УО «Белорусский государственный медицинский университет»
г. Минск

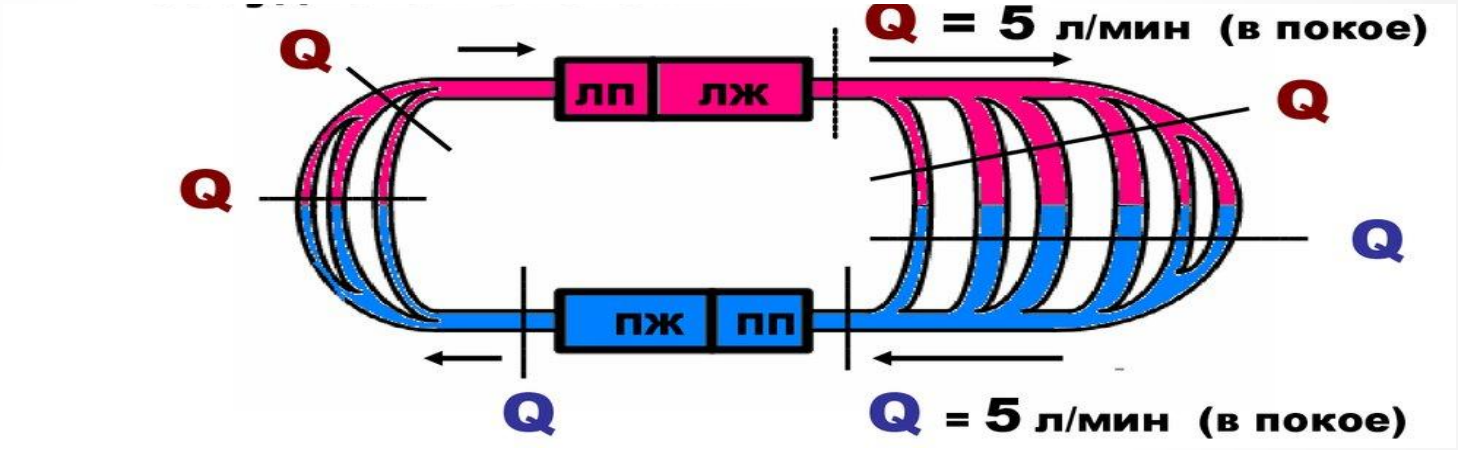
Особенности гемодинамики у детей во внутриутробный период, период новорожденности и в первые годы жизни

Третьяков Дмитрий Сергеевич,
5 курс, лечебный факультет;

Кравченко Андрей Юрьевич, 5 курс,
лечебный факультет

Физические законы гемодинамики

Закон постоянства потока

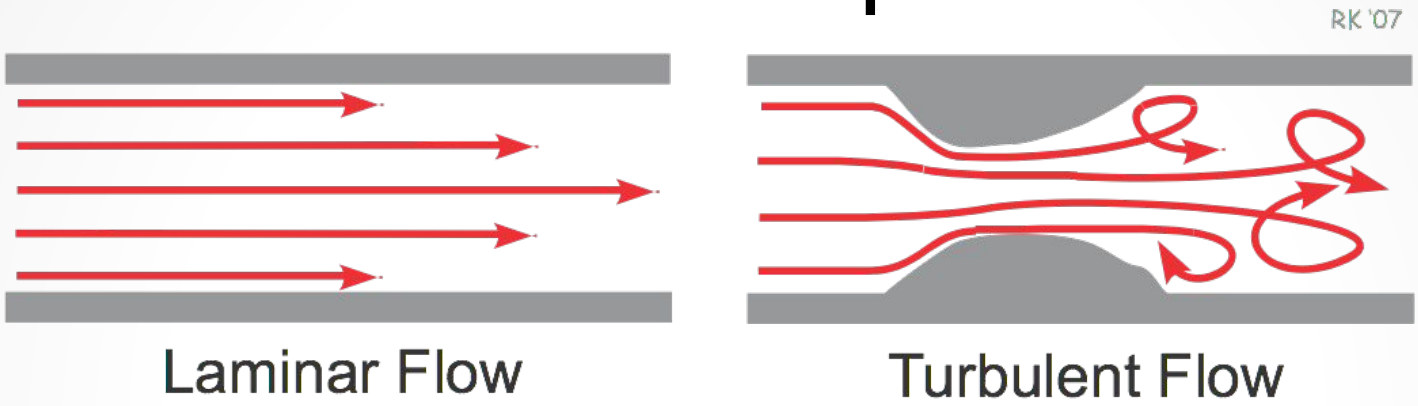


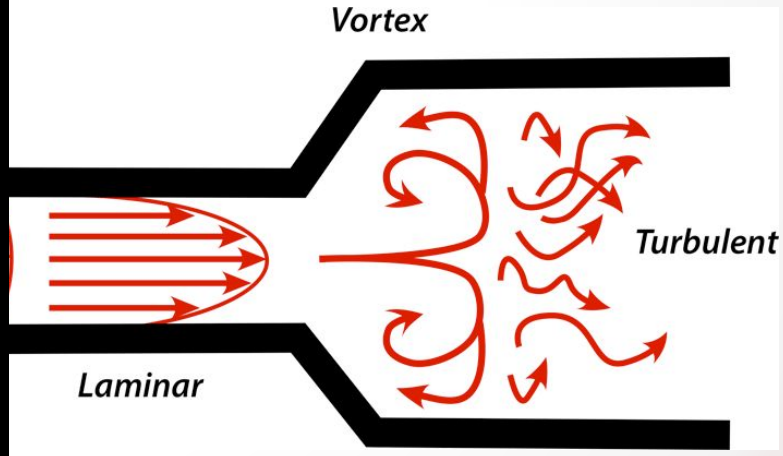
Основной закон гемодинамики

$$Q = \frac{\Delta P}{R} \qquad R = \frac{8l\eta}{\pi r^4}$$

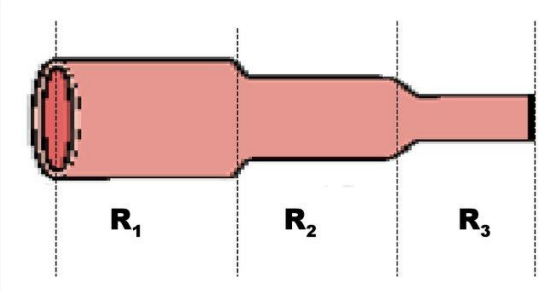
Вязкость зависит от калибра, характера и скорости течения крови в сосудах. В сосудах меньше 1 мм вязкость резко снижается (феномен Фареуса-Линдквиста

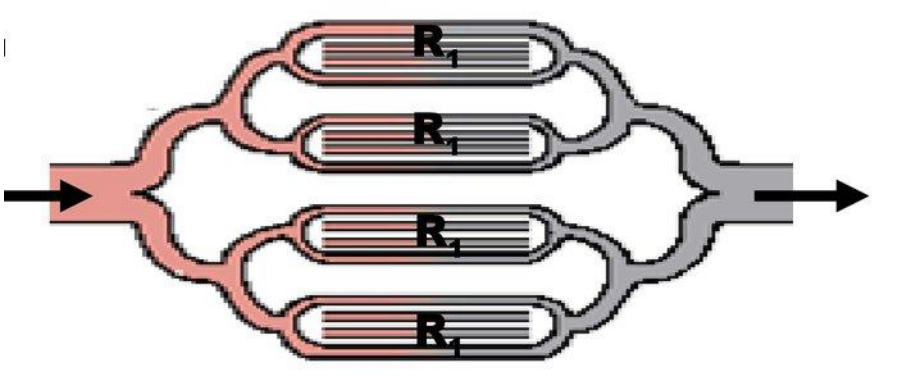
Ламинарное и турбулентное течение крови





- 1 закон Кирхгофа. Сопротивление последовательно соединенных сосудов равно сумме сопротивлений каждого отдельного сосуда.

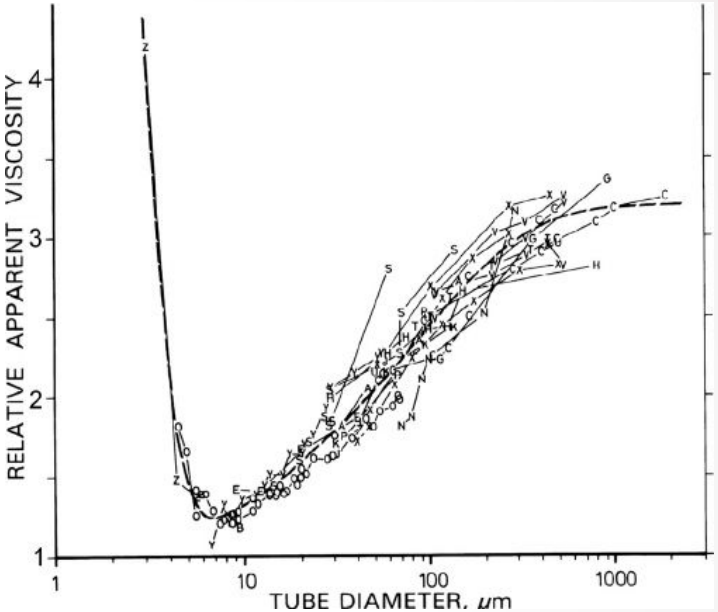




- 2-й закон Кирхгофа. Проводимость (C=1/R) параллельно соединенных сосудов равна сумме проводимостей каждого отдельного сосуда: C=C1+C2+C3+... Или 1/R=1/R1+1/R2+1/R3+…..

Причины различной вязкости крови в реальных сосудах и расчетных

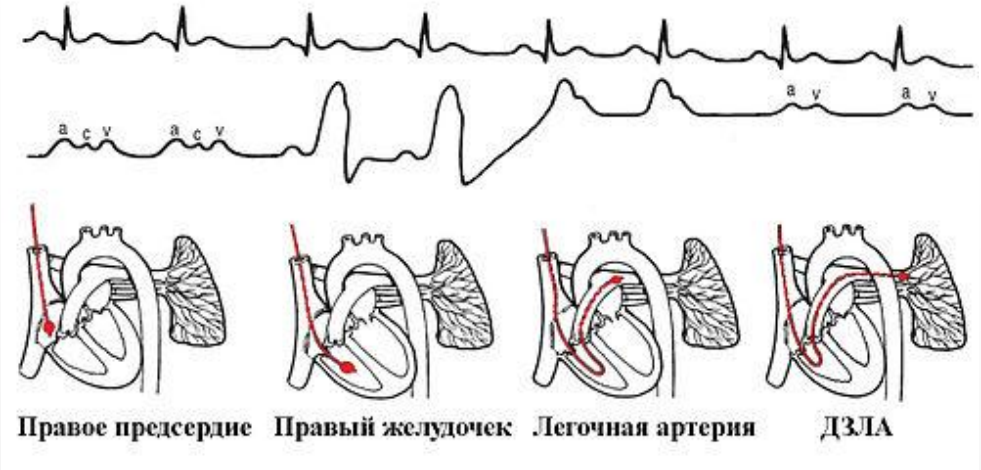
1. В случае протекания крови через сосуды диаметром более малым, чем 1 мм вязкость крови уменьшается (феномен Фареуса-Линдквиста - эритроцитарная цепочка передвигается в оболочке из плазмы)



2. Вязкость крови уменьшается с увеличением скорости ее протекания (связано с центральным размещением эритроцитов в потоке)

Параметры и их расчет

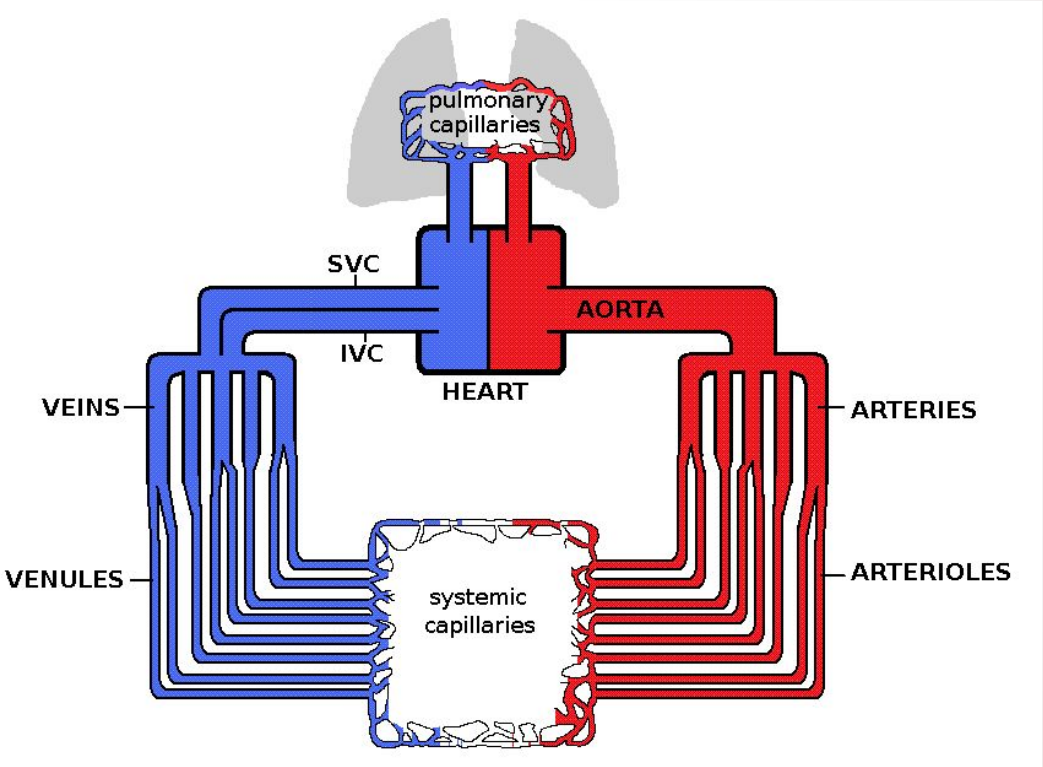
- СВ (сердечный выброс, МОК,cardiac output) (л/мин)=УО*ЧСС
- СИ (сердечный индекс) (л/мин/м2)=СВ/S (тела)
- СГД (среднее гемодинамическое, mean arterial pressure) = ДАД+1/3 (САД-ДАД) = 2/3 ДАД+1/3САД
- SVR (systemic vascular resistance) (dyn·s·cm$^{-5)}$ = (СГД-ЦВД)/сердечный выброс (**9-20 мм.рт.ст.*мин/л)**
- PVR (pulmonary vascular resistance) = (среднее давление в ЛА – давление заклинивания ЛА) / сердечный выброс (**0,25-1,6 мм.рт. ст.*мин/л**



- КДО (EDV) (110-140 мл); КДО/S (61-74 мл/м2)
- КСО (ESV) (40-50 мл); КСО/S (24-31 мл/м2)
- УО (stroke volume) = КДО-КСО
- Фракция выброса (ejection fraction)= УО/КДО. Усредненное значение у взрослых 55-65. **У детей** в периоде новорожденности ФВ составляет не менее 60%, в основном 60-80%, постепенно достигая обычных показателей нормы по мере роста.

В соответствии с функциональным особенностями сосуды делятся на:

- Компенсирующие (амортизирующие) – аорта, крупные артерии.
- Резистивные (сосуды сопротивления) – артериолы
- Прекапиллярные сфинктеры
- Обменные (капилляры)
- Емкостные (венулы, вены)
- Шунтирующие (артериально-венозные анастомозы)



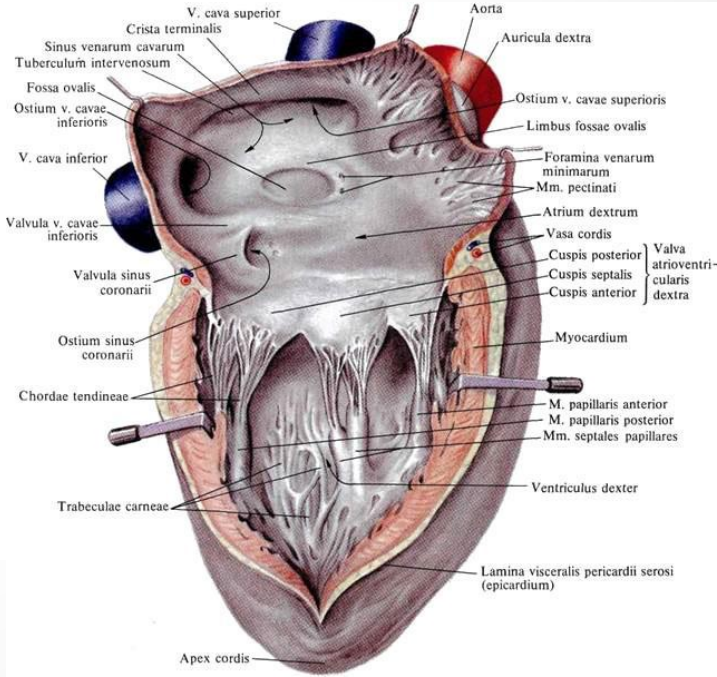
Параметр	Правый желудочек	Левый желудочек
EDV (ml)	144+-23	144+-21
EDV/S (ml/m2)	75+-11	78+-8,8
ESV (ml)	50+-14	47+-10
ESV/S (ml/m2)	27+-7	26+-5,1
Stroke volume (ml)	94+-15	95+-14
Stroke volume/S (ml/m2)	51+-7	52+-6,2
Ejection fraction, %	66+-6	67+-4,6

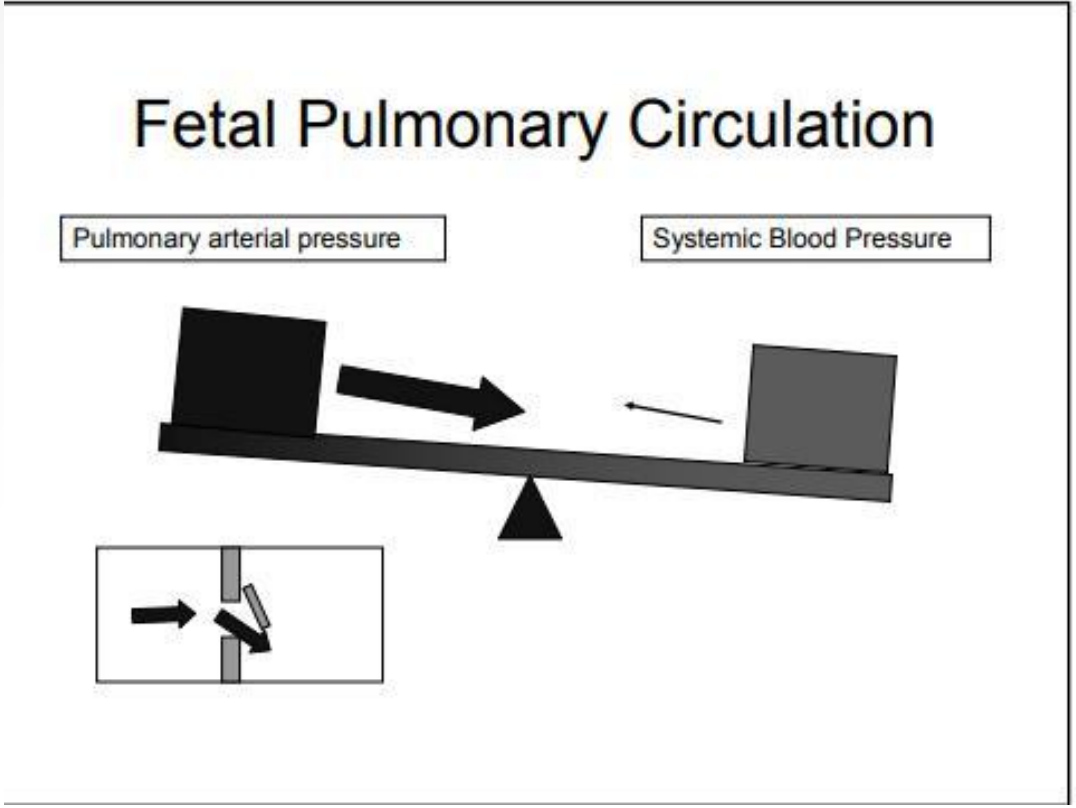
Гемодинамика во внутриутробном периоде

Особенности:

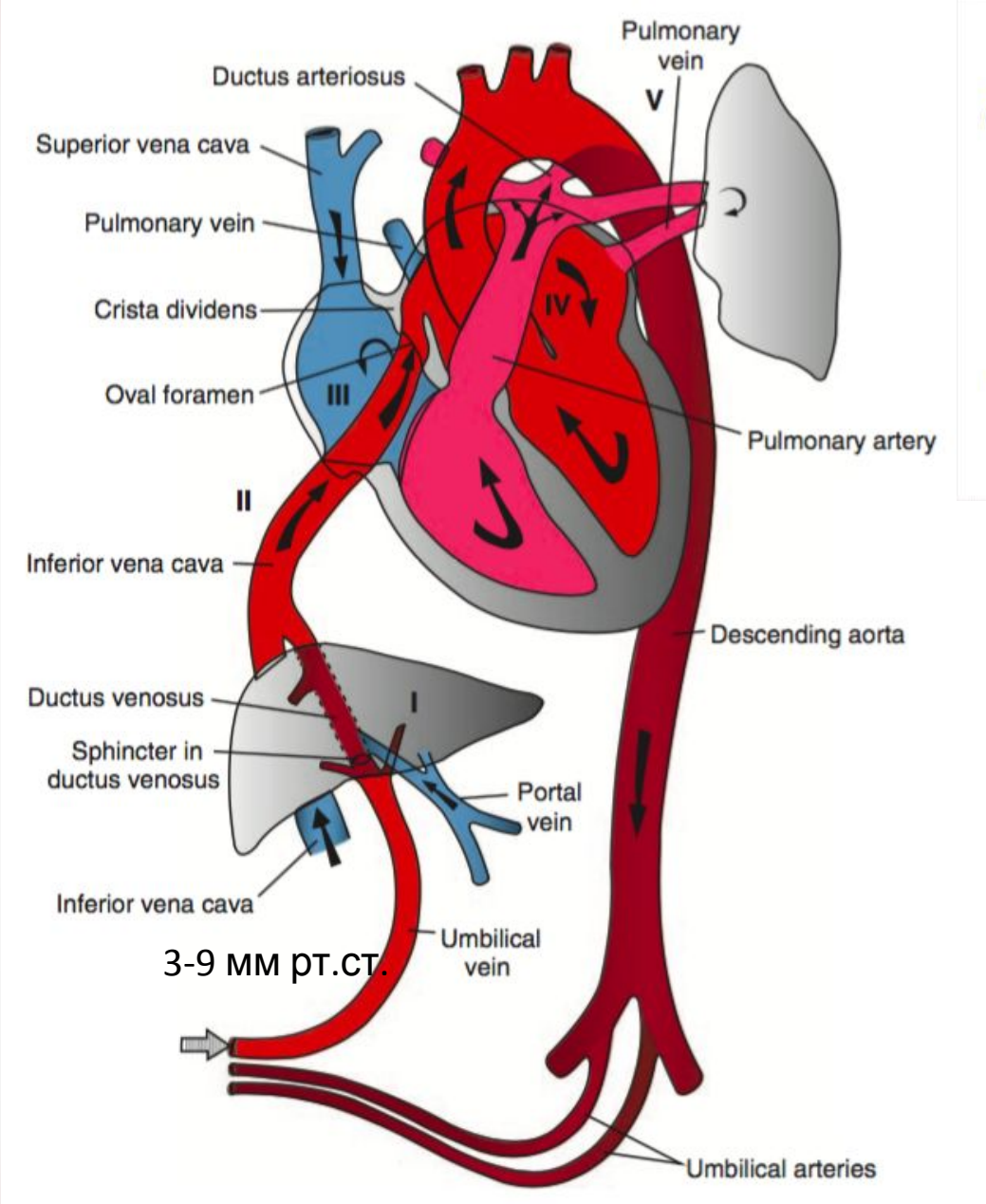
1. Газообмен за счет плаценты
2. Наличие пупочной вены (переносит кровь от плаценты к печени – 1 расхождение крови)
3. Ductus venosus (шунт из пупочной вены в нижнюю полую)
4. Овальное окно
5. Ductus arteriosus
6. Пупочные артерии

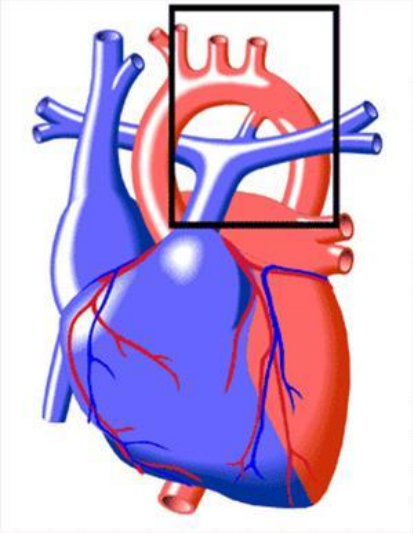
Pulmonary vein
V
Ductus arteriosus
Superior vena cava
Pulmonary vein
Crista dividens
IV
Oval foramen
III
Pulmonary artery
II
Inferior vena cava
Descending aorta
Ductus venosus
I
Sphincter in ductus venosus
Portal vein
Inferior vena cava
Umbilical vein
3-9 мм рт.ст.
Umbilical arteries





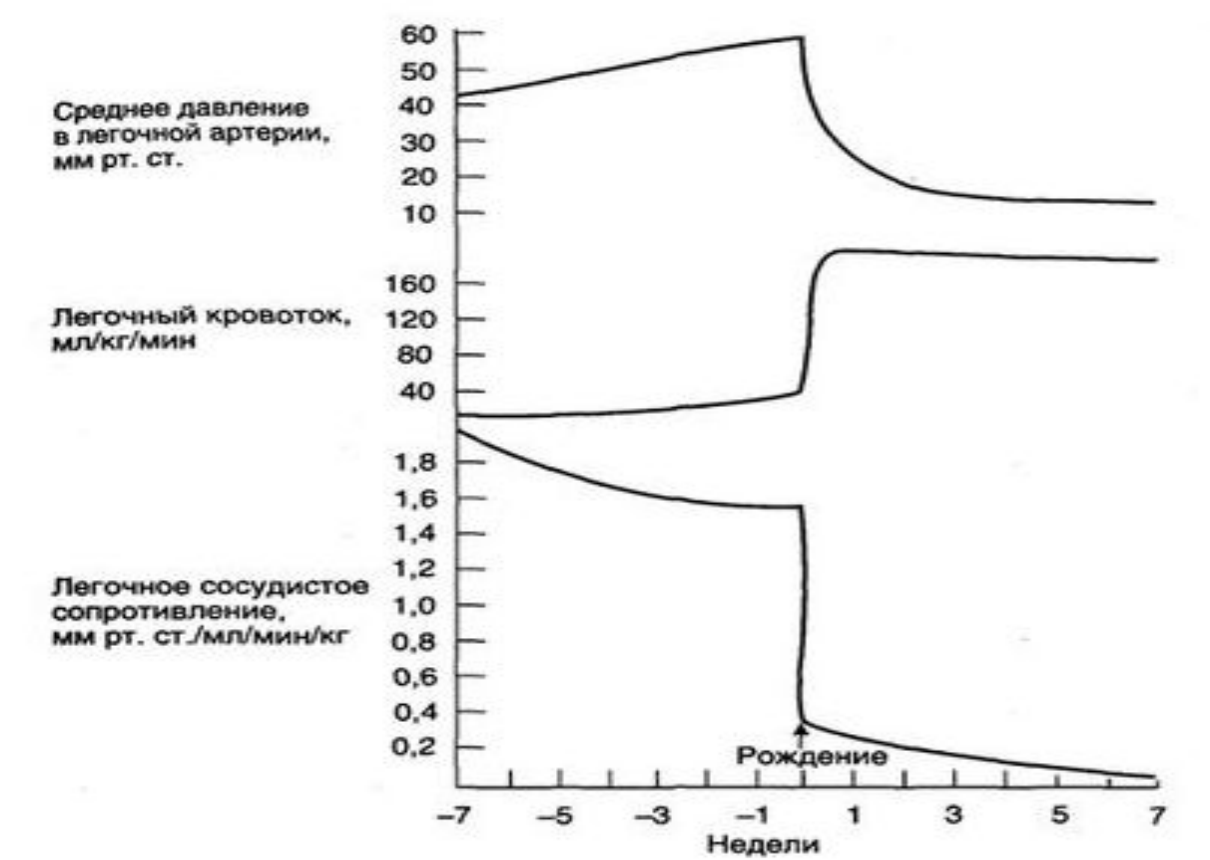
Поскольку плод окружен околоплодными водами, давление в его сосудах измеряется относительно давления в амниотической полости. Давление в полых венах и в правом предсердии составляет 3—5 мм рт. ст., а в левом предсердии — 2—4 мм рт. Ст (несколько меньше, кровь проходит через овальное окно). Нет изменений в связи со сроком беременности (p>0,2 и p>0,6). Систолическое давление в правом и левом желудочках примерно одинаково и на поздних сроках беременности равняется 65—70 мм рт. ст. В легочном стволе и аорте давление тоже одинаково, при этом систолическое составляет 65—70 мм рт. ст., а диастолическое — 30—35 мм рт. ст. На поздних сроках беременности систолическое давление в правом желудочке и легочном стволе на 5—8 мм рт. ст. превышает давление в левом желудочке и аорте, возможно, за счет некоторого


Pulmonary vein
V
Ductus arteriosus
Superior vena cava
Pulmonary vein
Crista dividens
IV
Oval foramen
III
Pulmonary artery
II
Inferior vena cava
Descending aorta
Ductus venosus
I
Sphincter in ductus venosus
Portal vein
Inferior vena cava
Umbilical vein
3-9 мм рт.ст.
Umbilical arteries



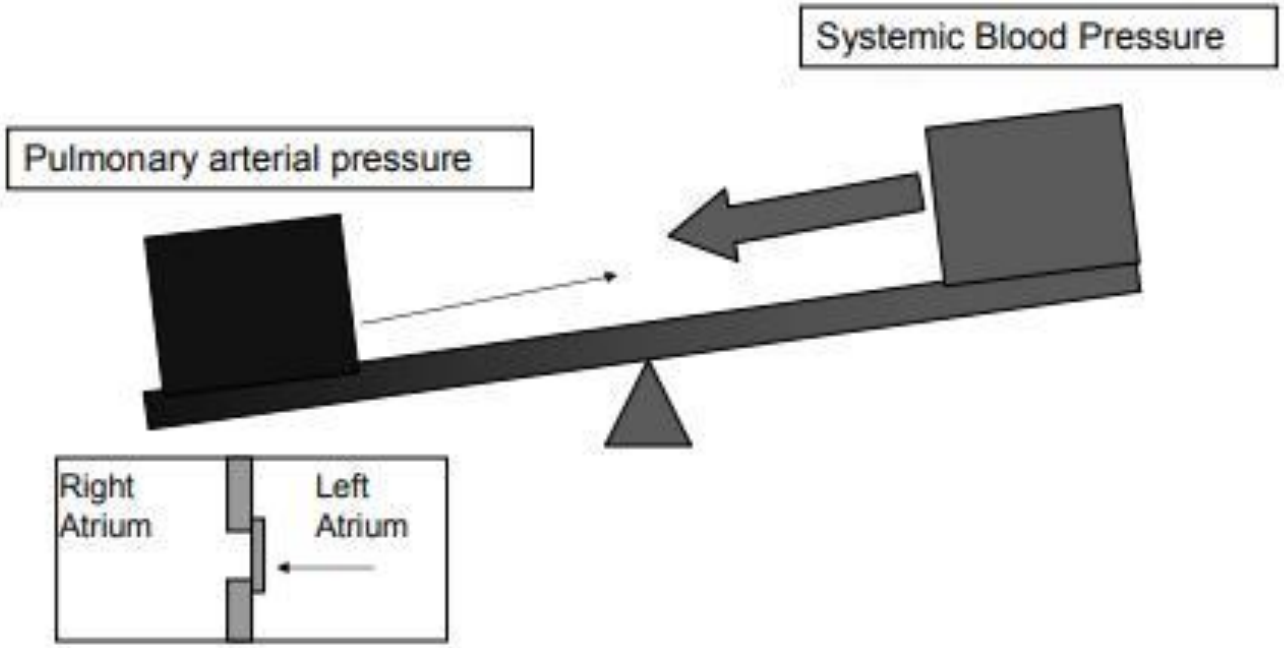
Изменения в кровообращении сразу после рождения (транзиторный период)

Удаление плаценты + Первый вдох = Прекращение фетоплацентарного и становление полноценного легочного кровообращения



	2 часа после рождения	6 ч	12 ч	24 ч	48 ч	72 ч
Pulm.artery mean pressure (mm Hg)	63,41+-7,03	51,78+-9,82	40,94+-9,32	34,39+-9,89	26,23+-7,49	25,25+-8,28

Normal Transition

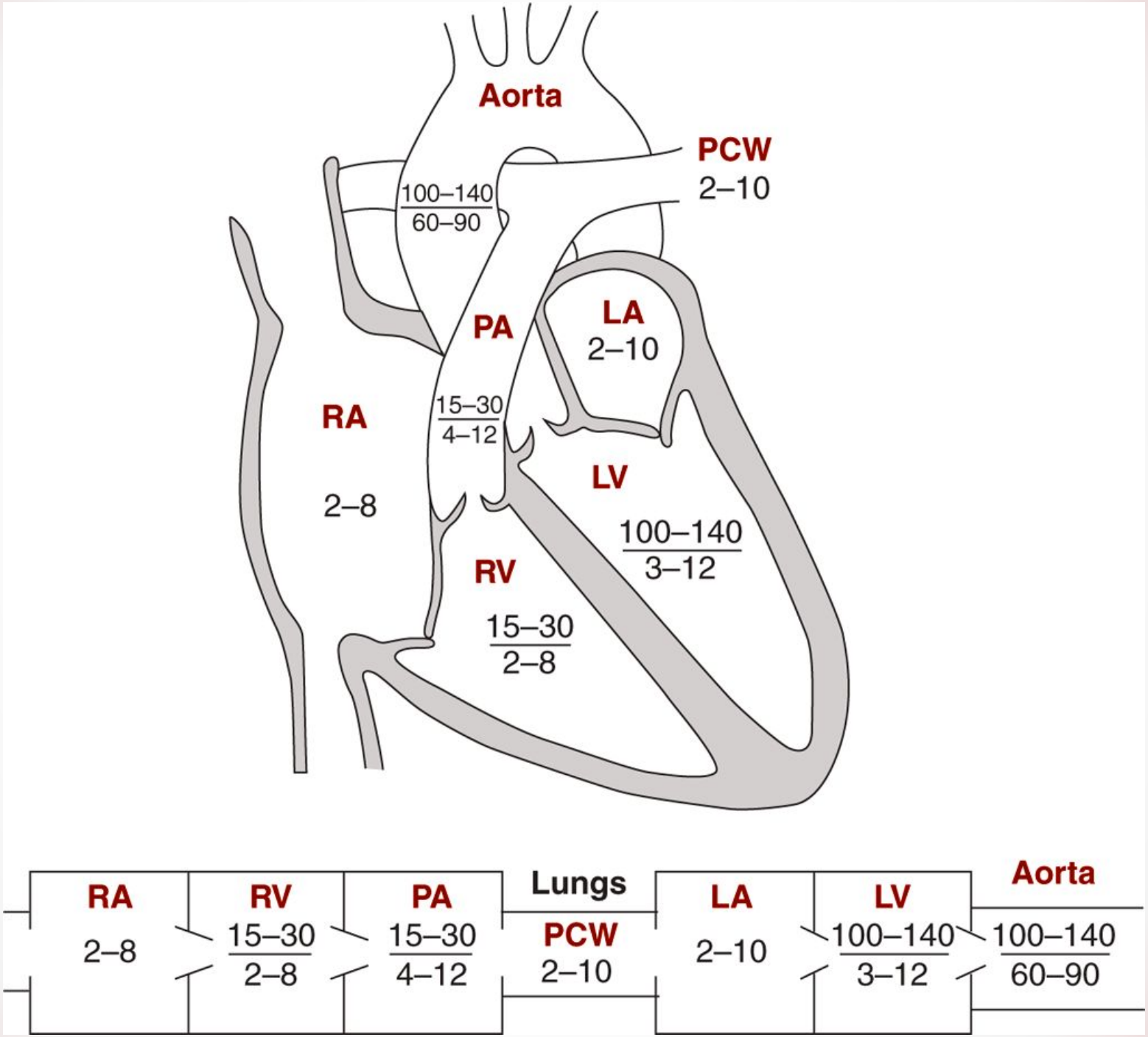


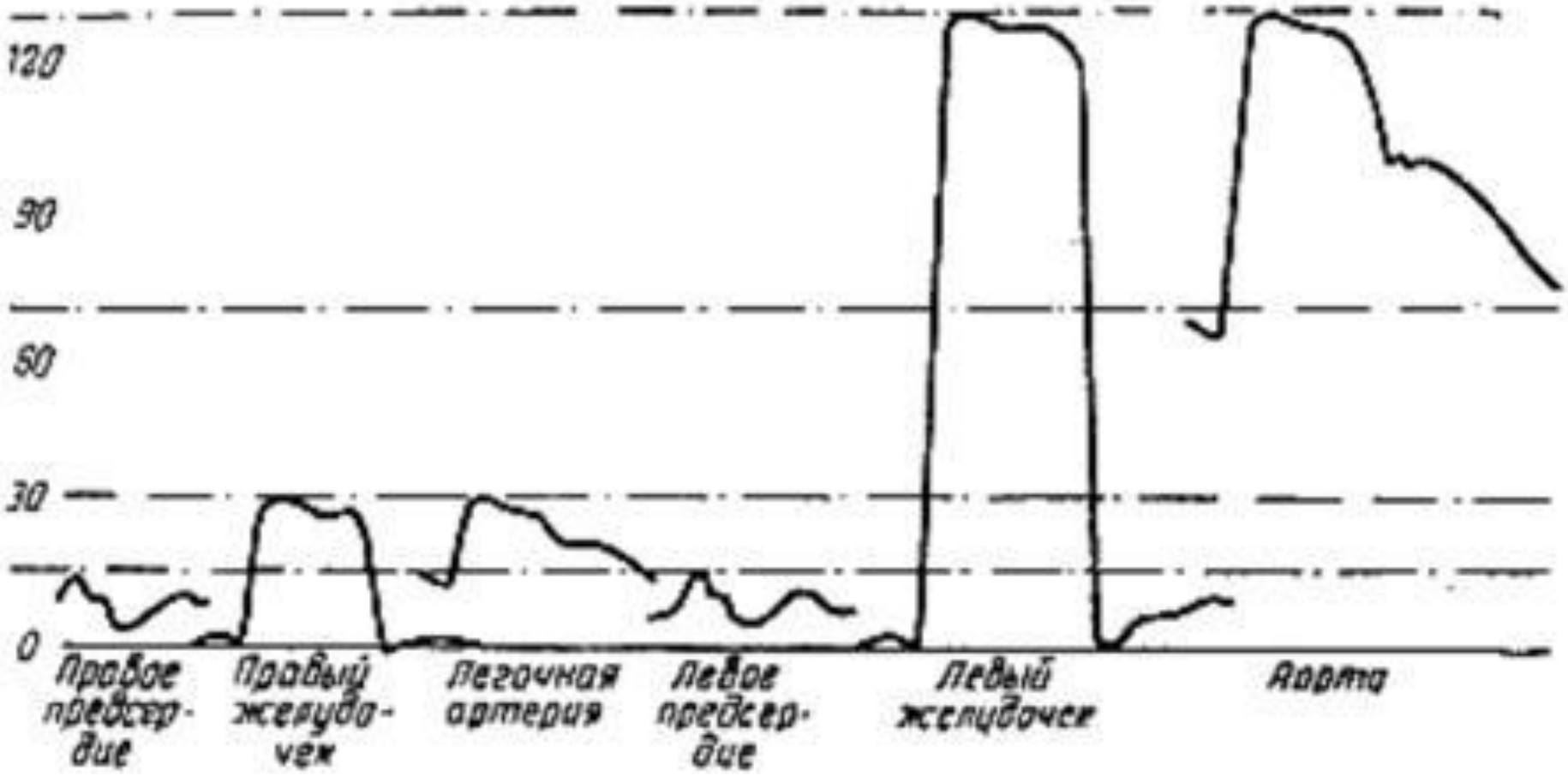
Стимул	Ductus arteriosus	Легочные сосуды
Гипоксия	Дилатация	Констрикция
Ацидоз	Дилатация	Констрикция
Алкалоз	Констрикция	Дилатация
Кислород	Констрикция	Дилатация

Давление в полостях сердца и сосудах у новорожденного и у плода

Параметр	Плод	Новорожденный
Давление в правом предсердии	3-5	2,8-3,5
Давление в левом предсердии	2-4	7-9
Правый желудочек (систолическое)	65-70/0	20-23/0
Левый желудочек (систолическое)		70-80/0
Легочной ствол	65-70/30-35	20-23/10
Аорта		70-80/35-40

Легочно-капиллярное давление, или давление заклинивания, отражает давление в системе легочная вена - левое предсердие и составляет 7-9 мм рт.ст.


Aorta
PCW
2–10
100–140
60–90
PA
LA
2–10
RA
15–30
4–12
LV
2–8
100–140
3–12
RV
15–30
2–8
RA
2–8
RV
15–30
2–8
PA
15–30
4–12
Lungs
PCW
2–10
LA
2–10
LV
100–140
3–12
Aorta
100–140
60–90


120
90
50
30
0
Правое предсердие
Правый желудочек
Легочная артерия
Левое предсердие
Левый желудочек
Аорта

Спасибо за внимание!