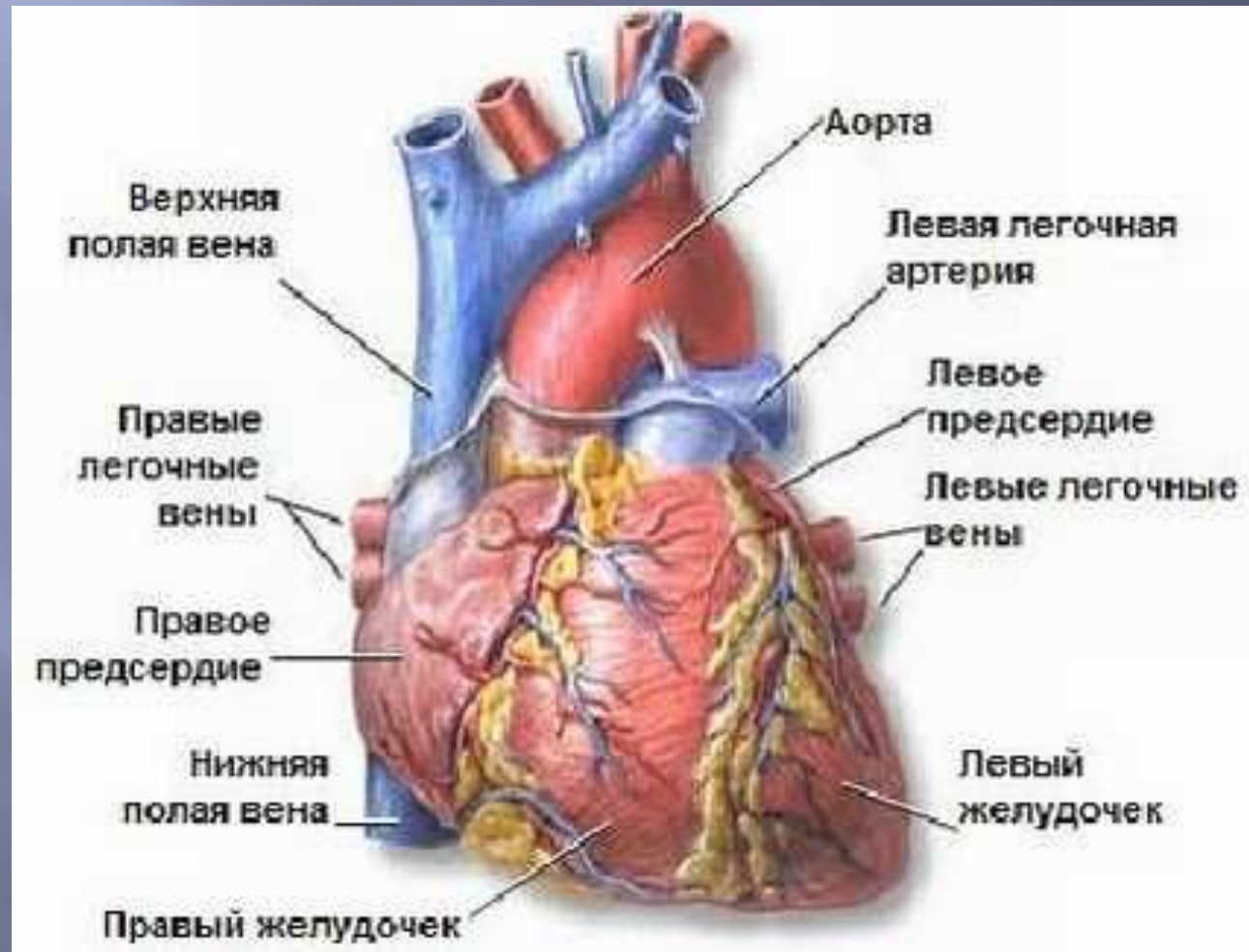


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего и профессионального образования
Сибирский федеральный университет
кафедра медицинской биологии

Физиология
сердечно-сосудистой системы.
Кровообращение.

Красноярск
2016

Строение сердца



Функции перикарда

- ▣ Защитная
- ▣ Предотвращает перерастяжение сердца
- ▣ Основа для крупных сосудов

Расположение сердца

- ▣ Верхняя граница – хрящ 3-го правого ребра
- ▣ Верхушка сердца – 5-ое левое межреберье

Клапаны сердца

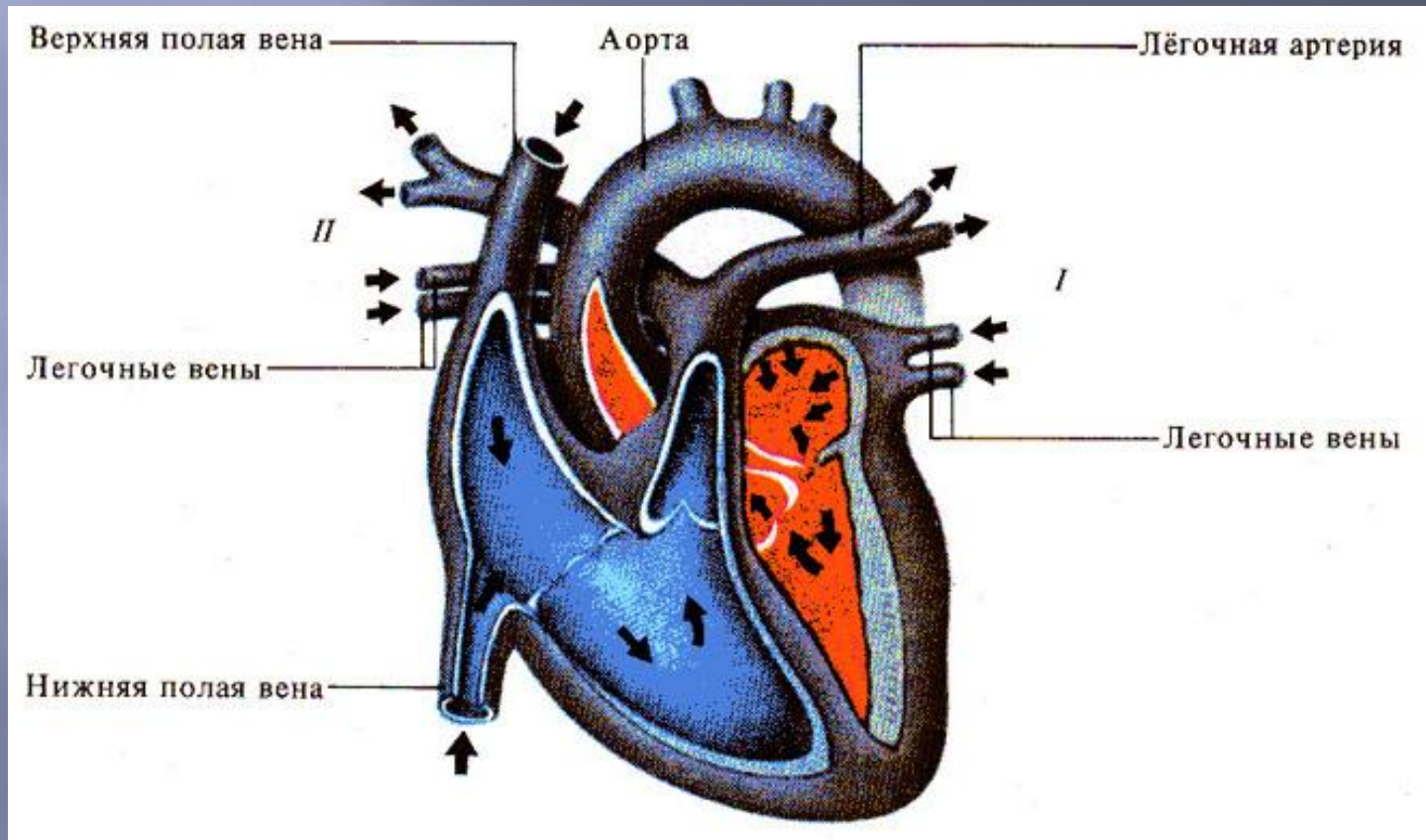
■ Створчатые:

- левое предсердие/левый желудочек —
двустворчатый (митральный),
- правое предсердие/правый желудочек —
трехстворчатый

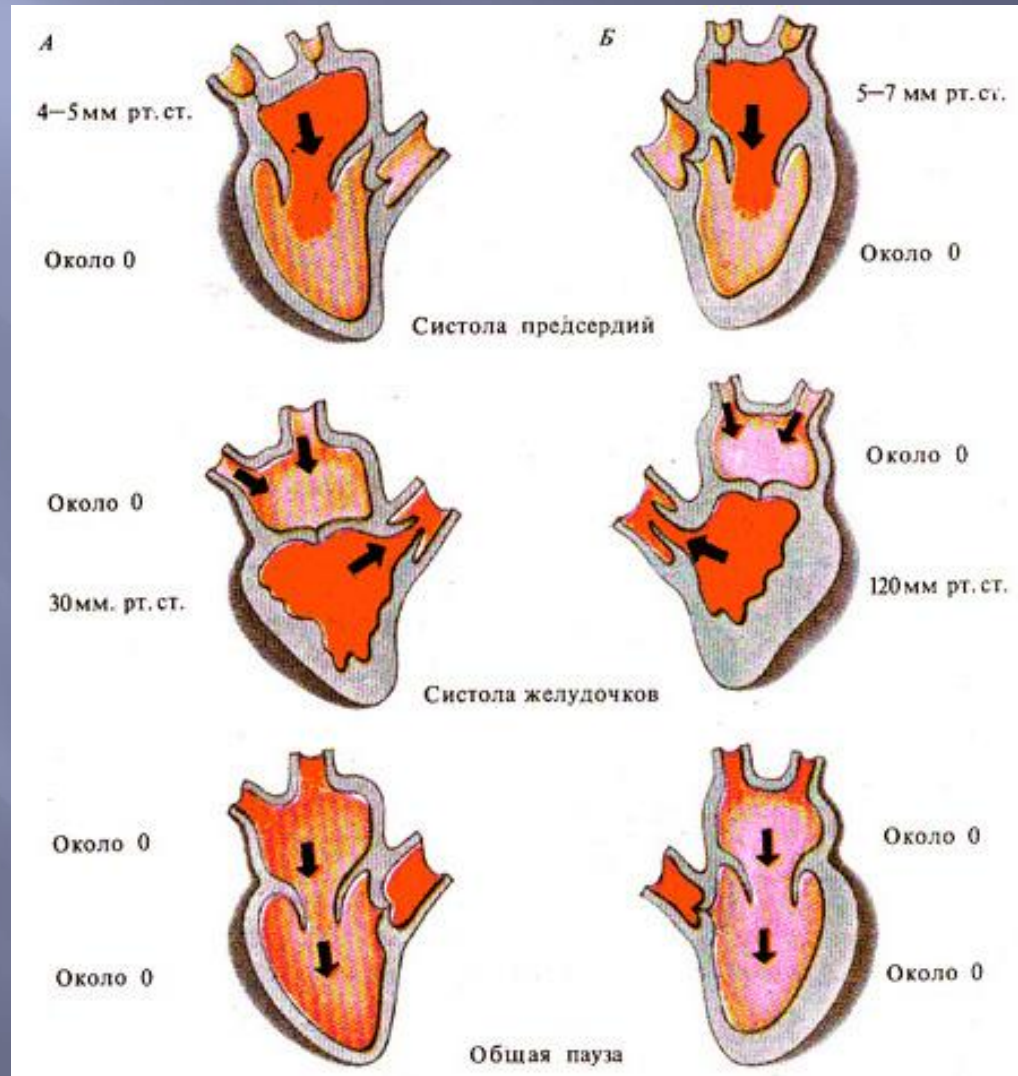
■ Полулунные:

- левый желудочек/аорта — аортальный,
- правый желудочек/легочная артерия — клапан легочной артерии

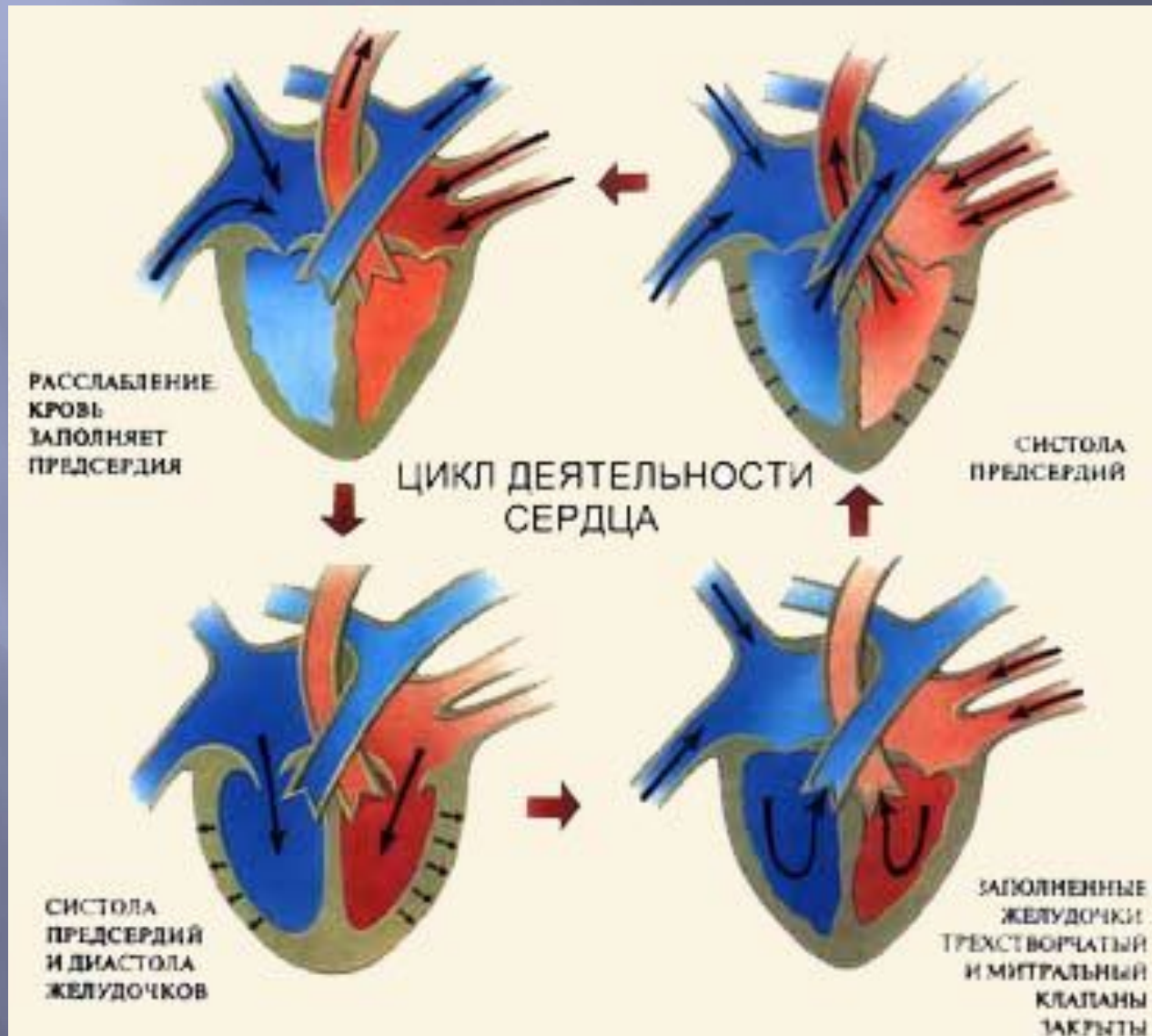
Ток крови через сердце



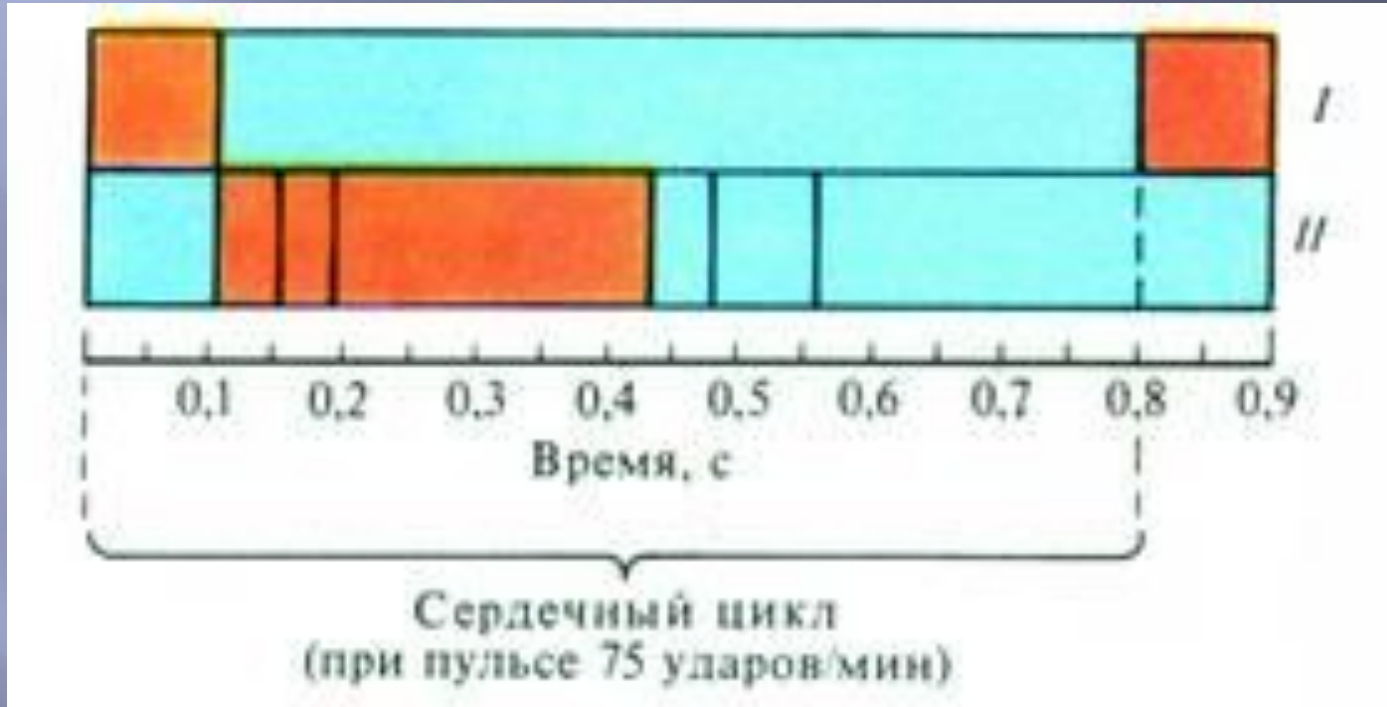
Фазы сердечного цикла



Фазы сердечного цикла



Фазы сердечного цикла



Фазы сердечного цикла (при пульсе 75 ударов/мин): I - предсердия, II - желудочки.

Красный цвет - систола, голубой - диастола.

Сердечный цикл складывается из систолы предсердий, продолжающейся 0,1 с, систолы желудочков (0,33-0,35 с) и общей паузы (0,4 с).

Фазы сердечного цикла

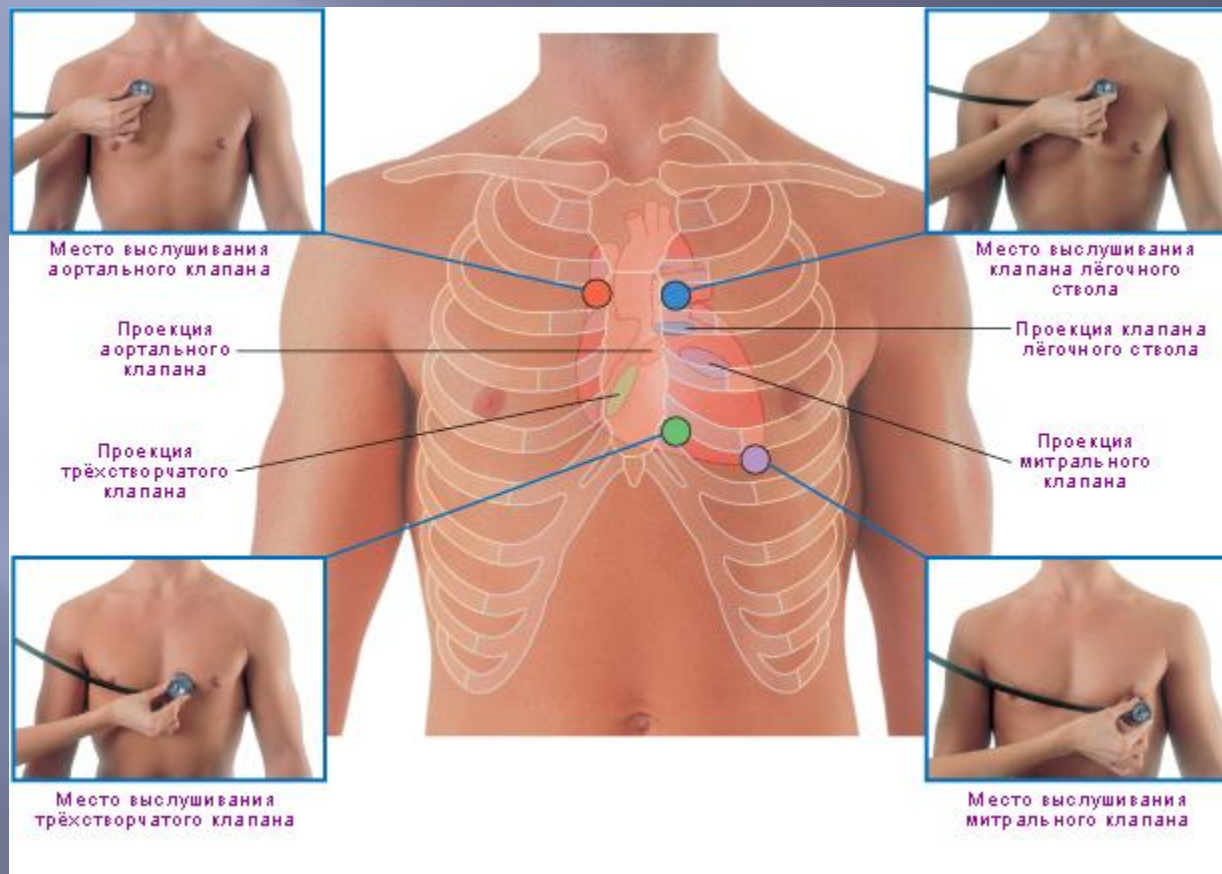
- ▣ Систола предсердий – 0,1с
- ▣ Систола желудочков:
 - 1) фаза асинхронного сокращения – 0,05с – в процесс сокращения последовательно вовлекаются волокна миокарда, в конце этой фазы закрываются атриовентрикулярные клапаны
 - 2) фаза изометрического сокращения – 0,03с – сокращается весь миокард желудочков
 - 3) фаза быстрого изгнания – 0,12с
 - 4) фаза медленного изгнания – 0,13с
- ▣ Диастола:
 - 1) протодиастолический период – 0,04с - время от начала расслабления желудочков до закрытия полулунных клапанов аорты и легочной артерии (время, затрачиваемое на закрытие полулунных клапанов)
 - 2) изометрический период расслабления – 0,08с
 - 3) период наполнения

Тоны сердца

- ▣ I – соответствует систоле желудочков; низкий, длительный.
- ▣ II – начало диастолы желудочков – захлопывание полулунных клапанов; высокий, звонкий, короткий.
- ▣ III – протодиастолический тон – обусловлен колебаниями стенок желудочков, появляющимися при быстром их наполнении кровью во время диастолы сердца.
- ▣ IV – пресистолический – обусловлен колебаниями, появляющимися при наполнении желудочков кровью во время систолы предсердий, возникает в конце диастолы, перед первым тоном (в пресистоле).

Основные тоны сердца – I и II.

Аускультация сердца



Аускультация сердца

- Местом выслушивания двухстворчатого клапана служит область верхушечного толчка, т. е. V межреберье на расстоянии 1-1,5 см кнутри от левой срединно-ключичной линии; клапана аорты - II межреберье справа у края грудины, а также 5-я точка Боткина - Эрба (место прикрепления III-IV ребра к левому краю грудины); клапана легочной артерии - II межреберье слева у края грудины; трехстворчатого клапана - нижняя треть грудины, у основания мечевидного отростка.

Свойства сердечной мышцы

- Автоматия
- Возбудимость
- Проводимость
- Сократимость

Узлы автоматии (водители ритма, пейсмекеры)

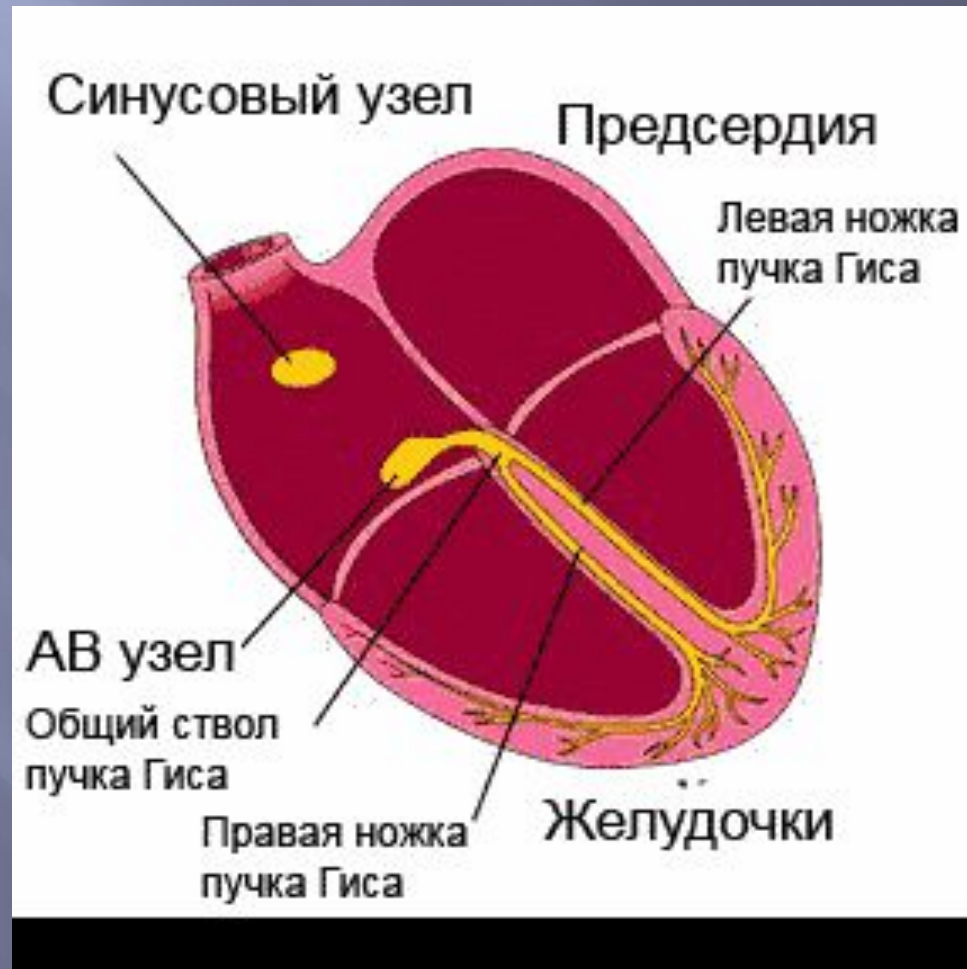
I Сино-атриальный (синусно-предсердный) - (узел Киса-Флека)

II Атриовентрикулярный (предсердно-желудочковый)
- (узел Ашоффа–Тавара)

III Пучок Гиса, ножки Гиса

IV Волокна Пуркинье

Проводящая система сердца



Градиент автоматии

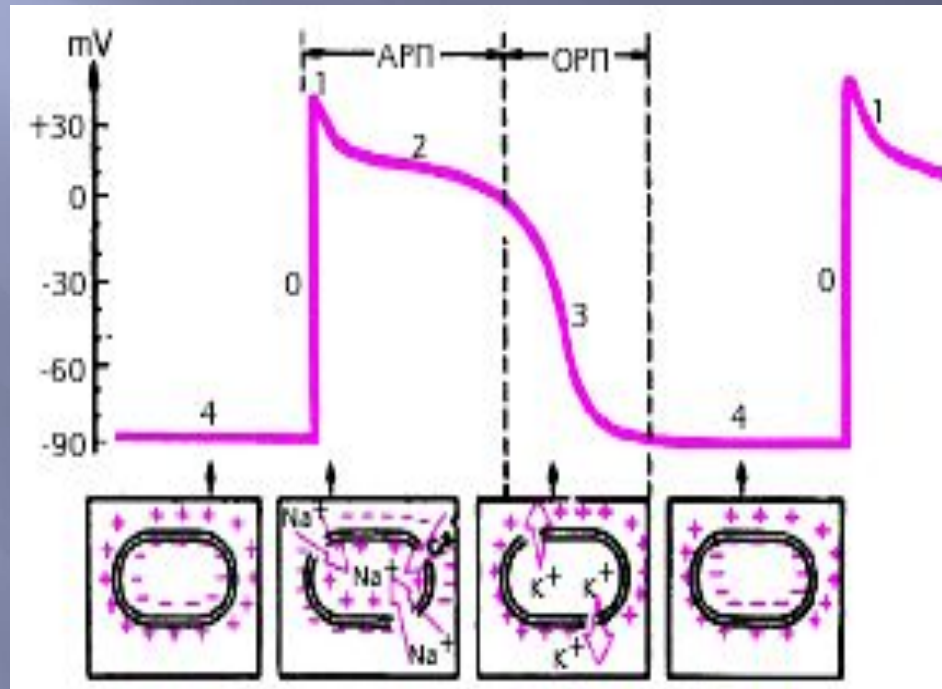
Синоатриальный узел генерирует потенциалы действия с частотой 60-80 импульсов в минуту, атриовентрикулярный – 40-60, пучок Гиса – 20-40, а волокна Пуркинье – не более 20 ударов в минуту.

Собственная нервная система сердца - метасимпатическая

- ▣ Клетки Догеля

Особенности потенциала действия мышечной клетки сердца

Потенциал действия клетки миокарда



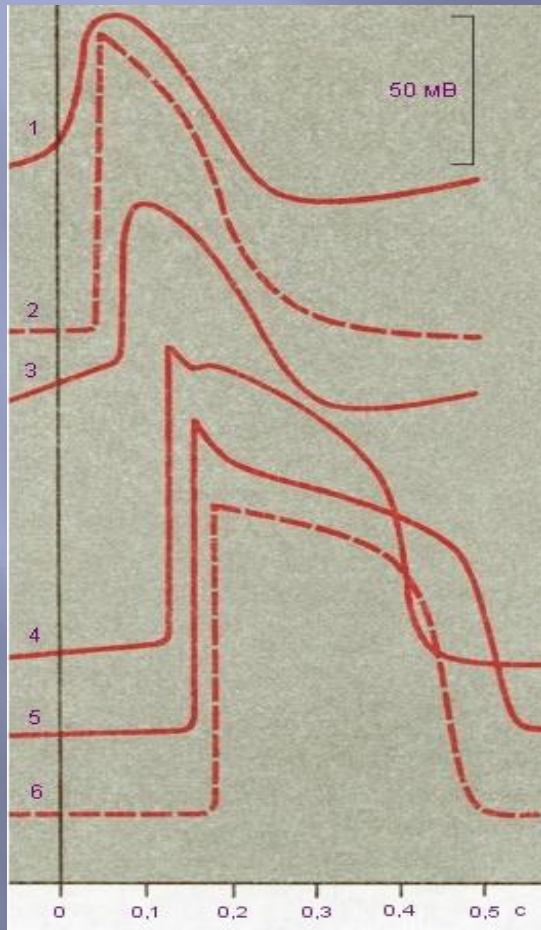
АРП – абсолютный рефрактерный период

ОРП – относительный рефрактерный период

Общая физиология возбудимых тканей

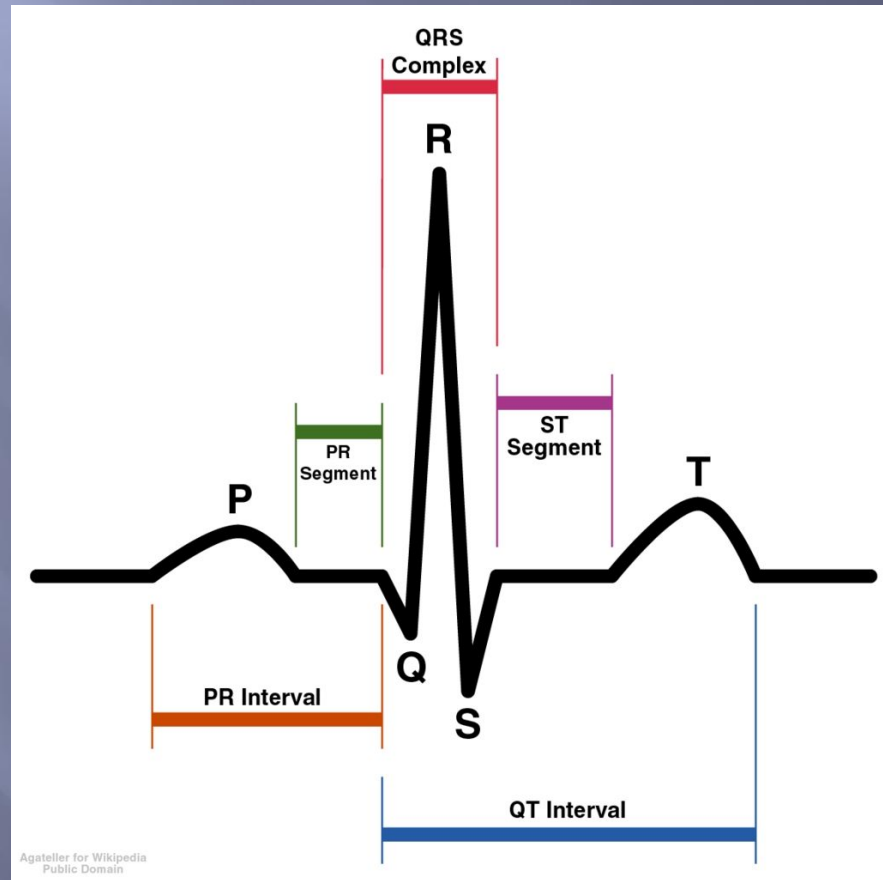
Особенности потенциала действия мышечной клетки сердца

Потенциалы действия различных клеток сердца

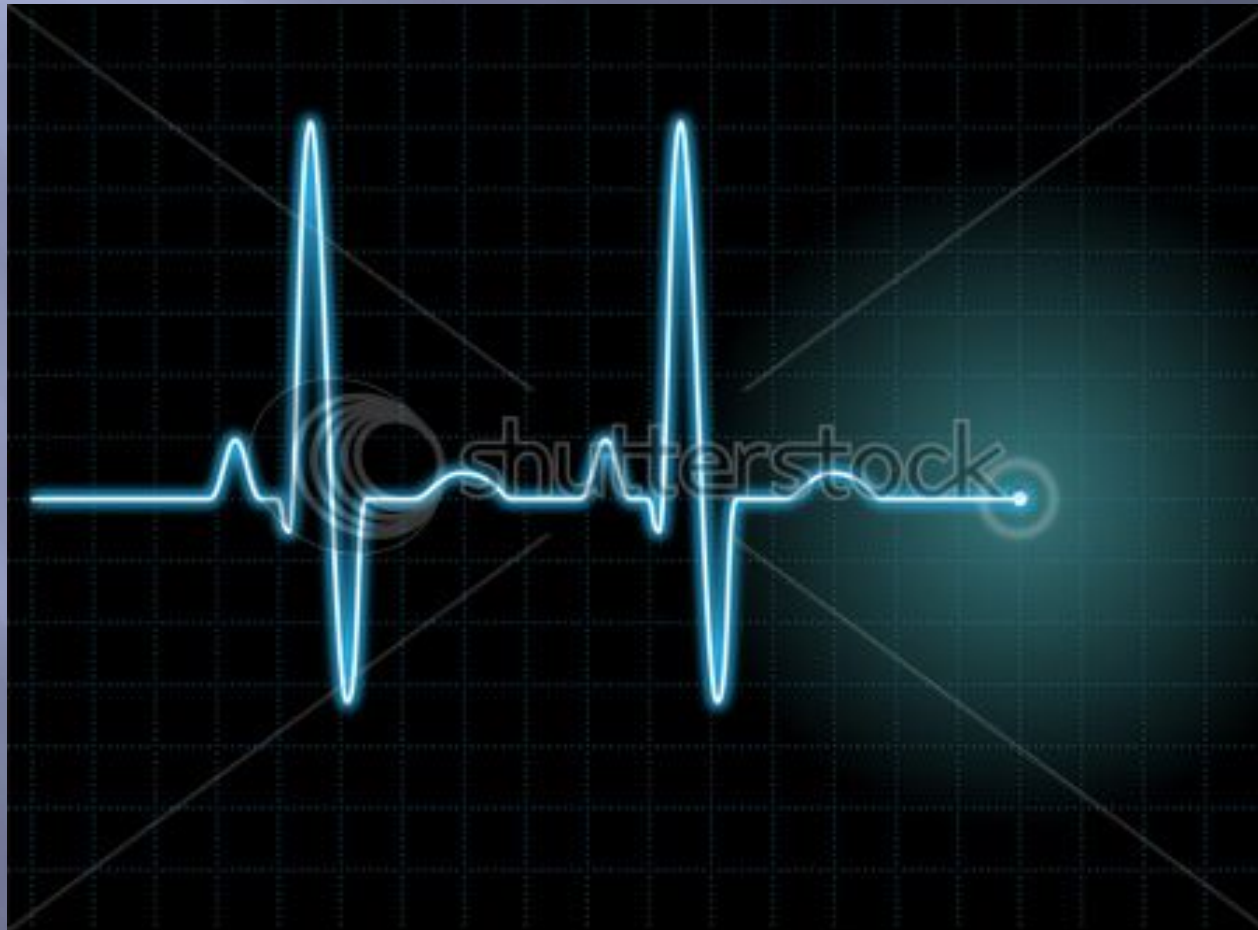


Калибровочный сигнал - 50 мВ, 1 - потенциал действия синоатриального узла (узел Киса-Флека), 2 - потенциал действия клеток миокарда предсердий (межузловые проводящей системы сердца), 3 - потенциал действия клеток атриовентрикулярного узла (узел Ашоффа-Тавары), 4 - потенциал действия клеток пучка Гиса, 5 - потенциал действия волокон Пуркинье, 6 - потенциал действия сократительных клеток мышцы желудочков.

Электрокардиограмма



Электрокардиограмма



www.shutterstock.com · 2434416

Показатели работы сердца

У молодых здоровых людей частота сердечных сокращений (ЧСС) составляет 60 – 80 ударов в минуту. ЧСС менее 60 ударов в минуту называется **брадикардией**, а более 80 – **тахикардией**.

При каждом сокращении сердца человека левый и правый желудочки сердца человека изгоняют в аорту и легочные артерии примерно 60 – 80 мл крови. Этот объем называется систолическим (СО) или **ударным объемом крови (УОК)**. Умножив УОК на ЧСС, можно вычислить **минутный объем крови (МОК)**, который составляет в среднем 4,5 – 5 л.

Показатели работы сердца

Артериальное давление. Уровень кровяного и в частности артериального давления зависит от нагнетающей силы сердца, сопротивления сосудов, объема крови. В разные фазы сердечного цикла давление будет разным. Выделяют систолическое давление, т.е. давление крови во время систолы желудочков сердца, и диастолическое, т.е. давление крови во время диастолы желудочков (характеризует степень тонуса артериальных стенок). Систолическое давление всегда превышает диастолическое. Разницу между систолическим и диастолическим давлением называют пульсовым давлением.

Среднединамическое давление (показатель согласованности регуляции сердечного выброса и периферического сопротивления) равняется сумме диастолического и $1/3$ пульсового давления

Законы сердца

Закон Франка - Старлинга

(гетерометрический механизм регуляции)

- *Сила сердечных сокращений зависит от исходной длины мышечных волокон перед началом их сокращений: чем больше растянуто мышечное волокно, тем сильнее оно сокращается.*

Законы сердца

Гомеометрический механизм регуляции

- Изменение силы сокращения возможно без изменения длины волокна миокарда

1. Эффект Анрепа:

- сила сердечного сокращения пропорциональна сопротивлению (давлению) в артериальной системе (на выходе из желудочков) - чем больше давление, тем больше сила сердечных сокращений.

2. Лестница Боудича:

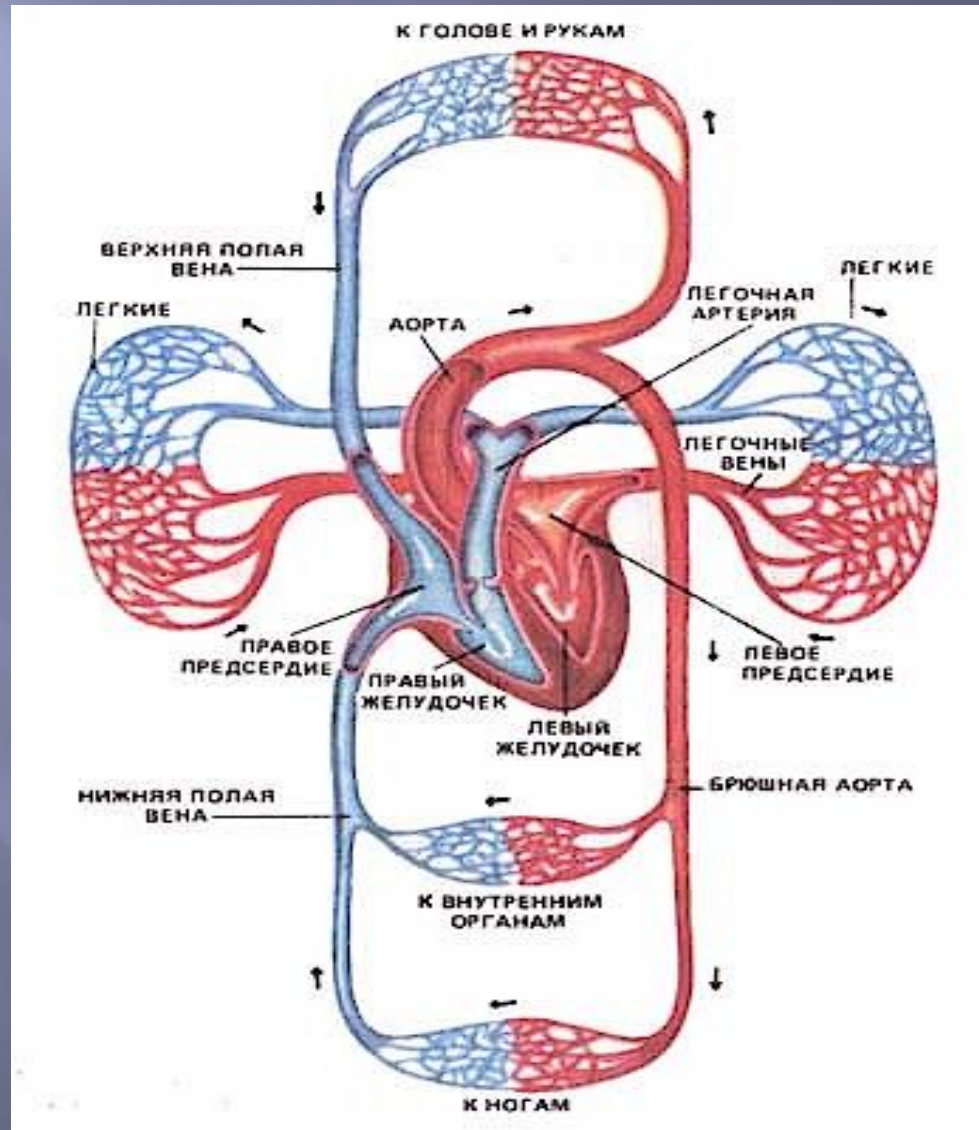
- при повторных электрических раздражениях остановленного сердца происходит постепенное повышение концентрации ионов кальция внутри клетки, вследствие чего сила каждого последующего сокращения постепенно возрастает до тех пор, пока сокращения не достигнут максимальной величины.

Законы сердца

Закон «все или ничего»

- При действии подпорогового раздражителя - нет видимой реакции. При действии порогового раздражителя сердечная мышца реагирует максимально, и при дальнейшем увеличении силы ответная реакция не меняется.

Круги кровообращения



Круги кровообращения

- ▣ Большой круг кровообращения – открыт Уильямом Гарвеем в 1685 г.
- ▣ Малый круг кровообращения – открыт Мигелем Серветом в 1553 г.

Сравнение структуры и функций артерий, вен и капилляров

<i>Артерии</i>	<i>Капилляры</i>	<i>Вены</i>
Несут кровь от сердца	Соединяют артерии с венами. Служат местом обмена веществами между кровью и тканями	Несут кровь к сердцу
Средний слой стенки толстый, состоит из эластических и мышечных волокон	Средний слой отсутствует. Стенки состоят только из эндотелия	Средний слой характеризуется слабым, средним или сильно развитым мышечным слоем (у разных типов вен). Эластические волокна немногочисленны
Полулунные клапаны отсутствуют	Полулунные клапаны отсутствуют	По всей длине имеются полулунные клапаны, препятствующие обратному току крови
Давление крови высокое и пульсирующее	Давление крови понижающееся, непульсирующее	Давление крови низкое, непульсирующее
Кровь течет быстро	Течение крови замедляется	Кровь течет медленно
Кровь оксигенированная, за исключением легочных артерий	Смешанная оксигенированная и дезоксигенированная кровь	Кровь дезоксигенированная, за исключением легочных вен

Кровеносные сосуды

- Магистральные
- Резистентные (сосуды сопротивления, краны сосудистой системы)
- Обменные
- Шунтирующие (артериально-венозные анастомозы)
- Емкостные

Капилляры. Транскапиллярный обмен (гистогематические барьеры)

- ▣ Движение жидкости через стенку капилляра за счет разности гидростатического давления крови и гидростатического давления окружающих тканей, а также под действием разности осмотического и онкотического давления крови и межклеточной жидкости.

Время полного кругооборота крови

Время полного кругооборота крови у человека составляет в среднем 27 систол сердца. При частоте сердечных сокращений 70–80 в минуту кругооборот крови происходит приблизительно за 20–23 с, однако скорость движения крови по оси сосуда больше, чем у его стенок. Поэтому не вся кровь совершает полный кругооборот так быстро и указанное время является минимальным.

Скорость кровотока

Объемная скорость кровотока (Q) зависит от разности давлений в начале и конце трубки ($P_1 - P_2$) гидродинамического сопротивления в каждой трубке (R), длины (L) и радиуса (r) трубки, а так же от вязкости крови – η .

$$Q = (P_1 - P_2) / R, \text{ тогда как } R = 8L\eta / \pi r^4$$

Линейная скорость кровотока прямопропорциональна объемной скорости кровотока (Q) и обратнопропорциональна площади поперечного сечения сосуда (S):

$$v = Q / S$$

Скорость движения крови в разных частях сосудистого русла

- Скорость движения крови в разных сосудах различается.
- Быстрее всего кровь движется в аорте, где скорость может достигать 50–70 см/с.
- Скорость движения крови в артериях – от 40 до 10 см/с, в артериолах (тонкие артерии) – 10–0,1 см/с, в капиллярах – меньше 0,1 см/с, венолах (тонкие вены) – меньше 0,3 см/с, венах – 0,3–5,0 см/с, полый вене – 5–20 см/с.

Гемодинамический парадокс

Объясняется это явление наличием в крови эритроцитов, которые при движении крови по тонкому капилляру, располагаются в центре потока, так что между массивом эритроцитов и стенкой сосуда образуется тонкий слой чистой плазмы крови. Благодаря этому слою, клетки крови скользят вдоль стенок сосудов.

Причины движения крови по венам

- Клапаны
- Сердечный насос
- Дыхательный насос
- Мышечный насос

Сфигмограмма (sphygmotom - пульс)

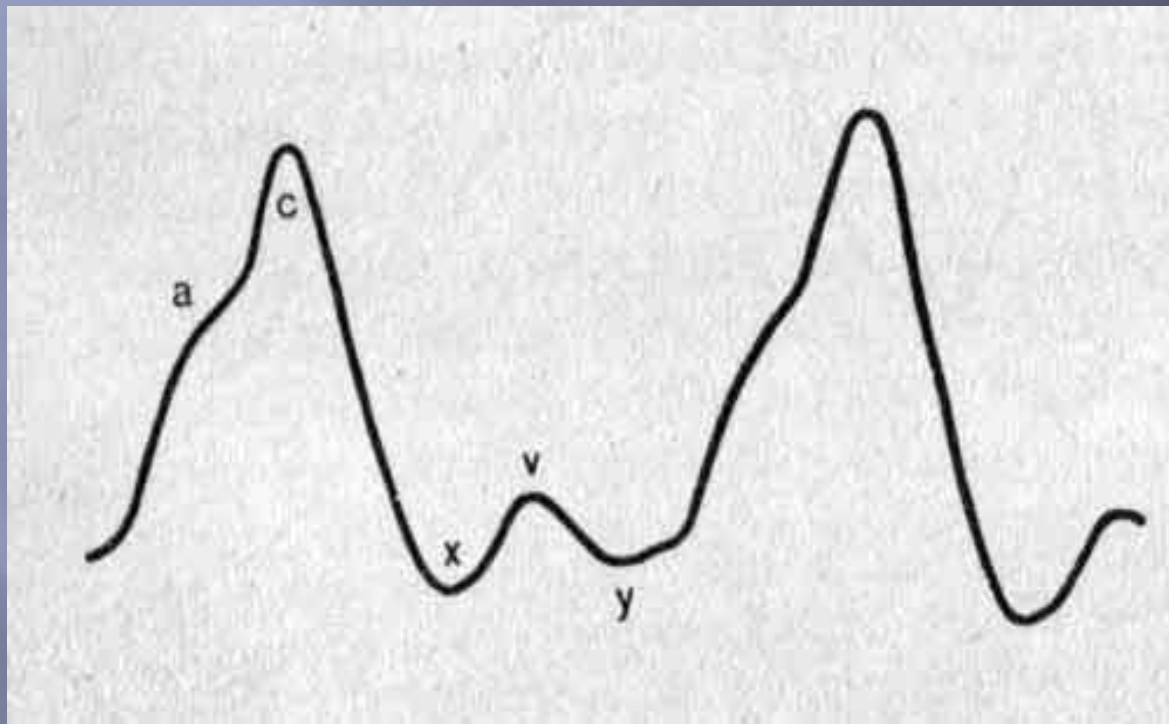
СФИГМОГРАММА



Сфигмограмма

- Анакрота – фаза быстрого изгнания (из левого желудочка в аорту)
- Пик – равенство между притоком и оттоком крови
- Катакрота – фаза медленного изгнания (отток преобладает над притоком)
- Инцизура (вырезка) – конец систолы левого желудочка (давление крови здесь ниже, чем в аорте)
- Дикротический подъем - отражение волны крови от закрытого аортального клапана

Флебограмма, венограмма (phleps - вена)



Флебограмма

- ▣ а – систола правого предсердия
- ▣ с - систола правого желудочка
- ▣ v – наполнение правого предсердия во время систолы желудочков
- ▣ х – отток крови из полых вен в правое предсердие
- ▣ у - отток крови из правого предсердия в желудочек

Сфигмография, флебография

- ▣ Каротидная сфигмография – над сонными артериями – центральный артериальный пульс (периферический – бедренная, плечевая, лучевая артерии)
- ▣ Югулярная флебография – над яремными венами – центральный венозный пульс (правые отделы сердца, отток крови из полых вен в правое предсердие)

Рефлексогенные зоны ССС

- Барорецепторы (механорецепторы), хеморецепторы:
- Аортальная зона (дуга аорты, нерв Циона-Людвига)
- Каротидный синус (место разветвления сонных артерий, нерв Геринга)
- Сосуды легочного круга, устья полых вен и др.

Рефлексогенные зоны ССС воспринимают:

- ▣ изменение давления крови, растяжение:
 - в сонных артериях,
 - в дуге аорты,
 - в правом предсердии,
 - в перикарде,
 - в малом круге,
 - в устьях полых вен,
 - при раздражении ЖКТ,
 - при раздражении экстерорецепторов: термо-, ноци- ,
 - действие веществ: адреналин, альдостерон, ренин-ангиотензин-альдостероновая система, тироксин, ацетилхолин, гистамин, брадикинин

Нервная регуляция работы ССС

- ▣ Симпатический (медиатор норадреналин, адреналин), парасимпатический (медиатор ацетилхолин) отделы
- ▣ Метасимпатический отдел

Нервная регуляция работы ССС (симпатический, парасимпатический отделы)

- ▣ Положительный, отрицательный:

Хроно-

Батмо-

Дромо-

Инотропные эффекты

Гуморальная регуляция работы ССС

- ▣ Адреналин, норадреналин, серотонин, ренин-ангиотензин-альдостероновая система, альдостерон, вазопрессин (АДГ)
- ▣ Ацетилхолин, гистамин, брадикинин, натрийуретический гормон сердца
- ▣ Простагландины
- ▣ К, Са

Регуляция работы сердца

