

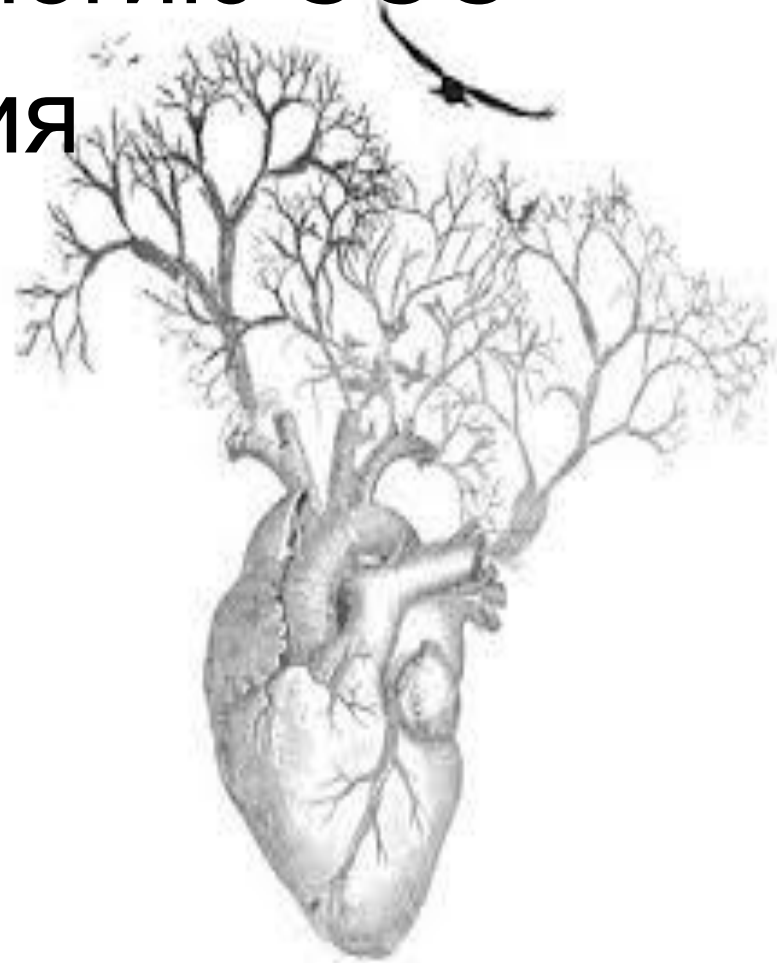


«Нормальная физиология сердечно- сосудистой системы».

Бригада: «Сердечно-сосудистая
хирургия»

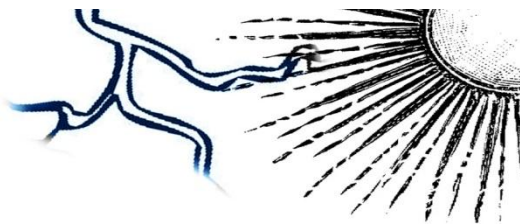
Содержание

- Введение в физиологию ССС
- Потенциал действия
- Сердечный цикл
- Гемодинамика



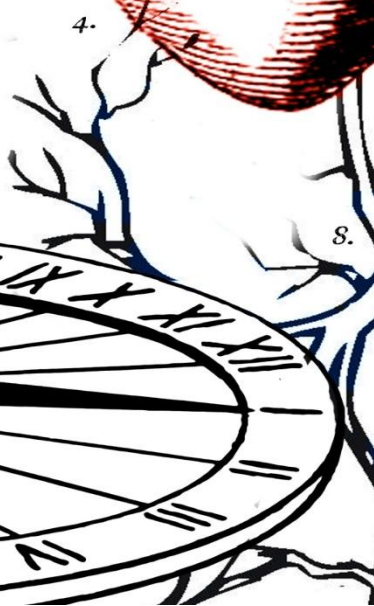
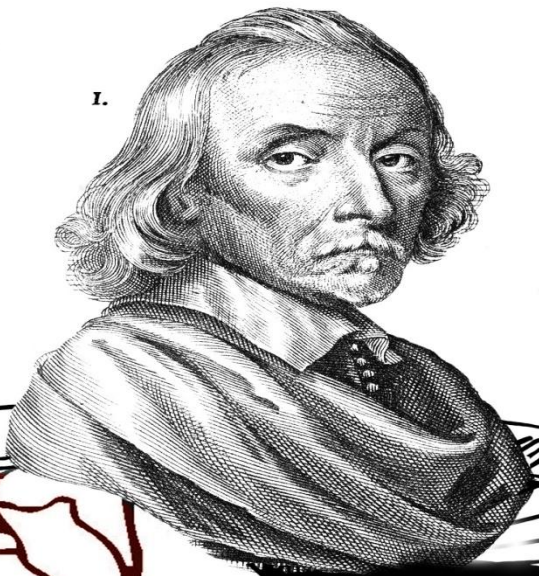
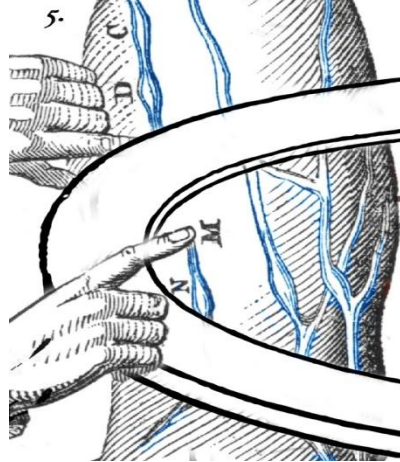
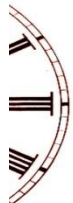
Хирург, который решится провести операцию на сердце - легкомыслен и не обладает должным опытом, чтобы заниматься этой деятельностью. А попытка прокола околосердечной сумки – хирургическая глупость.

© Теодор Бильрот (1883)



THOMAS WRIGHT CIRCULATION

*William Harvey's
Revolutionary Idea*



Свойства сердечных МЫШЦ

- **Автоматизм** - способность сердца ритмически сокращаться под влиянием **импульсов**, возникающих **в нем самом**.
- **Возбудимость** - способностью сердца приходить **в состояние возбуждения** под **действием раздражителя**

Свойства сердечных мышц

- **Проводимость**- способность сердечной мышцы **проводить возбуждение**.
- **Сократимость**- способность **изменять** свою **форму** и **величину** под действием раздражителя, а также растягивающей силы или крови.

Межпредсердный
пучок (Бахмана)

СА-узел

Межузловые
проводящие
тракты
(Бахмана,
Венкебаха,
Тореля)

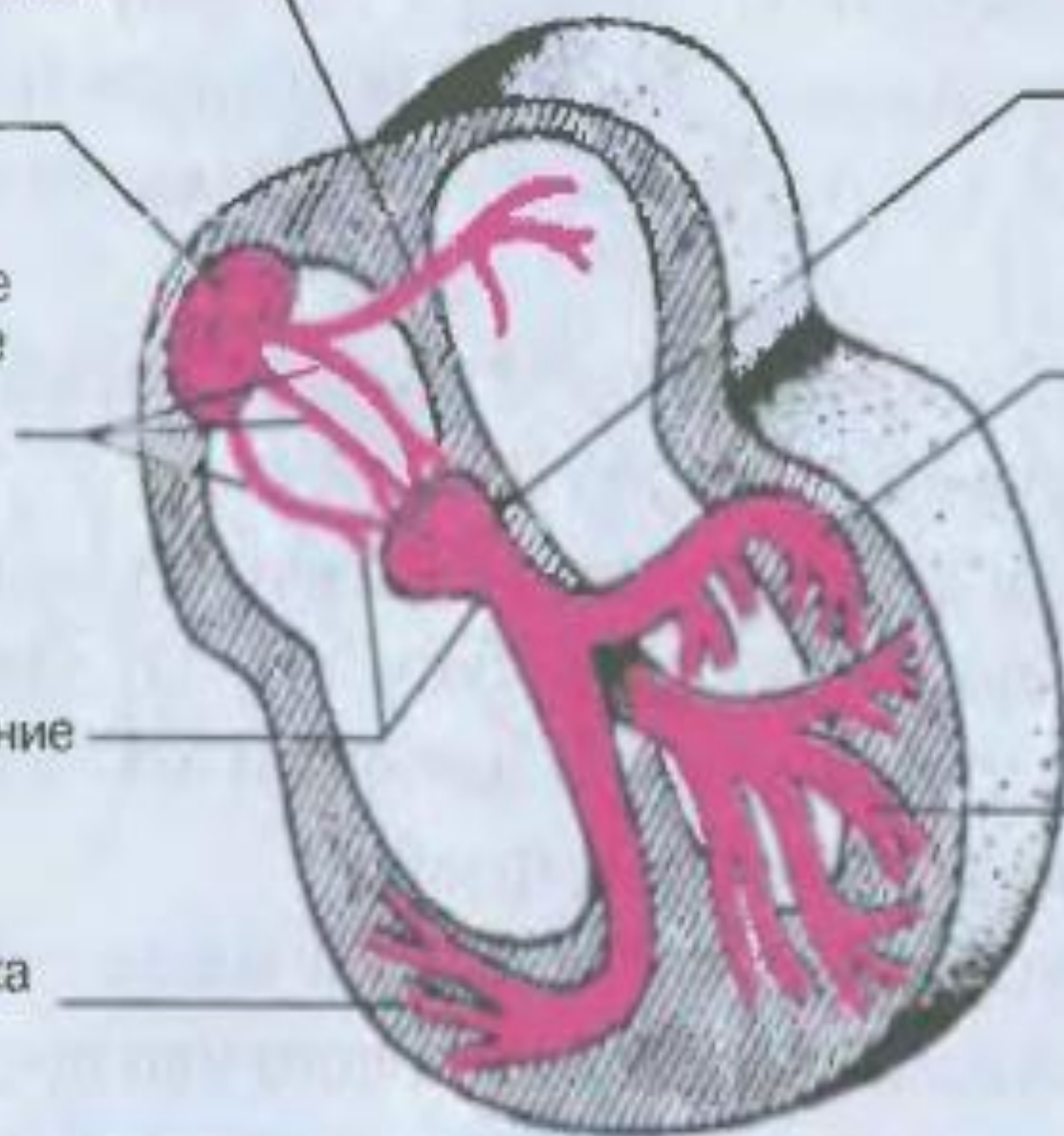
АВ-соединение

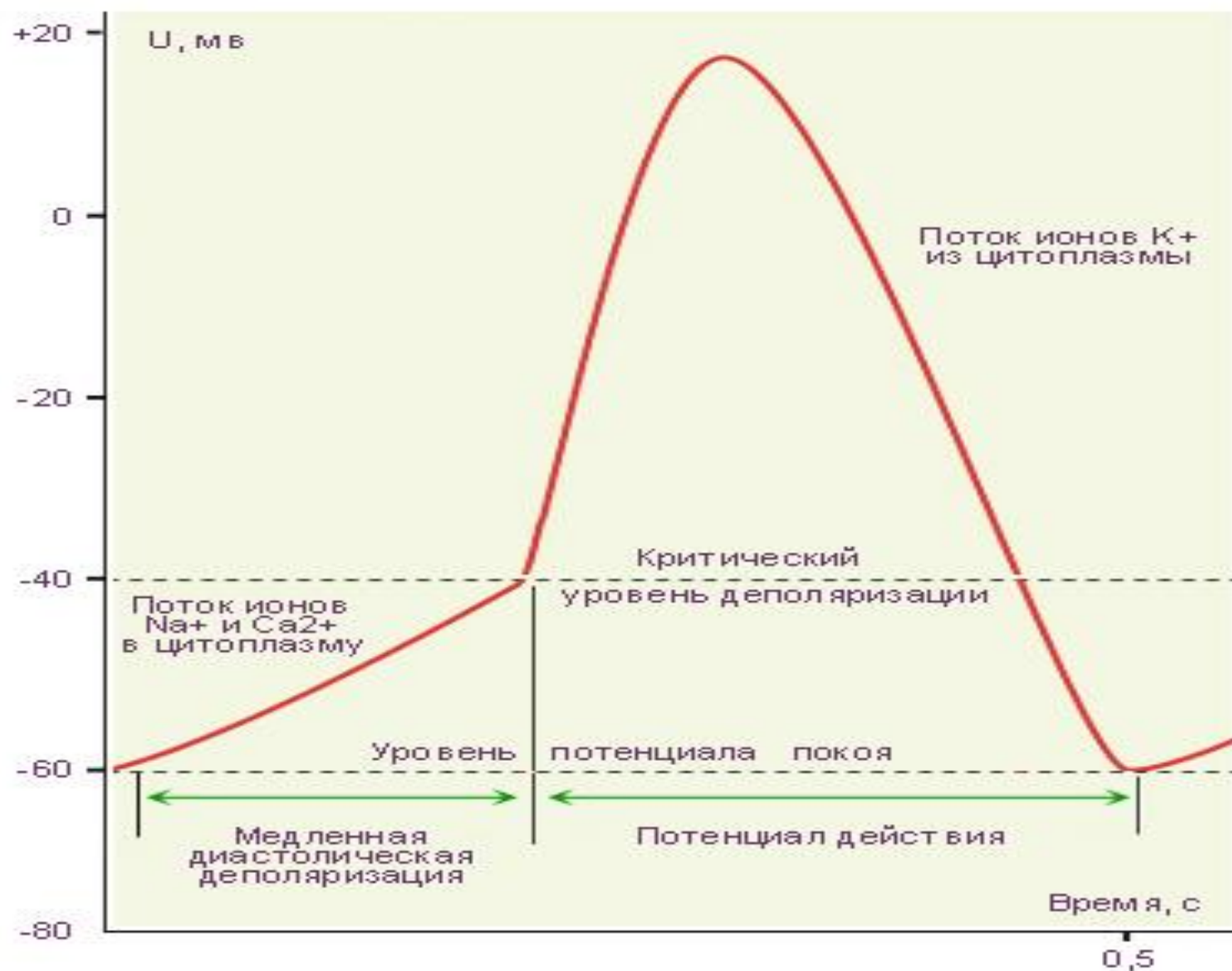
Правая ножка
пучка Гиса

АВ-узел

Левая
передняя
ветвь
пучка Гиса

Левая
задняя
ветвь
пучка Гиса

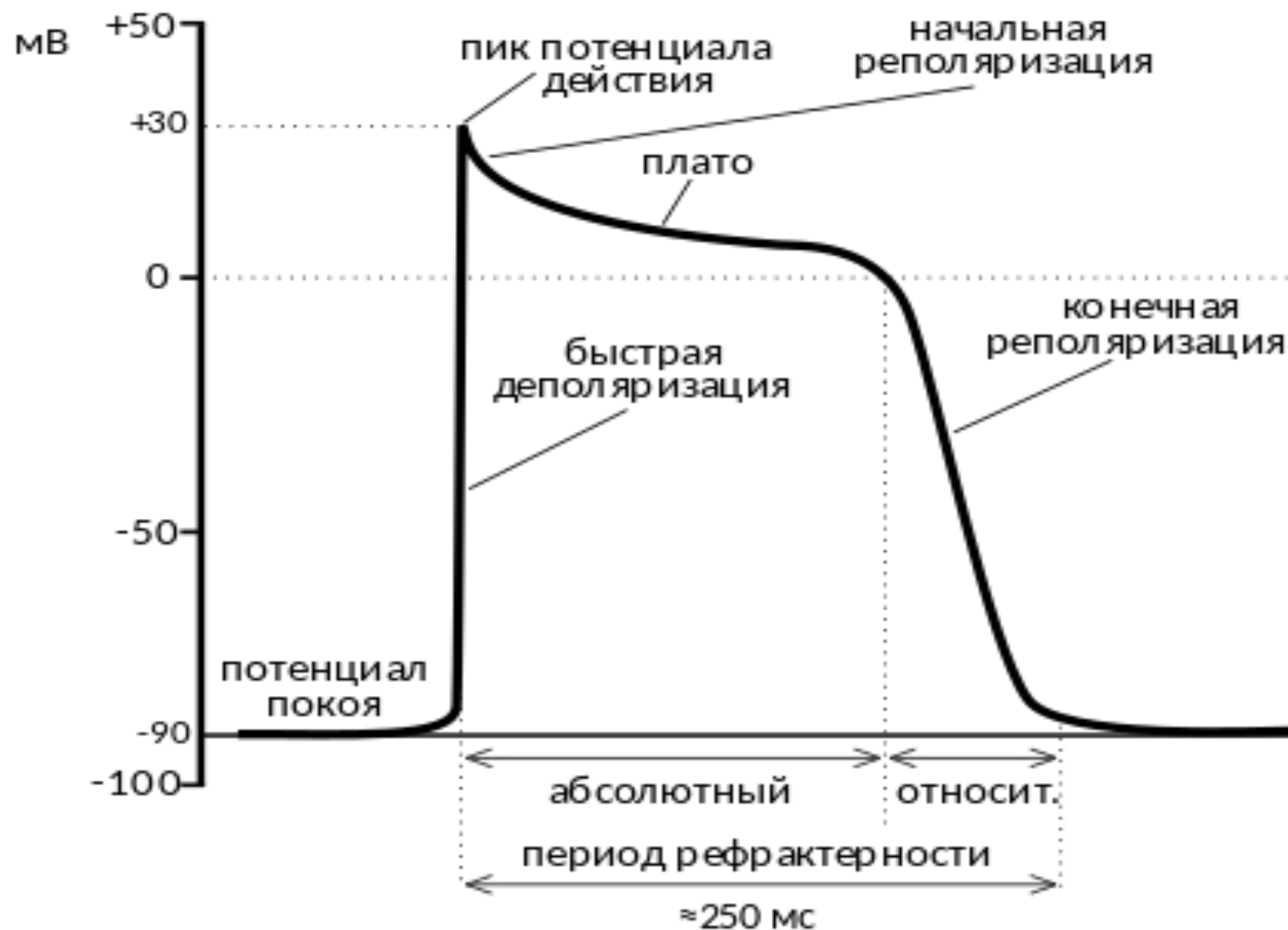




- САУ клетки даже в условиях «покоя» имеют **повышенную проницаемость для ионов Na^+** , что приводит к снижению МП.
- В период реполяризации на мембране открываются **только медленные натрий-кальциевые каналы**, так как быстрые натриевые каналы из-за низкого МП уже инактивированы.
- В клетках САУ в период реполяризации быстро **инактивируются открытые калиевые каналы**, но **повышается натриевая проницаемость**, на фоне которой и возникает МДД, а затем и ПД

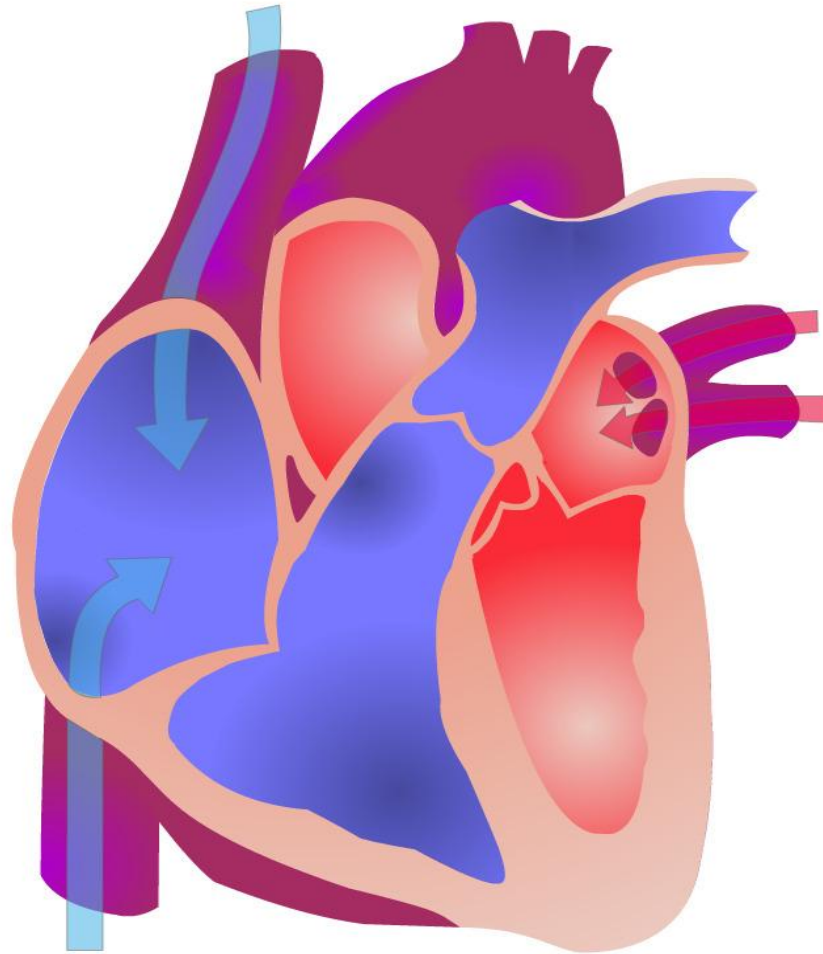
АВ-задержка

- Одной из причин АВ-задержки является особенность **Са +2 ионных каналов** мембран клеток, формирующих АВ-узел.
- Это находит свое отражение **в более низкой скорости МДД** и **генерации потенциала** действия этими клетками.
- Кроме того, клетки промежуточного участка АВ-узла характеризуются более **продолжительным периодом рефрактерности**, превышающим по времени фазу реполяризации потенциала действия.



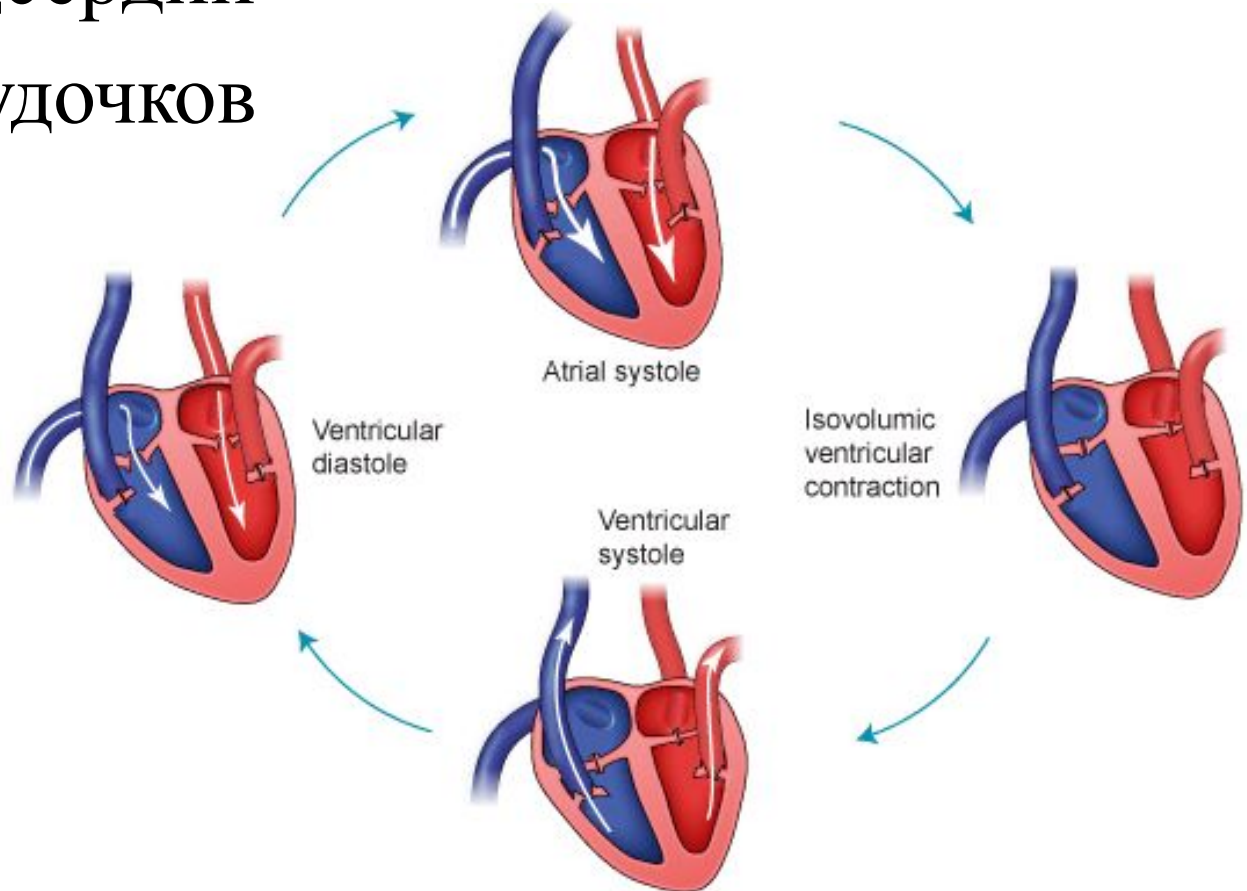
- Абсолютный рефрактерный период — интервал, в течение которого возбудимая ткань не способна генерировать повторный потенциал действия (ПД), каким бы сильным ни был инициирующий стимул.
- Относительный рефрактерный период — интервал, в течение которого возбудимая ткань постепенно восстанавливает способность формировать потенциал действия. В ходе относительного рефрактерного периода стимул, более сильный, чем тот, который вызвал первый ПД, может привести к формированию повторного ПД.

Сердечный цикл и фазы.



Сердечный цикл:

- систолы предсердий
- систолы желудочков
- диастола



Все периоды, за исключением протодиастолической периода изометрического расслабления, делятся на отдельные фазы

Длительность фаз сердечного цикла (покой, 70 уд/мин)

- **Систола желудочков** **0,33 сек**
 - фаза напряжения **0,08 сек;**
 - фаза асинхронного сокращения **0,05 сек;**
 - фаза изометрического сокращения **0,03 сек;**
 - фаза изгнания крови **0,25 сек;**
 - фаза быстрого изгнания **0,12 сек;**
 - фаза медленного изгнания **0,13 сек.**
- **2. Диастола желудочков** **0,47 сек;**
 - протодиастолический период **0,04 сек;**
 - фаза изометрического расслабления **0,08 сек;**
 - фаза наполнения желудочков **0,25 сек;**
 - фаза быстрого наполнения **0,08 сек;**
 - фаза медленного наполнения **0,17 сек;**
 - пресистолический период **0,10 сек.**

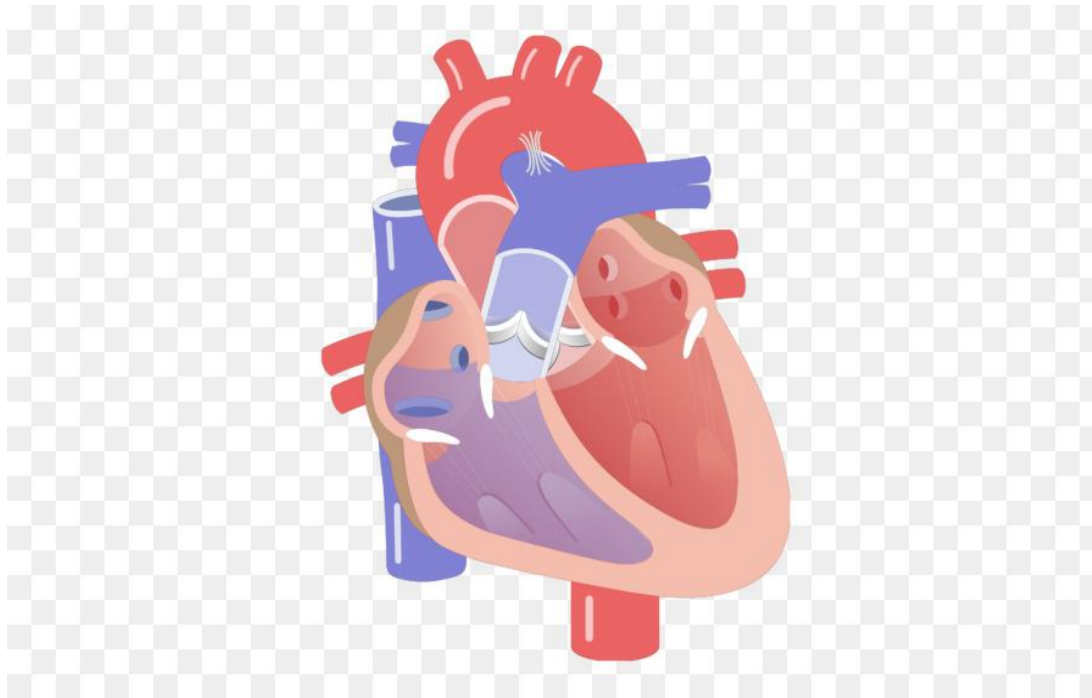
Давление в камерах сердца (при систолы).

- давление в правом предсердий-4-6мм.рт.ст
- давление в левом предсердий-5-8мм.рт.ст
- давление в провом желудочке-25-30мм.рт.ст
- давление в левом желудочке-120-130мм.рт.ст

Период напряжения(0.08с).

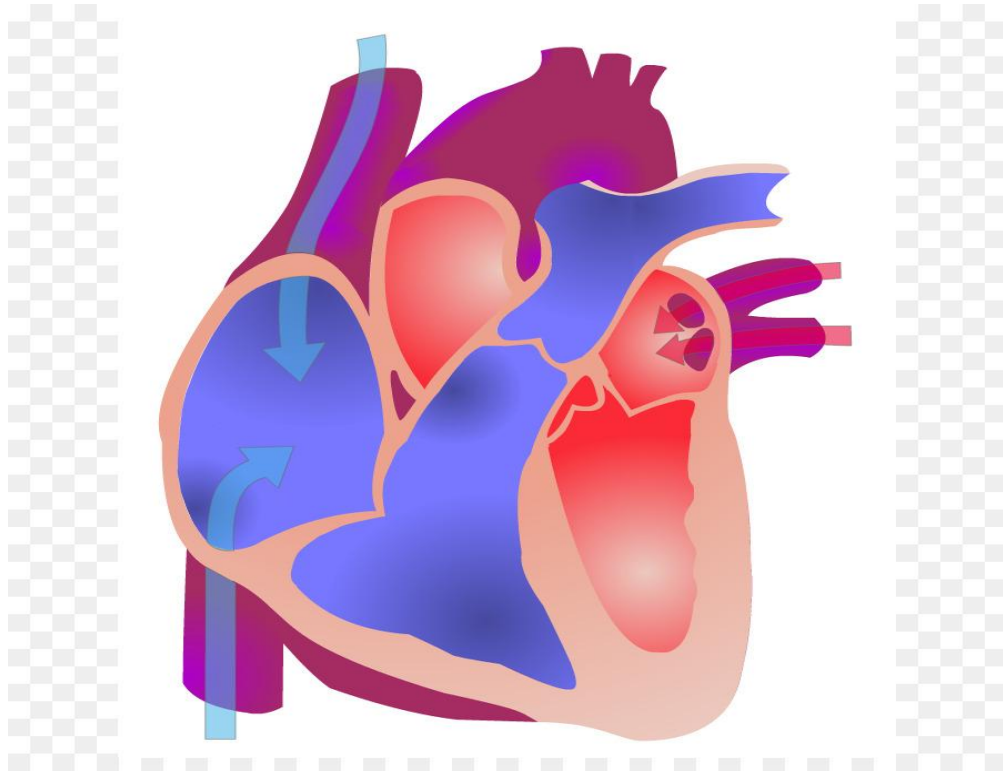
-фаза асинхронного сокращения-0.05с

-фаза изометрического сокращения-0.03с



Период изгнания крови.

- фаза быстрого изгнания крови-0.12с
- фаза медленного изгнания крови-0.13



Диастола желудочков(0.37).

- 1.Протодиастолический период(0.04).
- 2.Период изометрического расслабления(0.08).
- 3.Период наполнения кровью(0.35с).
 - фаза быстрого наполнения(0.08с).
 - фаза медленного наполнения кровью(0.17).
 - (-фаза наполнения кровью ,обусловленная систолой предсердия-0.1с)

Гемодинамика – раздел физиологии кровообращения, использующий законы гидродинамики, для исследования причин, условий и механизмов движения крови в сердечно-сосудистой системе.

Гемодинамика определяется двумя силами:

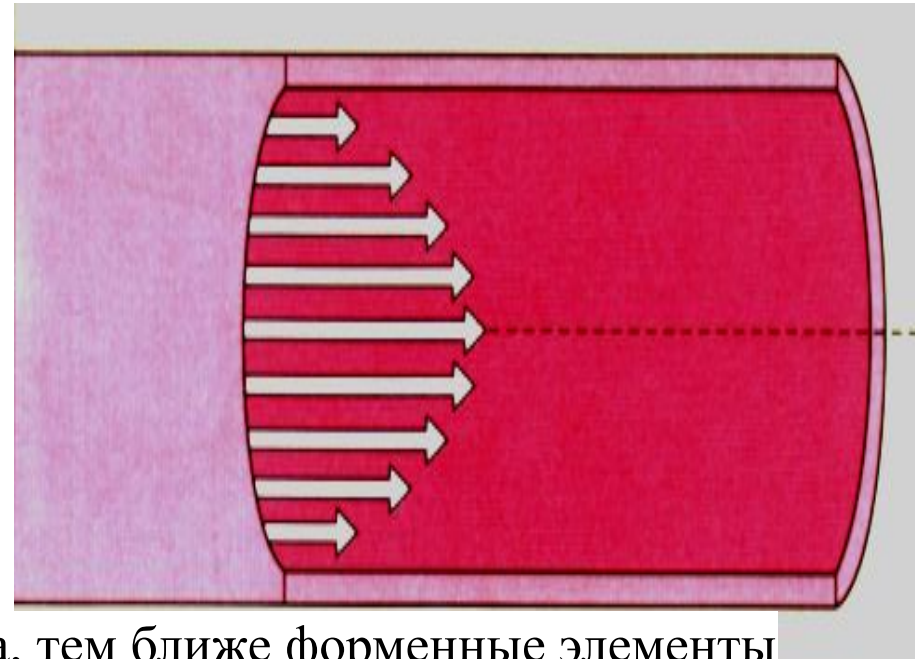
- *давлением*, оказывающим влияние на жидкость. Силой создающей давление в сосудистой системе является сердце. Движущей силой крови служит градиент давлений в начале и конце трубки;
- *сопротивлением*, которое жидкость испытывает при трении о стенки сосудов и вихревых движениях.

Движение крови в кровеносных сосудах

- **Ламинарное движение крови**

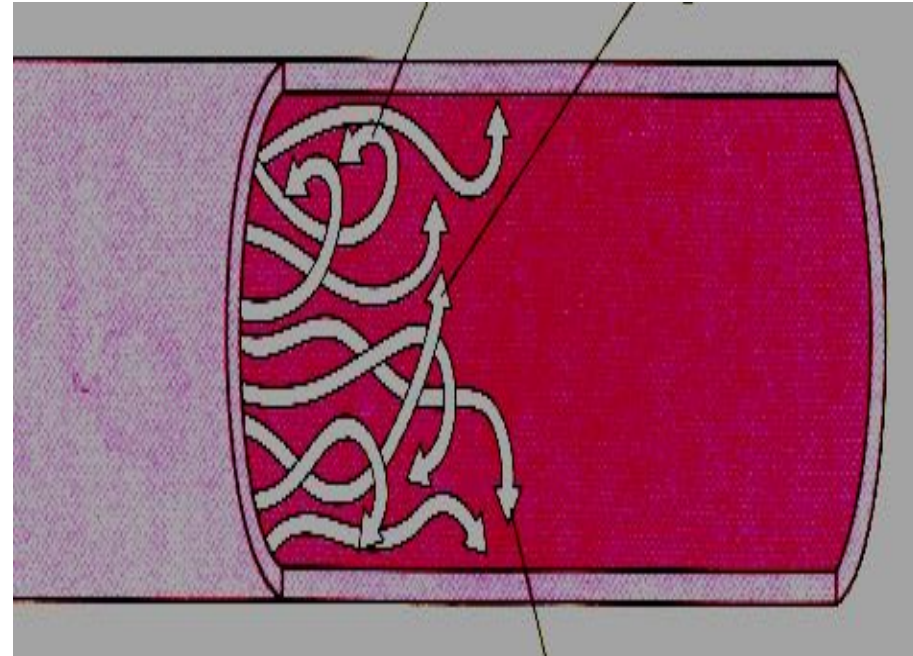
Почти во всех отделах сосудистой системы кровь движется цилиндрическими слоями.

Такое движение крови имеет название ламинарного. Форменные элементы крови составляют центральный, осевой поток, в котором эритроциты находятся в центре, а плазма движется возле сосудистой стенки. Чем более малый диаметр сосуда, тем ближе форменные элементы находятся к сосудистой стенке и тем более тормозится движение крови. Ламинарное движение бесшумно. Это основной способ движения крови.

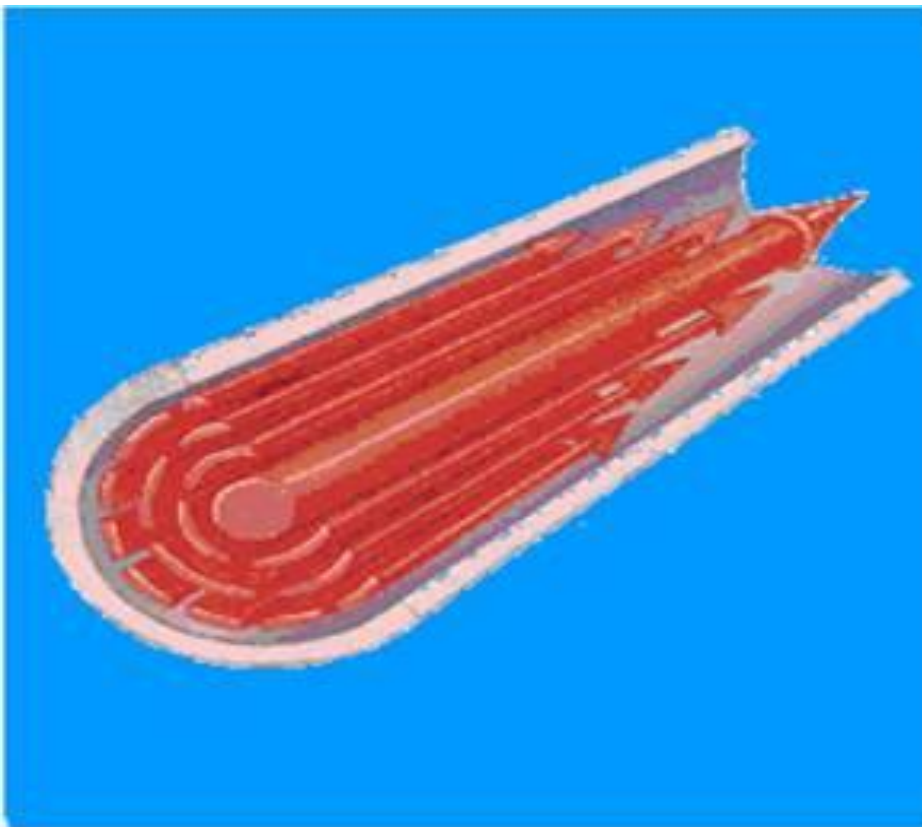


Движение крови в кровеносных сосудах

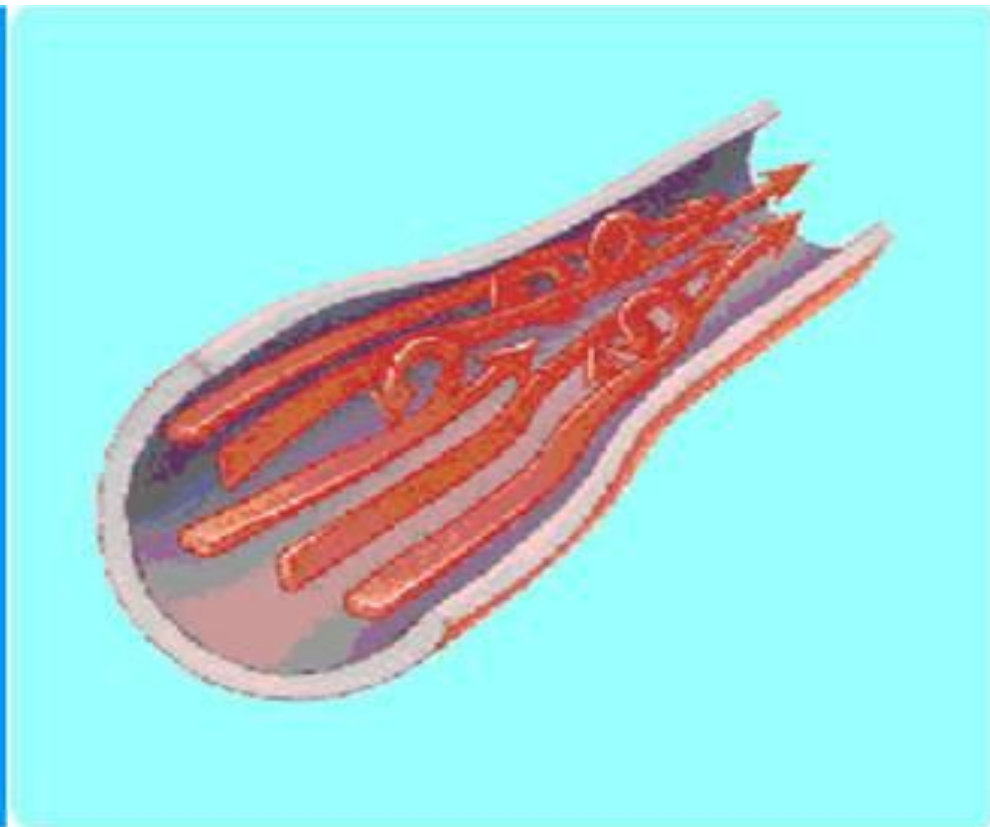
- **Турбулентное движение крови**
Кроме ламинарного движения крови существует еще и турбулентное движение с характерными завихрениями. Такое движение крови обычно возникает в местах разветвления или сужения артерий, в участках изгибов сосудов. Это создает дополнительное сопротивление для движения крови в сосудах.



Ламинарное движение крови



Турбулентное движение крови



Давление в *сосудистой* системе создается *работой сердца*, которое выбрасывает определенный *объем крови* в единицу времени. Поэтому в артериях давление максимальное.

Так как давление в месте впадения полых вен в сердце близко к 0, то уравнение гидродинамики относительно системного кровотока. Можно записать в виде: $Q = P/R$, или $P = Q \cdot R$, т.е. давление в устье аорты прямо пропорционально минутному объему крови и величине периферического сопротивления.

Сопротивление

Внутреннее обусловлено вязкостью крови, которая меняется в связи с уменьшением просвета сосудов: в капиллярах она наименьшая, в то время как в крупных сосудах (аорта, полые вены) - наибольшая.

Внешнее сопротивление зависит от просвета сосудов, длины, скорости движения крови. Общее сопротивление в сосудистой системе можно определить по формуле:

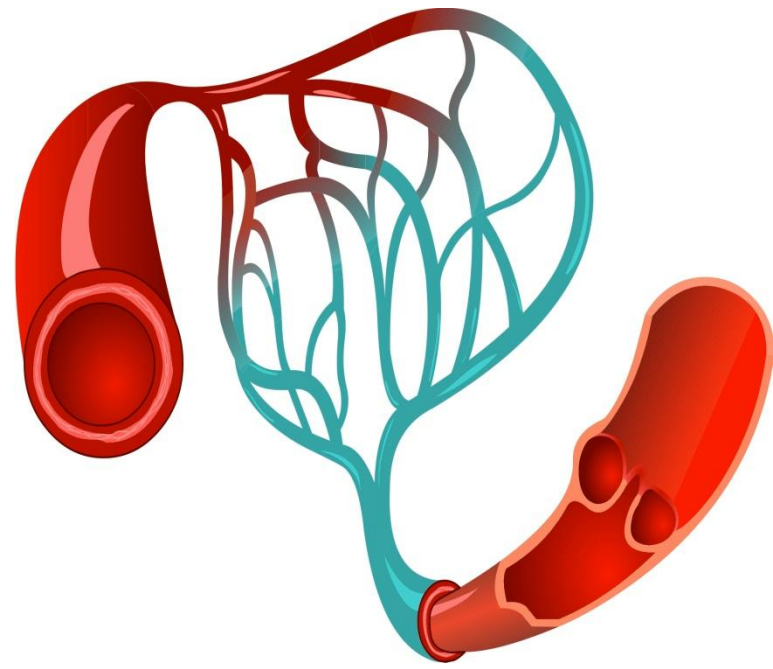
$$W = (P_1 - P_2) / Q$$

где P - давление крови в аорте, $(P_1 - P_2)$ – разница давлений крови между аортой и полыми венами, Q - объемная скорость.

Если учесть, что вязкость крови в капиллярах меняется, то для определения сопротивления в этой части сосудистого русла используется формула Пуазейля:

$W = 8 * l * h^2 / Pr^4$, где l - длина сосуда, h - вязкость крови, Pr^4 – суммарное сечение участка сосудистого русла.

Наибольшей величиной сопротивления должен обладать капилляр, диаметр которого самый маленький. Однако огромное количество капилляров включено в ток крови параллельно, поэтому их суммарное сопротивление меньше, чем суммарное сопротивление артериол. Пульсирующий ток крови, создаваемый работой сердца, выравнивается в кровеносных сосудах, благодаря их эластичности. Поэтому ток крови носит непрерывный характер.



Основные показатели гемодинамики

- Объёмная скорость кровотока
- Линейная скорость кровотока
- Скорость кругооборота крови

ОБЪЁМНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА

- объём крови, протекающий через суммарное поперечное сечение сосудов в единицу времени

$$Q = \frac{P_H - P_K}{R}$$

P_H и P_K - давление в начальном и конечном отделах системы кровообращения,

R - общее периферическое сопротивление

ОБЪЁМНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА

Давление,
мм рт. ст.

120
90
60
30
0

Количество крови, протекающей в единицу времени через кровеносную систему тем больше, чем больше разность давлений в её артериальных и венозных концах и чем меньше сопротивление току крови.



Объемную скорость кровотока отражает минутный объем кровообращения (МОК)

МОК – количество крови, которое выбрасывается сердцем за 1 минуту.

Он зависит от систолического объема (то количество крови, которое выбрасывается сердцем за одну систолу, от 40 до 70 мл) и от **частоты сердечных сокращений** (70-80 в минуту).

В связи с замкнутостью кровеносной системы объемная скорость кровотока во всех его отделах (всех артериях, всех капиллярах, всех венах) одинакова и составляет 4-6 л/ мин.

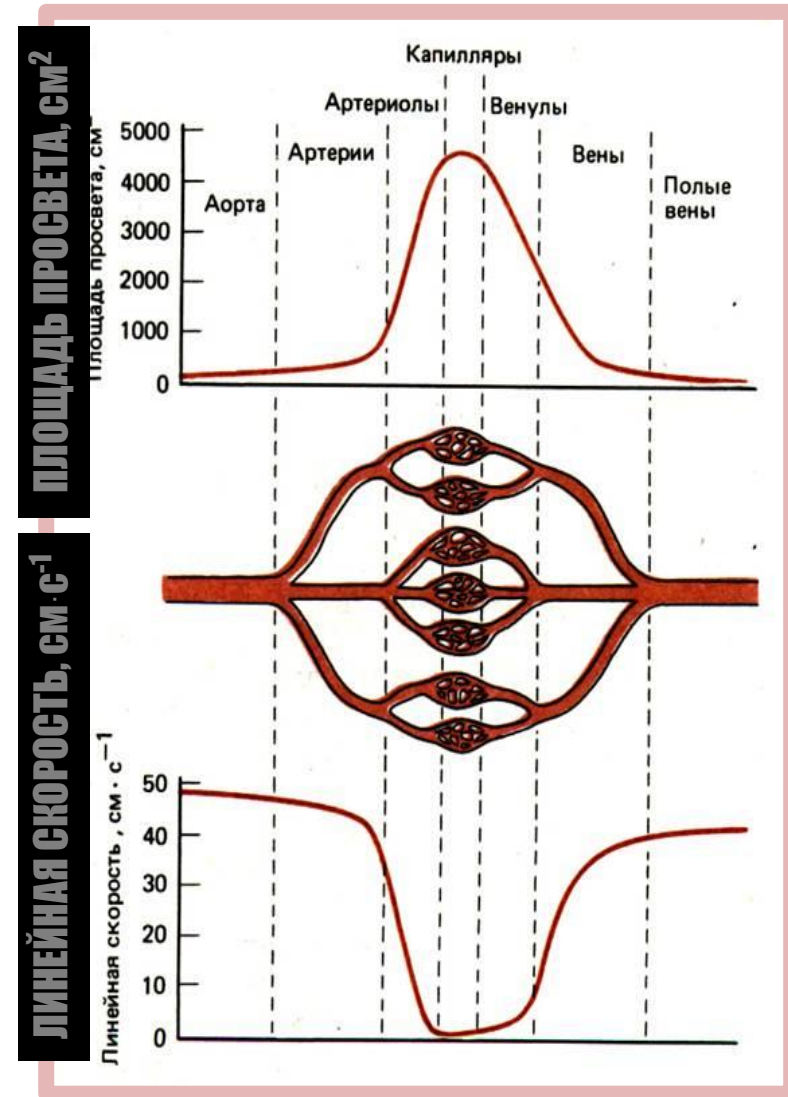
ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА

- путь, проходимый в единицу времени отдельными частицами крови

$$V = \frac{Q}{S}$$

Q - объёмная скорость кровотока, $\text{см}^3/\text{сек}$

S - общая площадь сечения сосудов, см^2



Линейная скорость кровотока

Линейная скорость кровотока – это *расстояние*, которое проходит *частица крови* за единицу времени, т.е. это скорость перемещения частиц вдоль сосуда при *ламинарном потоке*. Кровоток в сосудистой системе в основном носит *ламинарный* (слоистый) характер. При этом кровь движется отдельными слоями параллельно оси сосуда.

Линейная скорость *различна* для частиц крови, продвигающихся в *центре* потока и у сосудистой *стенки*. В центре она максимальная, а около стенки – минимальная. Это связано с тем, что на периферии особенно велико *трение частиц* крови о стенку сосуда.

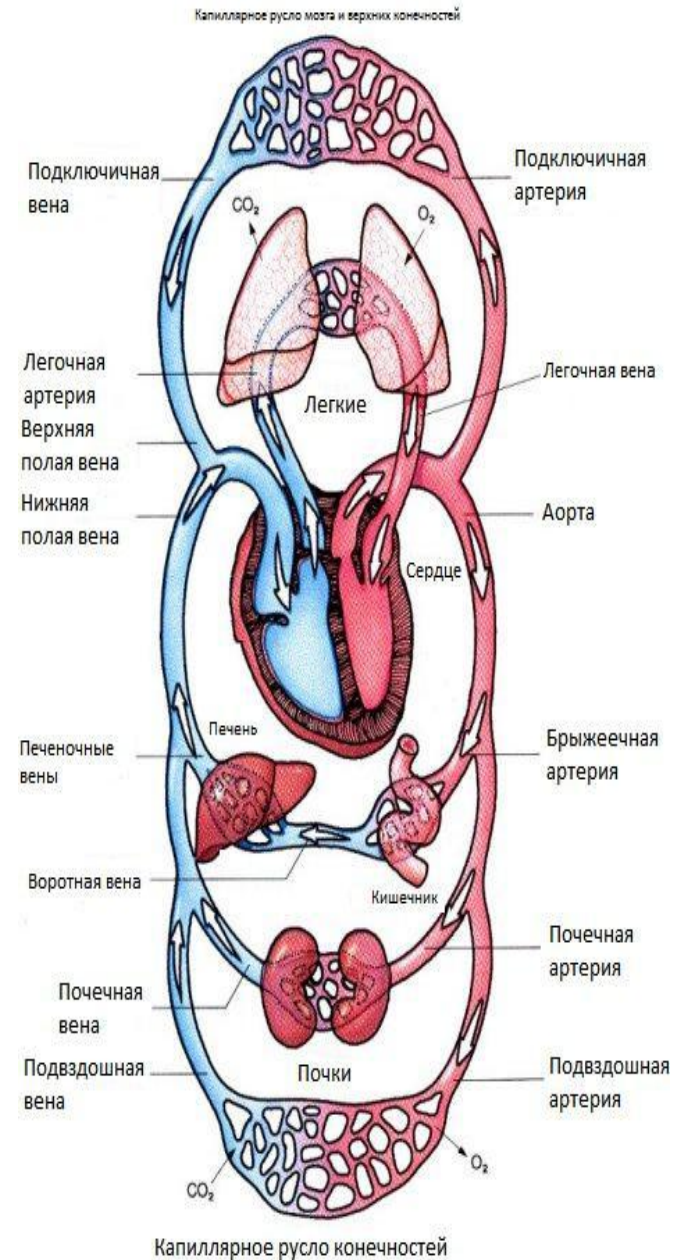
При переходе одного калибра сосуда к другому диаметр сосуда меняется, что приводит к изменению скорости течения крови и возникновению *турбулентных* (вихревых) движений. Переход от ламинарного типа движения к турбулентному ведет к значительному росту сопротивления.

Линейная скорость также *различна* для *отдельных участков* сосудистой системы и *зависит* от *суммарного поперечного сечения* сосудов данного калибра. Она прямо пропорциональна объемной скорости кровотока и обратно пропорциональна площади сечения кровеносных сосудов: $V = Q/\pi r^2$. Поэтому линейная скорость *меняется* по ходу сосудистой системы.

Так, в **аорте** она равна **50-40 см/с**; в **артериях** – 40-20; **артериолах** – 10-0,1; **капиллярах** – 0,05; **венулах** – 0,3; **венах** – 0,3-5,0; в **полых венах** – 10-20 см/с. В *венах* линейная скорость кровотока *возрастает*, так как при слиянии вен друг с другом суммарный *просвет* кровеносного русла *суживается*.

Скорость кругооборота крови

Скорость **кругооборота** **крови** характеризуется *временем*, в течение которого *частица крови* пройдет *большой* и *малый* круги кровообращения. В среднем, это происходит за 20-25 с.



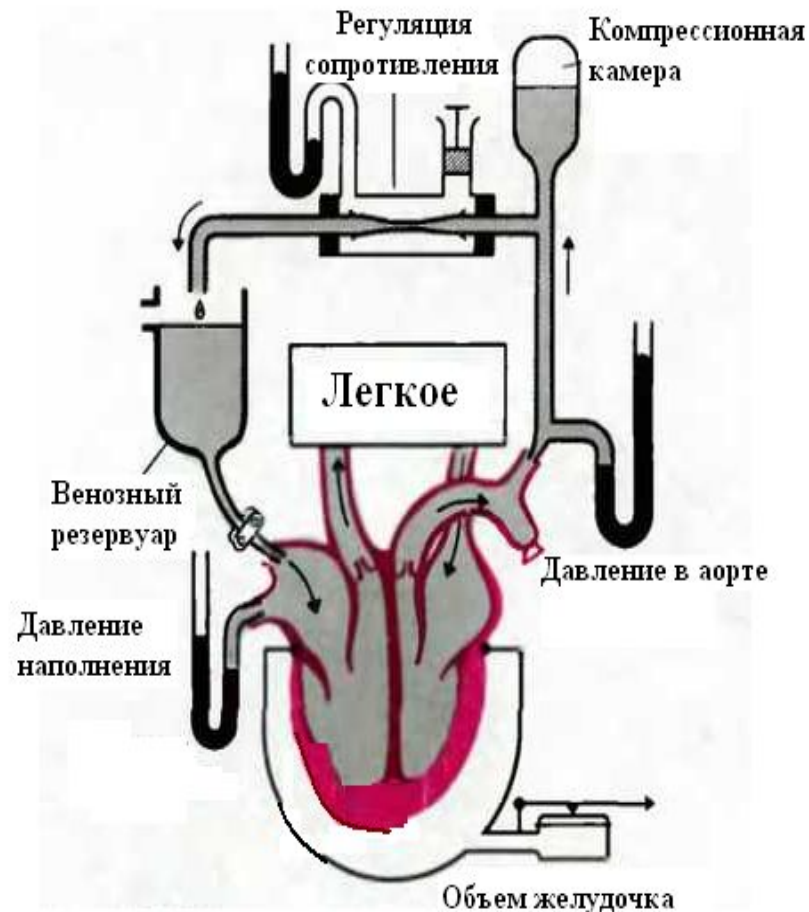
Законы сердечной деятельности

Закон сердечного волокна, или закон О. Франка - Э. Старлинга, гласит, что «чем больше растянуто сердечное мышечное волокно, тем сильнее оно сокращается». Другими словами, чем больше в сердце скапливается крови во время диастолы, тем сильнее растягивается сердечная мышца и тем энергичнее она сокращается при следующей систоле.

Закон Франка-Старлинга

Франк опытами на сердце лягушки установил, что работа желудочка возрастет при увеличении давления физраствора, который растягивает полость желудочка. Старлинг на изолированном сердце собаки показал, что чем больше желудочки растягиваются кровью во время диастолы, тем сильнее их сокращение в следующую систолу.

Схема сердечно-легочного препарата по Старлингу



Суть закона Франка-Старлинга

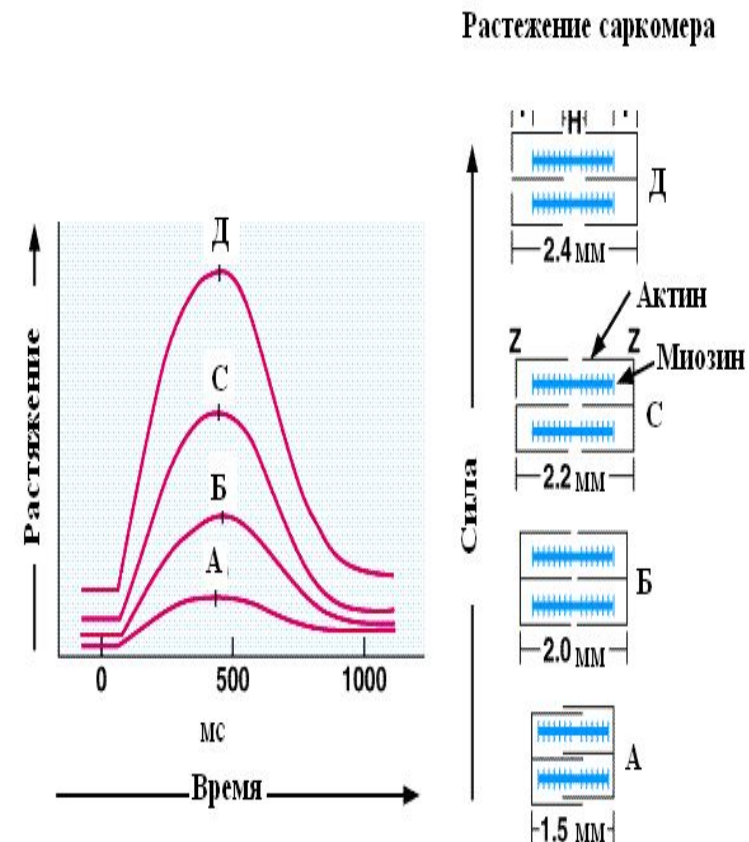
Отсюда был выведен "закон сердца" (закон Франка-Старлинга или гетерометрический механизм регуляции): сила сокращения волокон миокарда зависит от их конечно-диастолической длины.

Из закона сердца следует, что увеличение заполнения сердца кровью ведет к росту силы сердечных сокращений. Уменьшение силы сокращения миокарда наблюдается при его растяжении больше чем на 25 % исходной длины.

В здоровом сердце такого растяжения не происходит (только на 15-20 %).

Гетерометрический механизм регуляции не является единственным механизмом саморегуляции работы сердца. В ходе сердечной деятельности в волокнах миокарда возникают изменения сократительности не обусловленные увеличением конечно-диастолической длины. Эти изменения сократительности названы гомеометрической регуляцией.

Закон Франка-Старлинга



Закон сердечного ритма, или рефлекс Ф. Бейнбриджа, гласит, что «при повышении кровяного давления в устьях полых вен происходит рефлекторное увеличение частоты и силы сердечных сокращений».

Проявление этого рефлекса связано с возбуждением механорецепторов правого предсердия в области устья полых вен повышенным давлением крови, возвращающейся к сердцу. Импульсы от механорецепторов по афферентным нервам поступают в сердечно-сосудистый центр продолговатого мозга, где снижают активность ядер блуждающих нервов и усиливают влияние симпатических нервов на деятельность сердца, что обуславливает увеличение частоты и силы сердечных сокращений. Закон О. Франка - Э. Старлинга и рефлекс Ф. Бейнбриджа, как правило, проявляются одновременно. Их относят к механизмам саморегуляции, обеспечивающим приспособление работы сердца к изменяющимся условиям существования.



Диагностика сердечной деятельности. Аускультация

Тоны сердца:

1)Систолический

2)Диастолический

Происхождение тонов сердца

- **В норме закрытие клапанов сердца сопровождается звуковыми явлениями, открытие происходит бесшумно.**
- **У здорового человека в большинстве случаев выслушиваются 2 тона сердца, в 10% случаев, особенно у детей, 3 тона.**

Компоненты I тона сердца

- 1. Сокращение предсердий.**
- 2. Закрытие створок митрального и трикуспидального клапанов (самый звучный компонент)**
- 3. Сокращение мышц желудочков.**
- 4. Вибрация стенок аорты и лёгочной артерии в систолу при выбросе в них крови.**

Происхождение II тона сердца

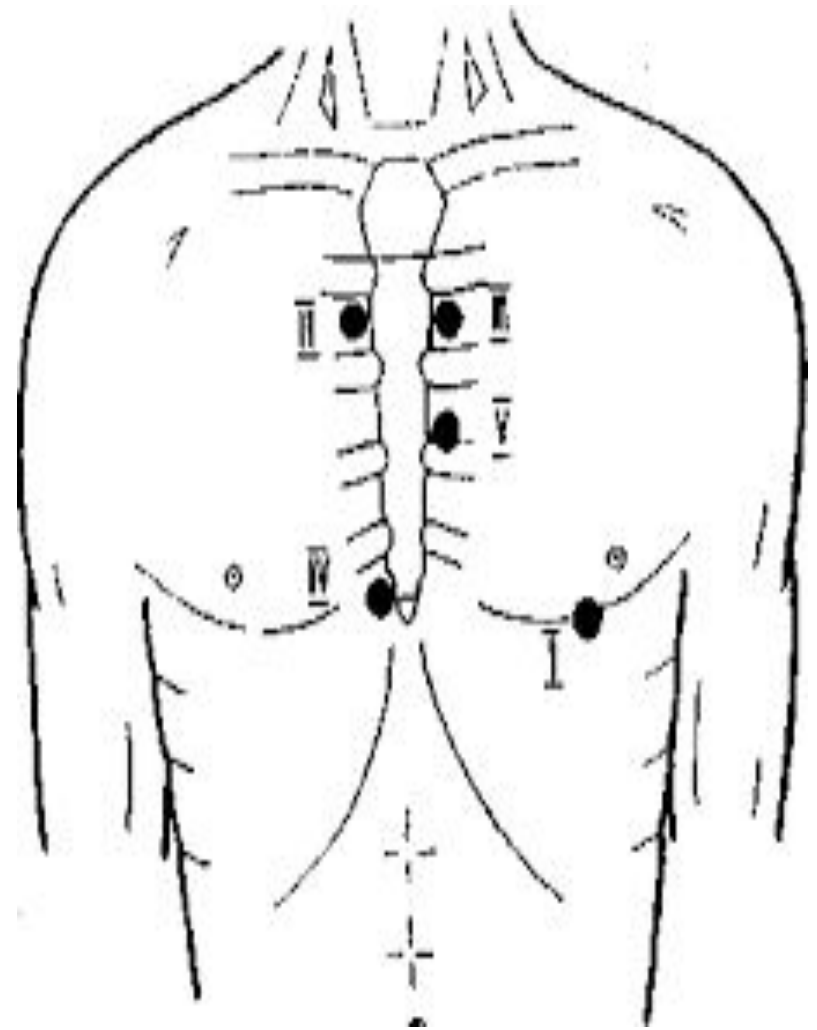
- 1. Закрытие створок клапанов аорты и лёгочной артерии.**
- 2. Сосудистый компонент (колебание стенок этих сосудов)**

Происхождение III тона

Вибрация стенок желудочков в диастолу в фазу быстрого наполнения (в 200 раз слабее 2-го тона, возникает через 0,12-0,16 сек. после 2 тона)

Точки аускультации сердца

- I. Митральный клапан (МК) –
верхушечный толчок или
левая граница относительной
сердечной тупости**
- II. Аортальный клапан (АК) – 2-
ое м/р справа от грудины**
- III. Клапан лёгочной артерии (ЛА)
– 2-ое м/р слева от грудины**
- IV. Трикуспидальный клапан (ТК)
– основание мечевидного
отростка**
- V. Точка Боткина-Эрба –
дополнительная точка
выслушивания аортального
клапана. Уровень
прикрепления хрящей 3 и 4
ребер к левой стороне грудины**



Отличия тонов между собой

- I тон (систолический) выслушивается после длинной паузы сердца, более низкий и продолжительный(0,09-0,12)
- II тон (диастолический) – после короткой паузы сердца, более высокий и менее продолжительный(0,05-0,07)
- I тон лучше выслушивается (преобладает) на МК и ТК, II тон – на АК и ЛА (основании сердца).
- I тон совпадает с верхушечным толчком и пульсацией сонных артерий

Спасибо за внимание!