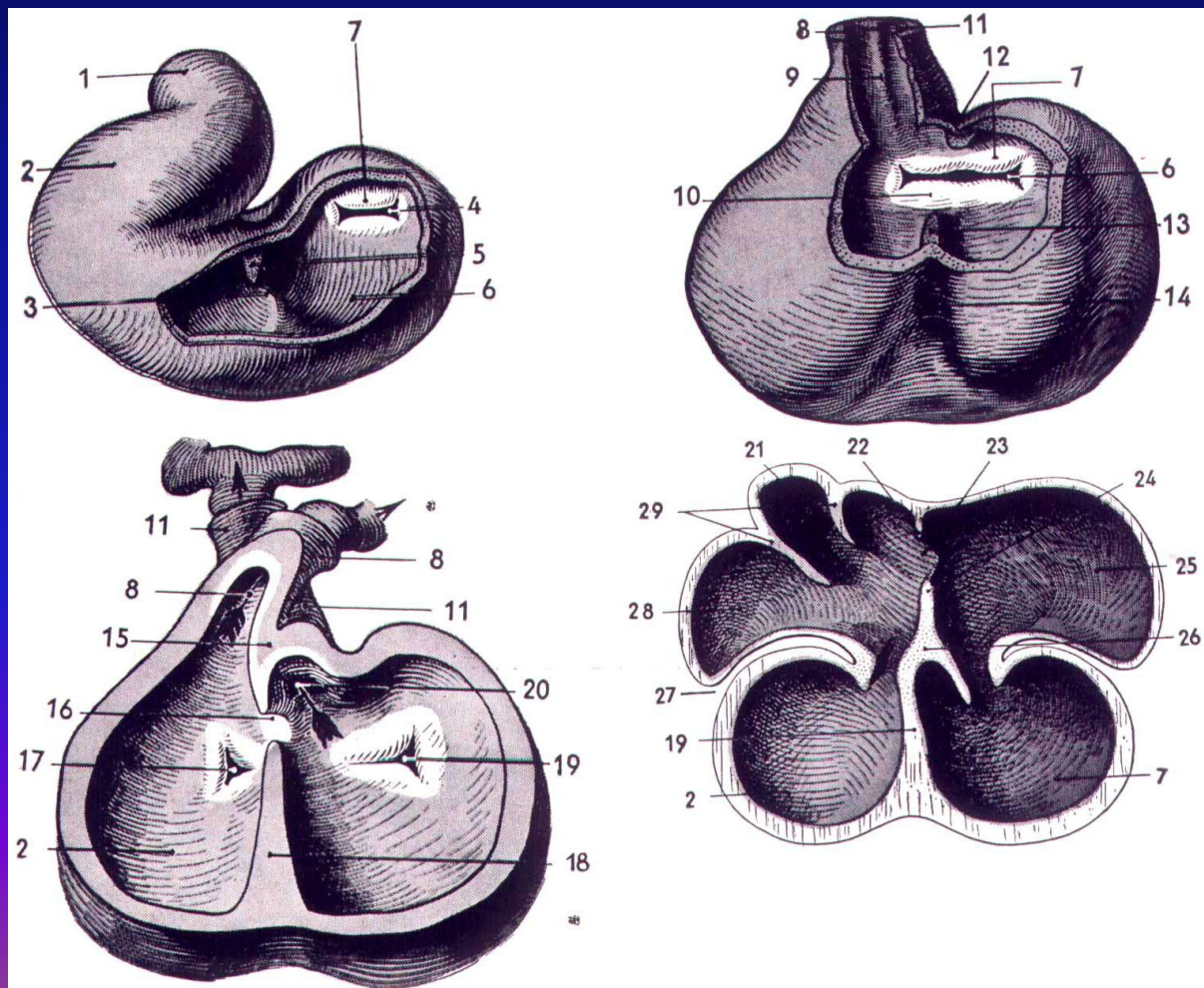


Схема развития перегородки луковичи (аорто-легочной перегородки) и полулунных клапанов (по Крамеру).

1 — артериальный ствол, 2 — левожелудочковый эндокардиальный валик, 3 — праводорсальный эндокардиаль-

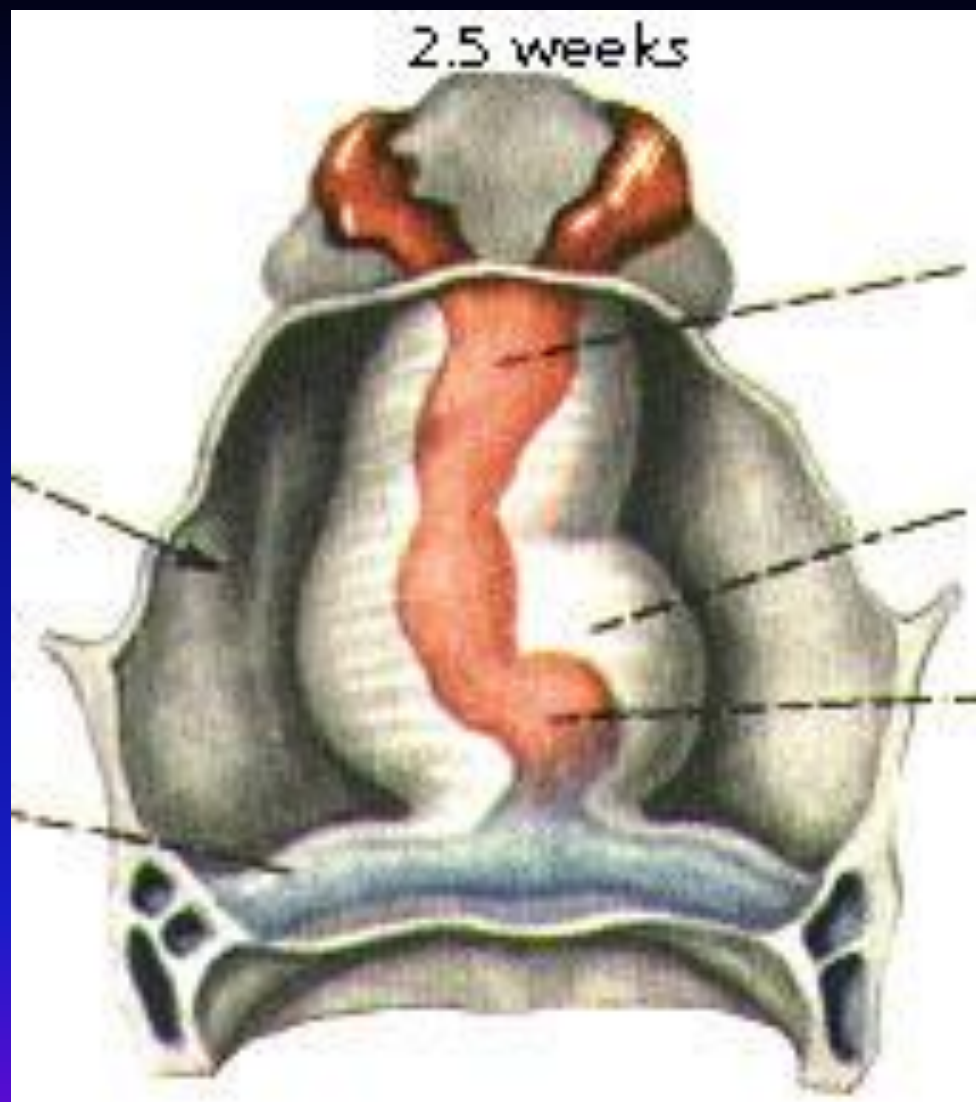
Общее предсердно-желудочковое отверстие делится на правое и левое. Створки прикрывающих их клапанов образуются из подобных же эндокардиальных подушек.



# ОНТОГЕНЕЗ ОСНОВНЫХ АРТЕРИЙ

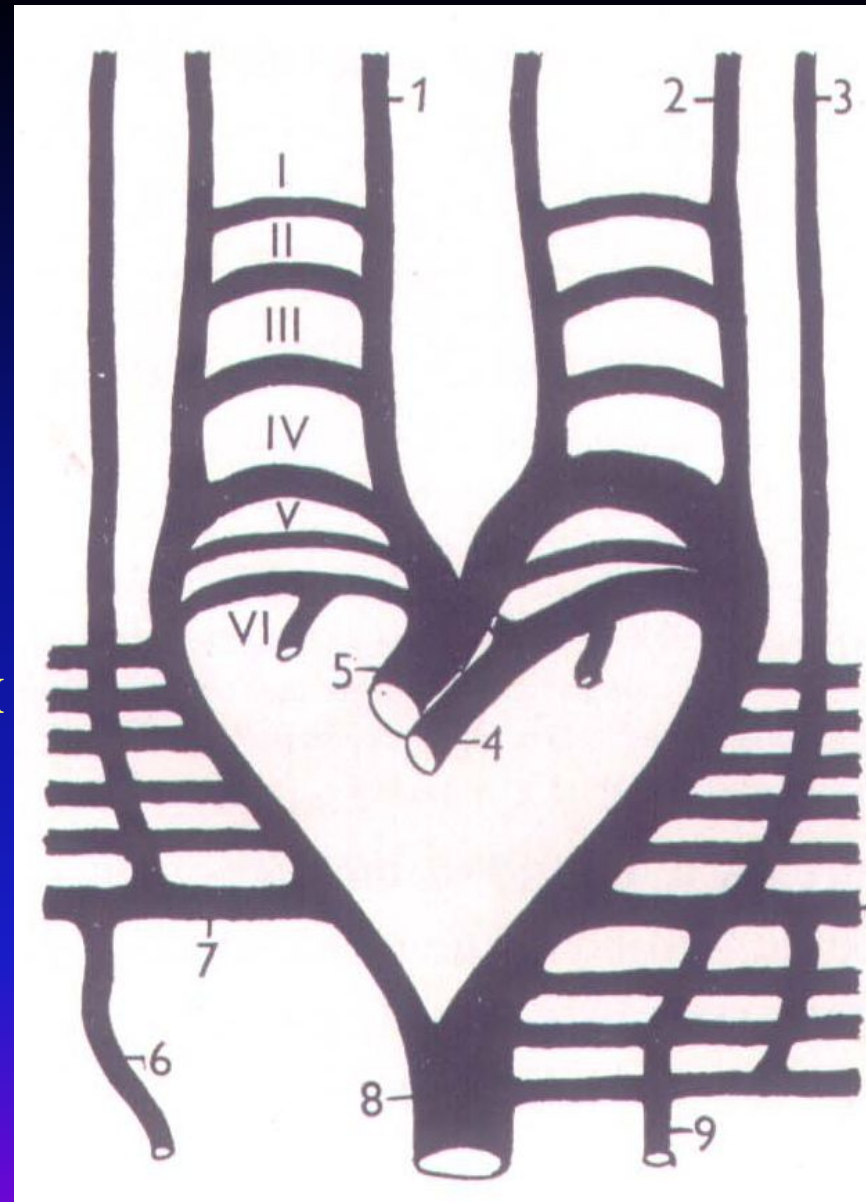
В конце 2-й - начале 3-й недели внутриутробного развития в стенке желточного мешка и хориона появляются кровяные островки. По периферии островков мезенхимные клетки обособляются от центральных клеток превращаются в эндотелиальные клетки кровеносных сосудов. Сосуды туловища образуются из кровяных островков и на 3-й неделе развития вступают в связь с внезародышевыми кровеносными сосудами (сосуды желточного мешка и хориона).

**На 3-й неделе от зачатка сердца отходит артериальный ствол, разделяющийся на правую и левую ventральные аорты,**



**Вентральные аорты шестью парами аортальных дуг (жаберных артерий) соединяются с начальными отделами соответствующих дорсальных аорт. Дорсальные аорты в средней части "туловища" сливаются в один ствол брюшной аорты.**

**Такая схема строения артерий эмбриона напоминает строение сосудистой системы животных, имеющих жаберный аппарат.**

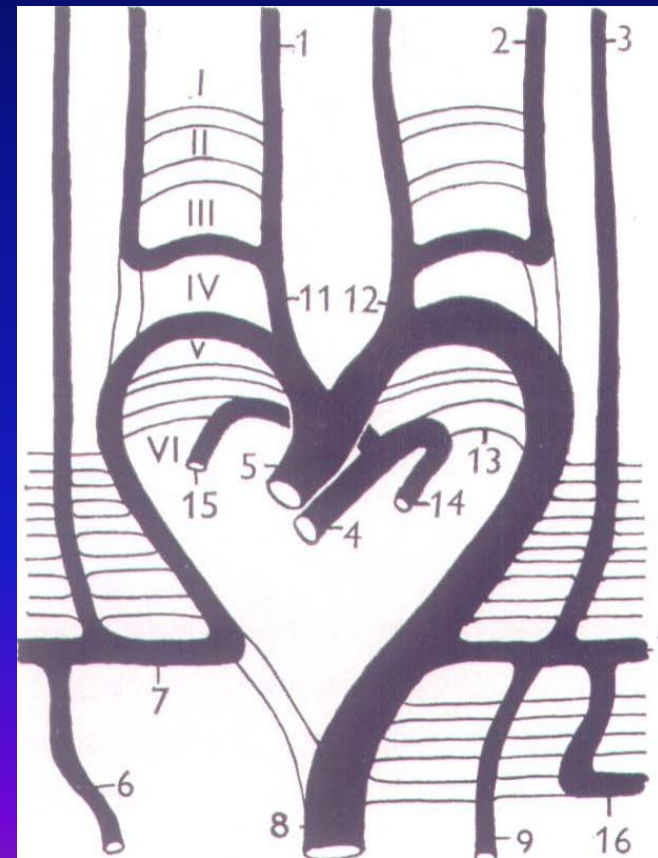


**Закладка жаберных дуг (6) и аортальных дуг в них происходит не одновременно. У эмбриона человека нельзя одновременно видеть все 6 жаберных артерий, так как их развитие и перестройка происходят в различное время: 1-я и 2-я аортальные дуги атрофируются прежде, чем появятся 5-я и 6-я дуги; 5-я дуга существует недолго и тоже редуцируется. Полного развития достигают 3-я, 4-я, 6-я дуги и корни дорсальных и вентральных аорт**

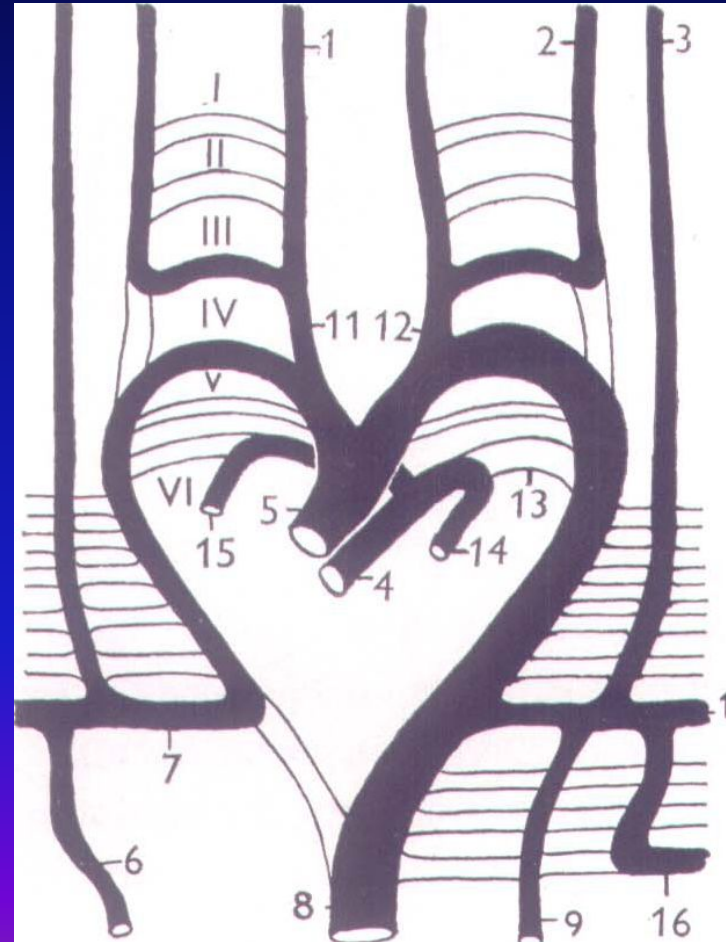
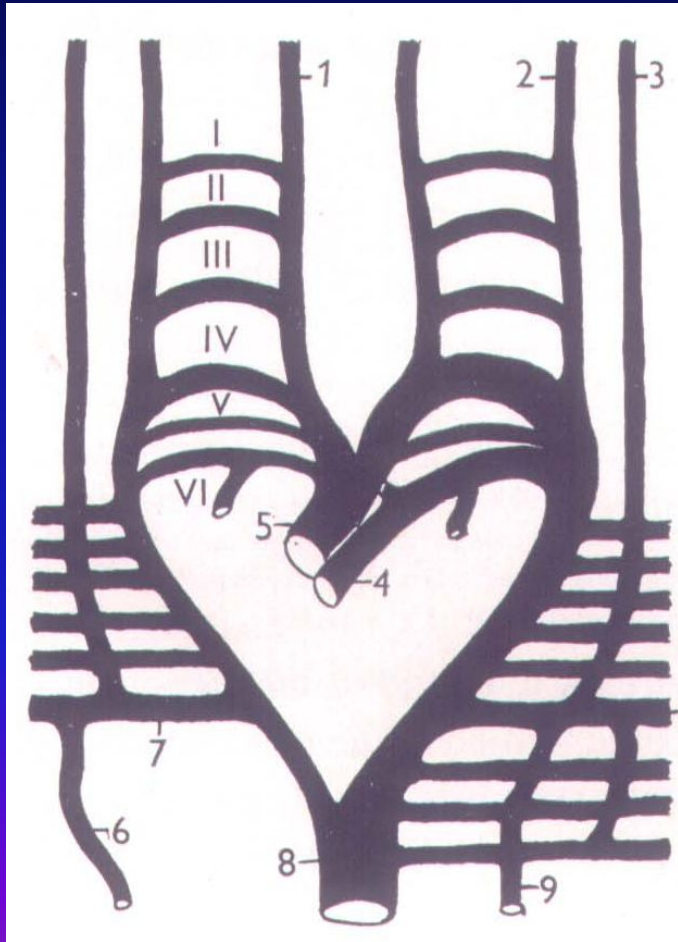


Затем передние отделы ventральных аорт от 1 до 3 жаберных артерий превращаются в наружную сонную артерию. 3 жаберная артерия с передним участком дорсальной аорты - во внутреннюю сонную артерию. Участок дорсальной аорты между 3 и 4 аортальными дугами редуцируется.

Из 4 аортальной дуги слева образуется дуга дефинитивной аорты. Левая дорсальная аорта превращается в нисходящую аорту. 4 дуга справа - начало правой подключичной артерии. Кзади от нее дорсальная аорта редуцируется. Правая ventральная аорта между 4 и 6 дугами - плечеголовной ствол. Левая подключичная артерия развивается из 7 дорсальной межсегментарной артерии, отходящей от дорсальной аорты.



6 пара аортальных дуг после разделения артериального ствола на аорту и легочный ствол превращается в ветви легочного ствола. Эти дуги отдают ветви - легочные артерии. Правая 6 дуга теряет связь с дорсальной аортой, левая остается в виде Боталлова протока.



Кроме дорсальных межсегментарных артерий от дорсальных аорт отходят латеральные и вентральные сегментарные артерии. Все они в последующем преобразуются в артерии стенок туловища, конечностей и внутренних органов, а часть их редуцируется.

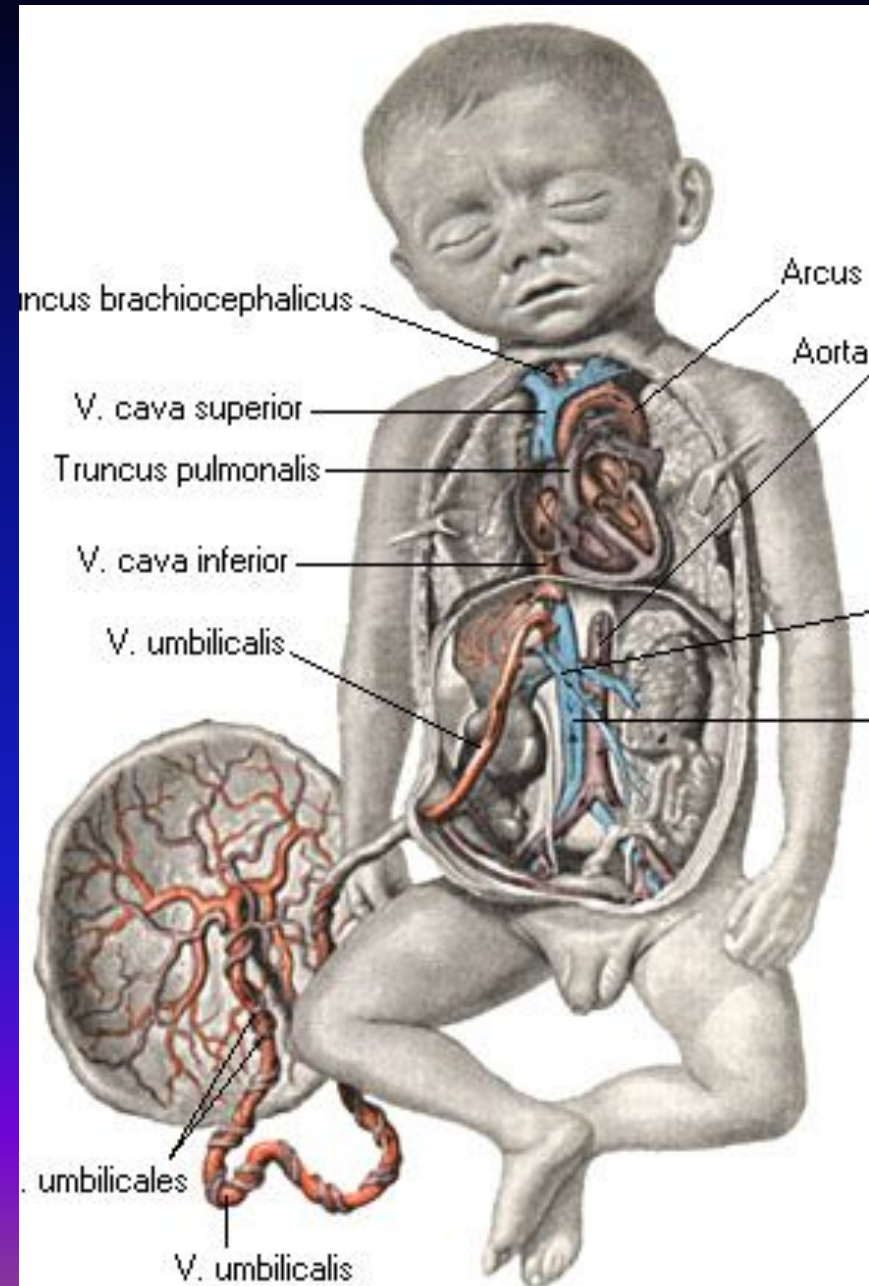
Преобразования в артериальной системе очень сложны. Всякое нарушение в этом процессе обуславливает возникновение атипичного расположения сосудов. Количество возможных вариантов ветвления сосудов занимает 1 место, среди вариантов строения всех органов.

Постепенно в процессе эмбриогенеза теряется сегментарность расположения артерий и характер их ветвления постепенно приближается к дефинитивному (окончательному) типу, характерному для взрослого человека.

# ОСОБЕННОСТИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПЛОДА

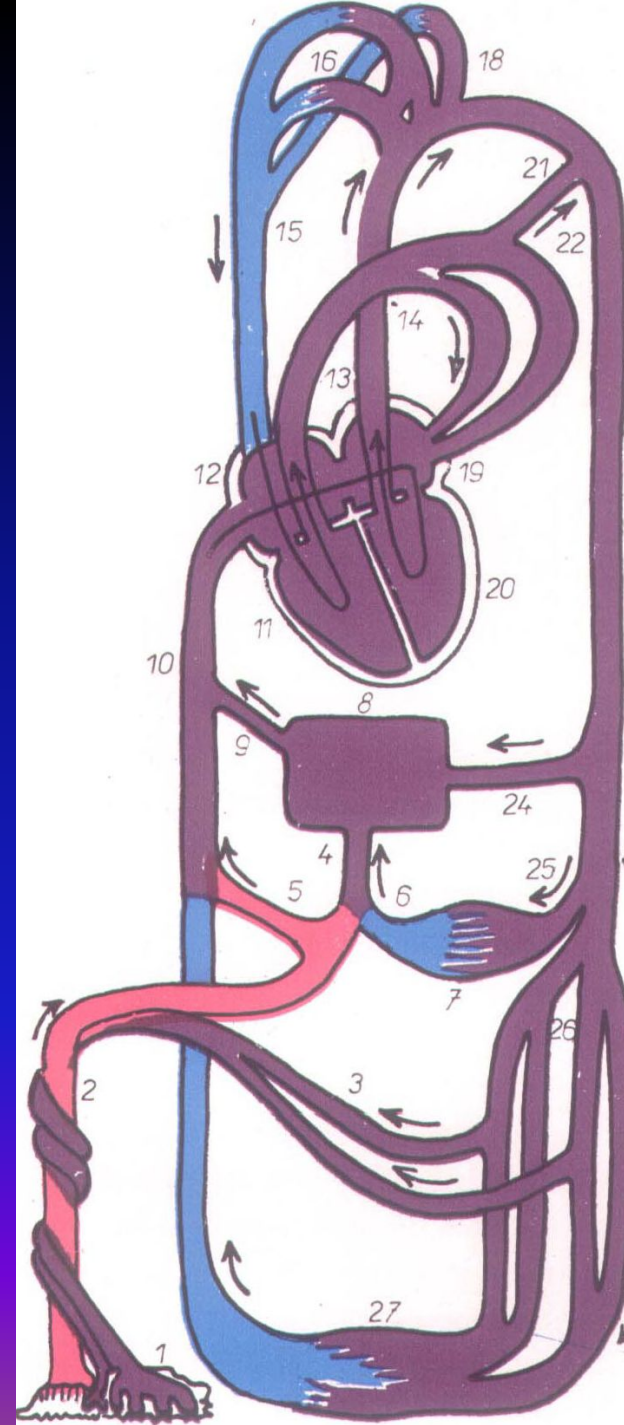
В организм плода кислород и питательные вещества поступают из организма матери при помощи плаценты. Осуществляется плацентарное кровообращение.

*Кровь матери и плода нигде не смешивается.*



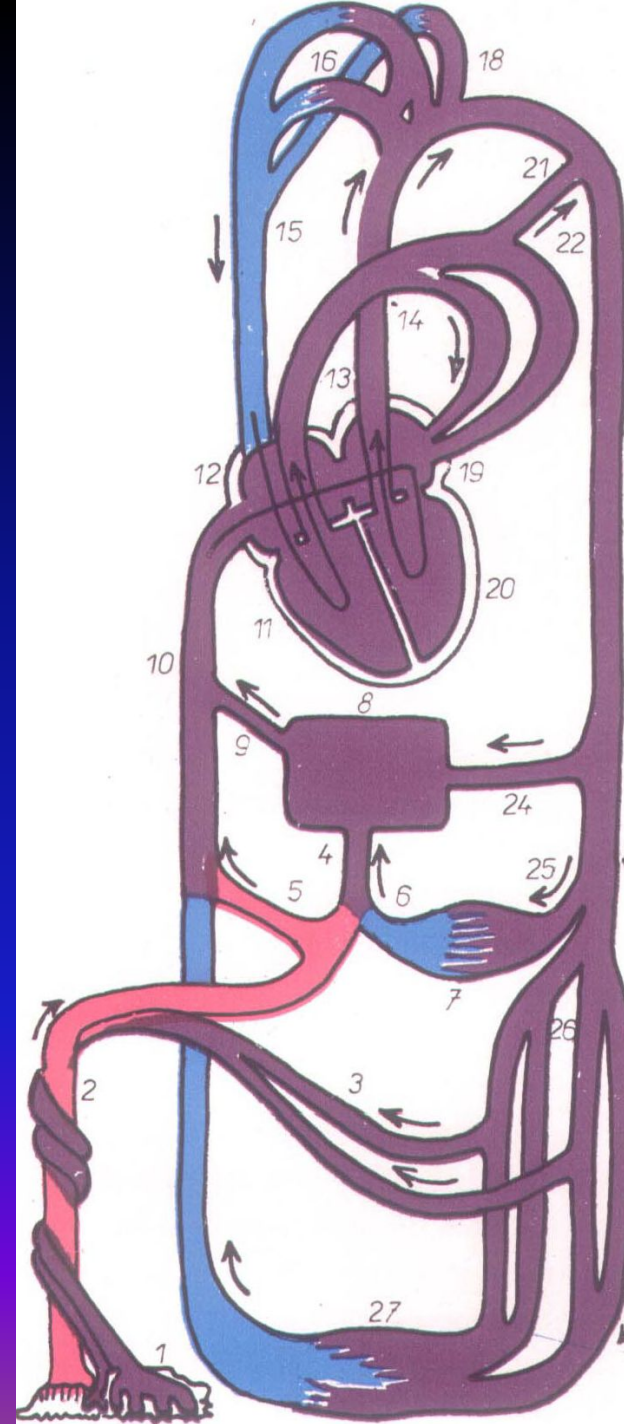
# КРОВООБРАЩЕНИЕ ПЛОДА

Насыщенная кислородом и питательными веществами артериальная кровь поступает из плаценты в пупочную вену, входящую в тело плода в области пупка. Отсюда вена направляется вверх к печени, где впадает в воротную вену. Здесь от нее отходит ветвь к нижней полой вене – ductus venosus. Т.о. самой чистой артериальной кровью снабжается только один орган - печень. Кровь из печени попадает в нижнюю полую вену, где смешивается с кровью, оттекающей из живота, таза, нижних конечностей. Эта смешанная кровь поступает в правое предсердие, через овальное отверстие - в левое предсердие, левый желудочек, аорту и из нее к органам шеи, головы, верхним конечностям.

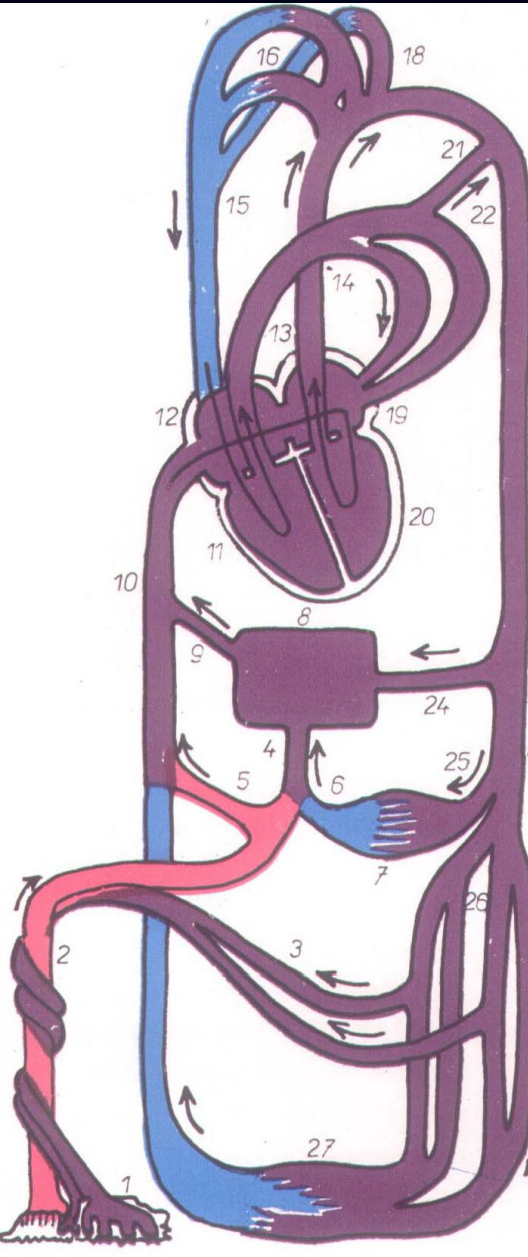


# КРОВООБРАЩЕНИЕ ПЛОДА

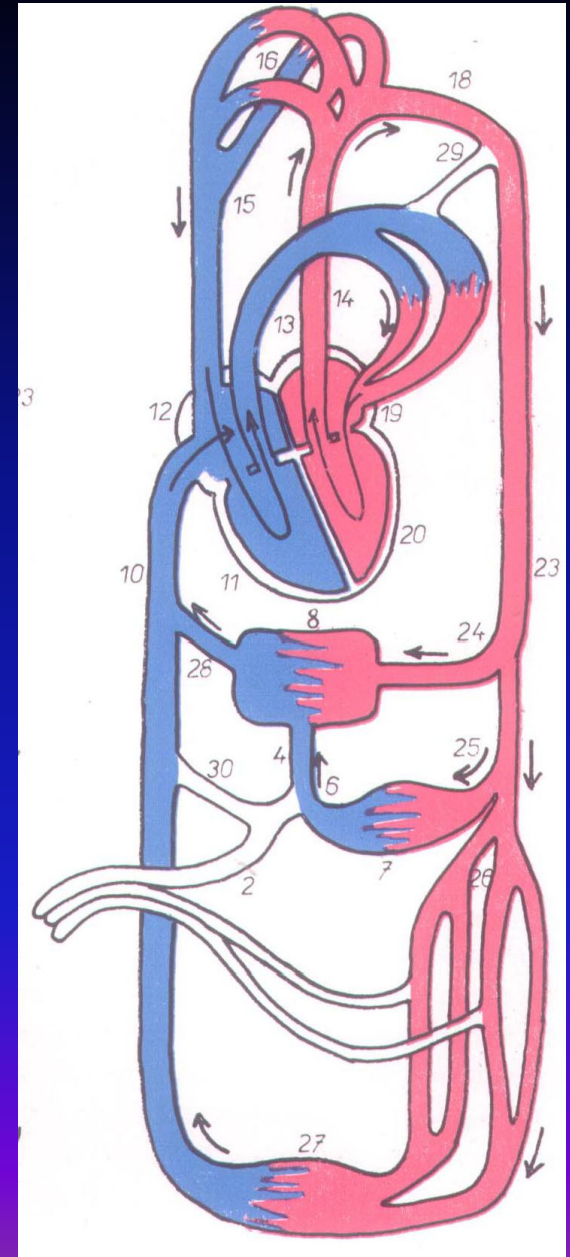
Венозная кровь от верхней половины тела по верхней полой вене поступает в правое предсердие, затем в правый желудочек, легочный ствол и по артериальному (Боталлову) протоку поступает в нисходящую аорту, где смешивается с более чистой кровью аорты. Кровь этого состава поступает к органам живота, таза, нижним конечностям, поэтому нижняя часть тела плода менее развита. Часть этой крови по пупочным артериям идет в плаценту.



# Изменения в кровообращении после рождения



После рождения ребенок совершает первый вдох. Открывается малый круг кровообращения. Артериальный проток и овальное отверстие закрываются. После перевязки пуповины спадается пупочная вена, зарастают венный проток и пупочные



# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРДЕЧНЫХ ПОРОКОВ

Рассмотрев изменения сердечной трубки в процессе эмбриогенеза, можно представить, что в механизме таких сложных превращений может возникнуть пробел; нарушение какого-либо звена. следствием подобных нарушений являются пороки сердца.

Пороки развития собственно сердца и аномалии развития отходящих от него крупных сосудов объединяют групповым понятием "врожденные пороки сердца" - *vitia cordis congenita*. Встречаются у 0,55-0,86% новорожденных. 55-70% имеющих пороки детей погибают на первом году жизни.

Основную роль в возникновении пороков развития играют экзогенные воздействия на органогенез в его критические периоды, особенно в первые 3 месяца беременности (заболевания матери, применение многих лекарственных средств, воздействие ионизирующего излучения и т.д.). В 4-10% случаев пороки имеют генетическую природу.



# КЛИНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦА

Клинически значимые формы врожденных пороков сердца делят на 4 основные группы:

1. Пороки с неизменным или малоизмененным легочным кровотоком:

- 1- аномалии расположения сердца (декстрокардия)
- 2- аномалии дуги аорты и ее ветвей (> 20 вариантов)
- 3- стеноз устья аорты
- 4- коарктация (сужение) аорты взрослого типа
- 5- атрезия аортального клапана
- 6- митральный стеноз
- 7- митральная атрезия
- 8- недостаточность митрального клапана
- 9- недостаточность клапана легочного ствола
- 10- трехпредсердное сердце
- 11- пороки венечных артерий
- 12- пороки проводящей системы сердца.

# Пороки с переполнением малого круга кровообращения

- общий признак - патологическое сообщение между малым и большим кругами, когда идет сброс крови из артериального русла в венозное.

1- открытый артериальный (боталлов) проток

2- дефект межпредсердной перегородки

3- дефект межжелудочковой перегородки

4- аортолегочный свищ

5- синдром Лютамбаше (дефект межпредсердной перегородки и митральный стеноз)

6- комплекс Эйзенменгера (дефект межжелудочковой перегородки с высокой легочной гипертензией - сброс крови справа налево)

7- коарктация аорты детского типа

8- атрезия трикуспидального клапана с нормальным калибром легочного ствола и дефектом межжелудочковой перегородки

9- открытый артериальный проток с током крови из легочного ствола в аорту.

# Пороки с обеднением малого круга кровообращения

- основной признак - сужение легочной артерии.

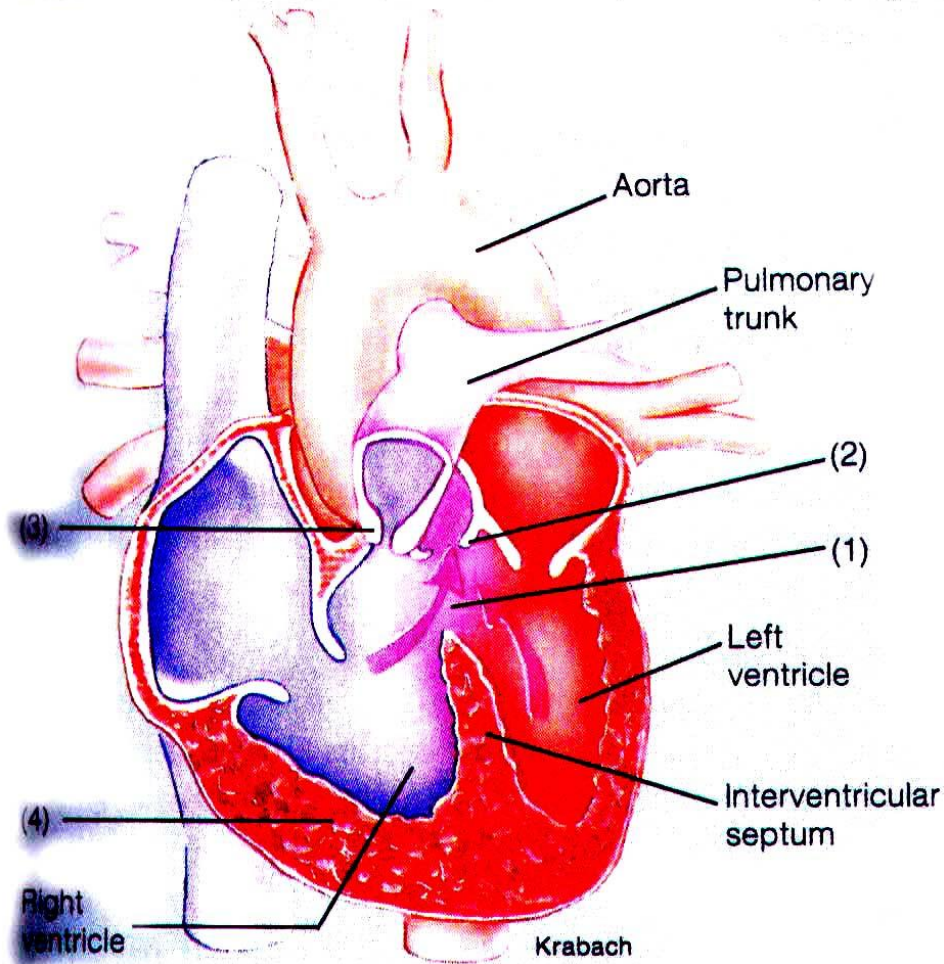
1- стеноз легочного ствола

2- триада Фалло (стеноз легочного ствола, дефект межпредсердной перегородки, гипертрофия правого желудочка)

3- тетрада Фалло (стеноз легочного ствола, декстропозиция аорты, дефект межжелудочковой перегородки, гипертрофия правого желудочка)

4- пентада Фалло (стеноз легочного ствола, декстропозиция аорты, дефект межпредсердной перегородки, дефект межжелудочковой перегородки, гипертрофия правого желудочка)

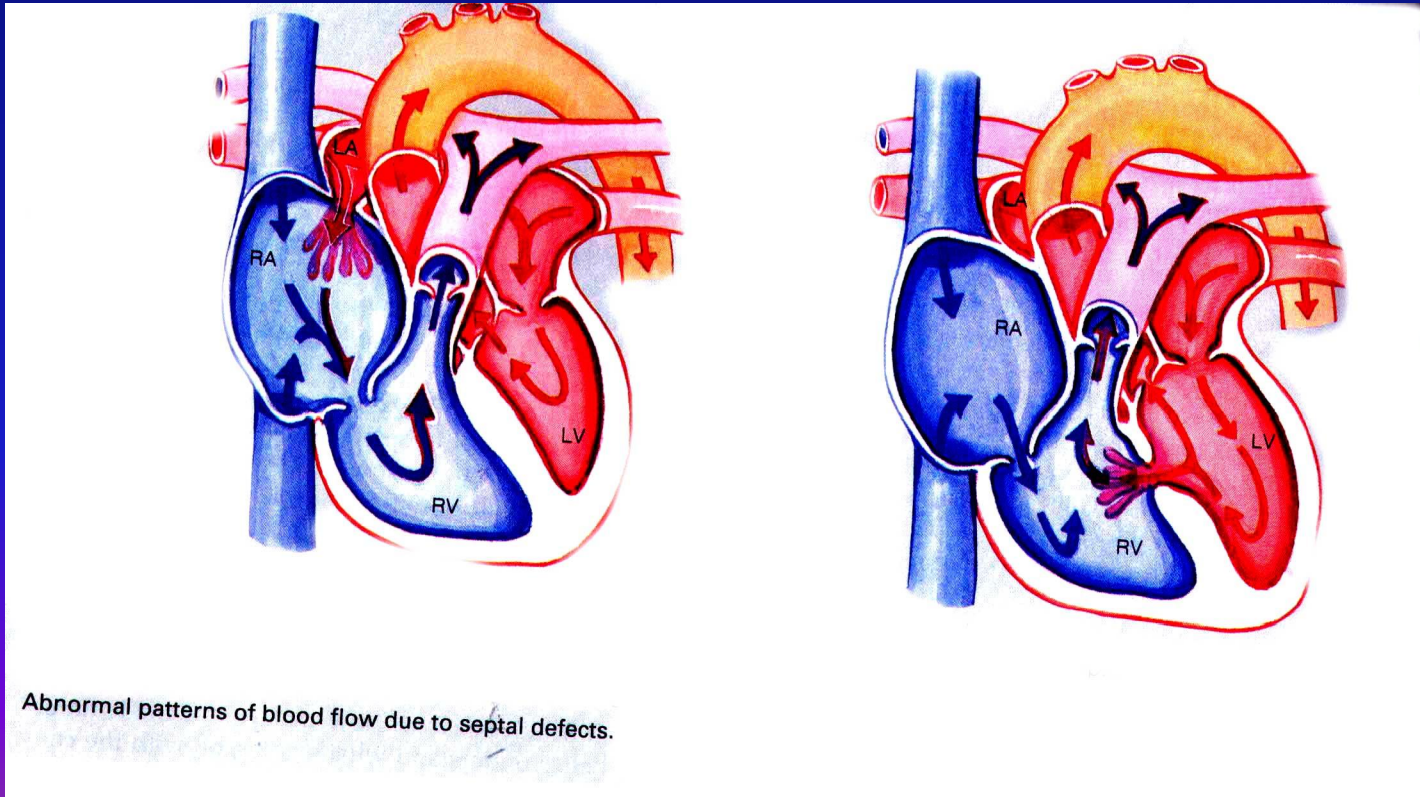
5- трикуспидальная атрезия с сужением легочного ствола или малым дефектом межжелудочковой перегородки



**Tetralogy of Fallot. The four defects of this anomaly are (1) a ventricular septal defect, (2) an overriding aorta, (3) pulmonary stenosis (constriction), and (4) right ventricular hypertrophy (enlargement).**

# Комбинированные пороки.

- 1- отхождение аорты и легочного ствола от правого или левого же лудочка
- 2- общий артериальный ствол
- 3- трехкамерное сердце с общим желудочком.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня мы рассмотрели с вами основные этапы филогенеза и онтогенеза сердца человека. Теперь вы можете предположить как могут отразиться на формировании сердца различные факторы, воздействующие на организм матери в период беременности. Это тем более важно в настоящее время, когда разработаны эффективные способы лечения пороков развития сердца или минимизации последствий таких изменений в организме.

Таким образом сегодня вы еще раз увидели важность изучения вопросов по онтогенезу для формирования высококвалифицированного врача.

# Литература

для самостоятельной работы

Лекция, прослушанная сегодня:

1. *А.К.Усович Лекции по анатомии человека.*

*Ч.2. С. 106-123*

2. *Учебник под редакцией М.Р.Сапина*

*том 2.- с. 117-118,198-202*