

Сердечно-сосудистая система

В состав сердечно-сосудистой системы входят:
кровь, сосуды, сердце.

Центральный орган – сердце (ритмическими сокращениями приводит в движение всю массу крови, которая содержится в сосудах)

Кровеносные сосуды – артерии (от сердца к органам. Уменьшаясь в диаметре переходят в артериолы, затем в капилляры (мельчайшие сосуды)).

Происходит обмен газами между кровью и тканями кровь превращается в венозную и переходит в венулы (кровь возвращается к сердцу)

Сердце

- Центральный орган ССС человека
 - Располагается в грудной клетке
 - Орган четырехкамерный
 - Напоминает конус
 - Состоит из двух частей: правой и левой
- Каждая из частей включает предсердие и желудочек, которые соединяются между собой отверстиями.
- *Кардиомиоциты* – сократительные мышечные клетки
- *Миоциты (пейсмекеры)* – формируют проводящую систему сердца, которая обеспечивает автоматизм сердечных сокращений и координацию сократительной функции миокарда предсердий и желудочков сердца.

Строение поверхности сердца

Правый и левый желудочки – основные насосные камеры сердца.

Левое и правое предсердие – направляют кровь в соответствующие желудочки.

Нижняя поверхность сердца – желудочки, преимущественно левый (Эта часть прилегает к диафрагме, поэтому её считают диафрагмальной поверхностью)

Внутреннее строение сердца

Внутри сердца имеются четыре основных клапана - обеспечивают односторонний ток крови.

Трёхстворчатый (правый) и митральный (левый) – отделяют предсердия от желудочков.

Полулунные (лёгочный (правый) и аортальный(левый)) – отделяют желудочки от крупных артерий.

Все четыре клапана прикрепляются к *фиброзному скелету* сердца.

Фиброзный скелет - состоит из плотной соединительной ткани и служит опорой для клапанов и мышц сердца.

В период **диастолы** (расслабление)
трехстворчатый и *митральный* клапаны – открыты
полулунные клапаны (легочный и аортальный) – закрыты.

аорта

верхняя
полая вена

клапан
легочного
ствола

правое
предсердие

клапан
аорты

трехстворчатый
клапан

правый
желудочек

нижняя
полая вена

ветвь легочной
артерии

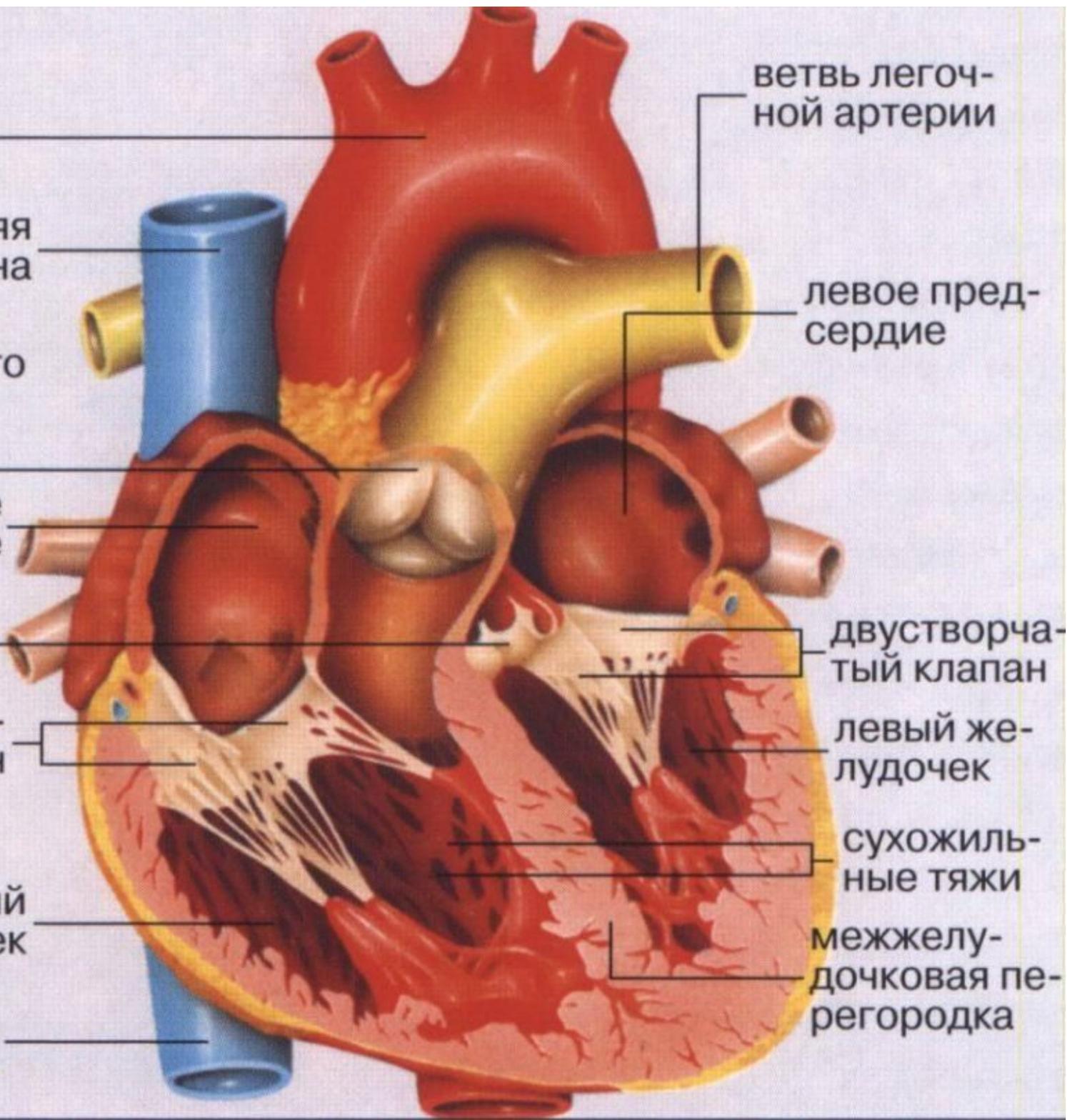
левое предсердие

двустворчатый
клапан

левый
желудочек

сухожильные
тяжи

межжелудочковая
перегородка



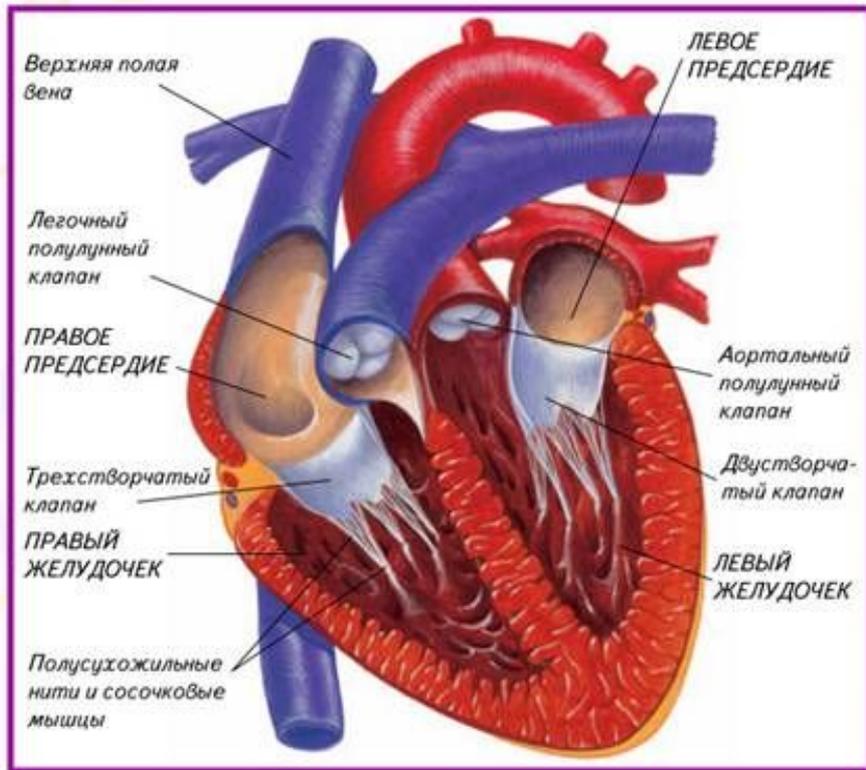
Строение сердца

Эпикард (перикард) — наружный слой сердца, образует фиброзносерозный мешок — сердечную сумку.

Миокард — наиболее толстый слой, состоящий из мышечных клеток.

Эндокард — внутренняя поверхность камер сердца выстланы одним слоем эндотелиальных клеток

Строение сердца



Сердце расположено почти в центре грудной полости и несколько смещено влево. Масса его около 250-300 г.



Сердце имеет четыре камеры – два предсердия и два желудочка.

Между предсердиями и желудочками расположены створчатые клапаны, а на выходе из желудочков в артерии – полулунные.

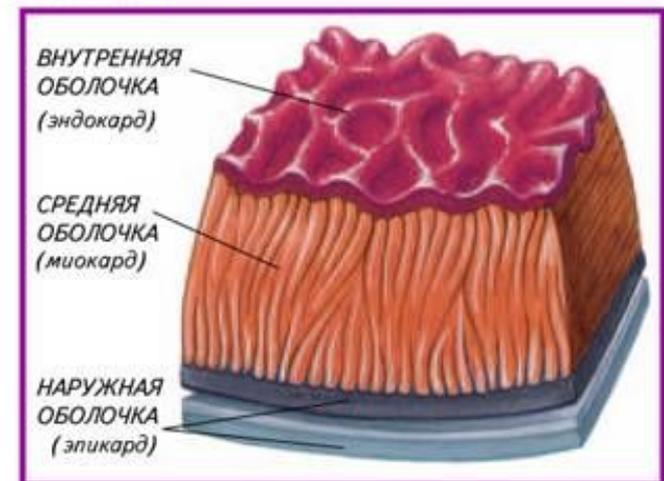
Мышечная стенка желудочков значительно толще стенки предсердий.

Стенка сердца имеет трехслойное строение:

Наружный слой (эпикард) – состоит из соединительной ткани.

Средний слой (миокард) – мощный мышечный слой.

Внутренний слой (эндокард) – внутренний эпителиальный слой.



Круги кровообращения

Малый круг кровообращения (легочный) -

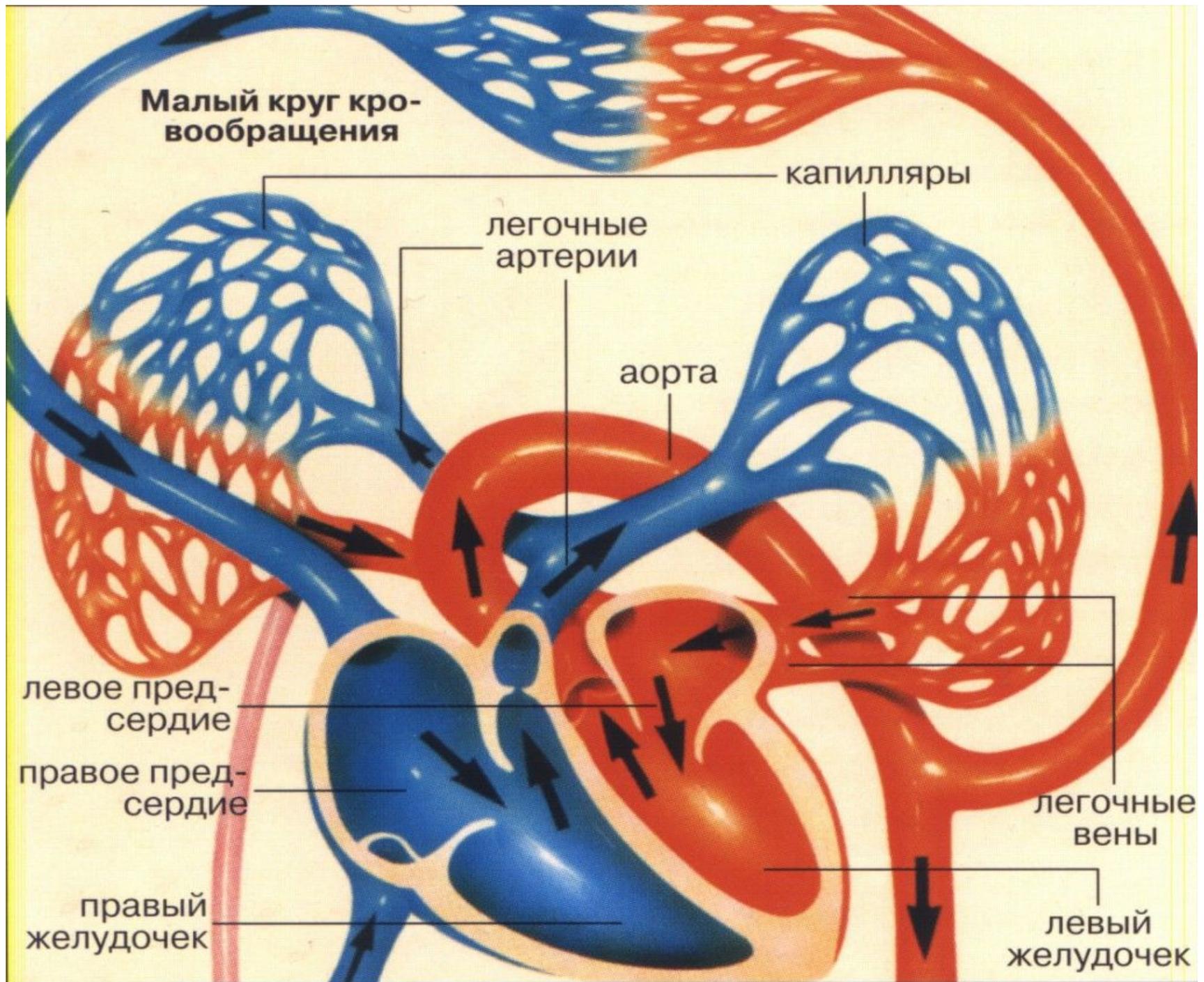
Обогащение крови кислородом в легких.

Начинается в правом желудочке (венозная кровь) через легочные артерии поступает в капилляры легочных пузырей (альвеол) там происходит обмен газами (артериальная кровь) по легочным венам поступает в левое предсердие через левое предсердно-желудочковое отверстие в левый желудочек.

Большой круг кровообращения (телесный) -

Насыщение тканей и органов кислородом и питательными веществами

Начинается в левом желудочке (выходит аорта, артериальная кровь). Артериальная кровь отдает в ткани питательные вещества и кислород. Венозная кровь по полым венам в правое предсердие.



Свойства сердечной мышцы

- Возбудимость
- Сократимость
- Проводимость
- Автономия

Возбудимость

Миокард, как и нервная ткань и скелетные мышцы, относятся к возбудимым тканям.

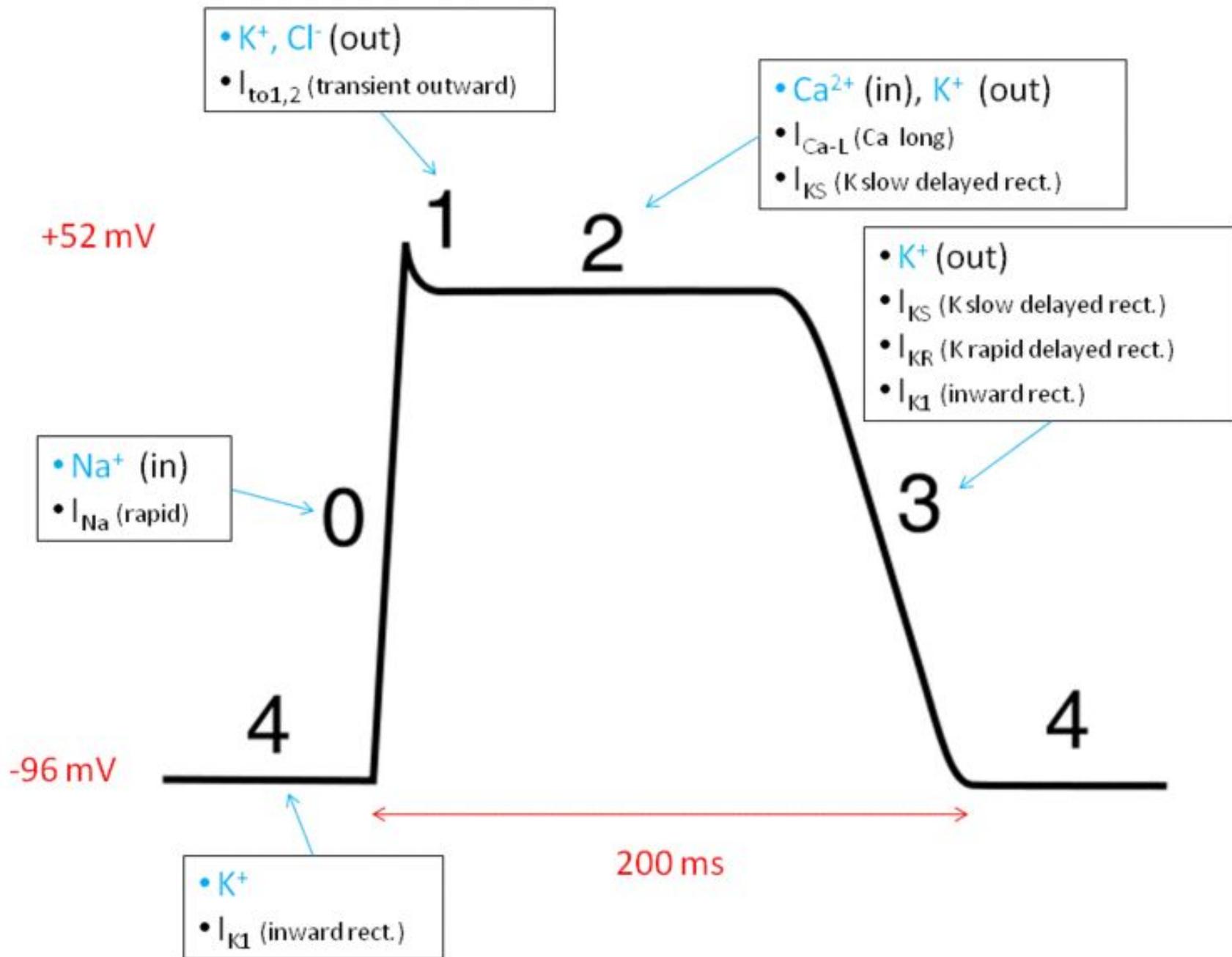
Возбудимость — возникает при разности потенциалов между внутренней и наружной оболочкой мышцы.

В ответ на пороговые раздражители, возникает потенциал действия и происходит максимальное сокращение

Фазы потенциала действия в кардиомиоцитах

В сократительных кардиомиоцитах выделяют несколько фаз развития потенциала действия (ПД):

0. Фаза быстрой деполяризации (абсолютная рефрактерность 0,27 с.) – вход натрия в клетку
1. Фаза начало быстрой реполяризации - активацией кальциевых каналов
2. Фаза медленная реполяризация (плато) - активацией кальциевых каналов
3. Быстрая конечная реполяризация - кальциевая проводимость мембраны уменьшается и увеличивается калиевая
4. Фаза покоя - деполяризующие токи кальция и натрия уравновешены с реполяризующим током калия





Проводящая система

проведение возбуждения по сердцу осуществляется с разной скоростью

Синусно-предсердный узел (пейсмекер первого порядка) – главный центр автоматизма сердца. Возбуждение распространяется на рабочие клетки миокарда предсердий и по специальным внутрисердечным проводящим пучкам достигает второго узла (1м/с)

Предсердно-желудочкового (атриовентрикулярный) - пейсмекер второго порядка. Возбуждение через этот узел возможно только в одном направлении.

Атриовентрикулярной задержки состоит в том, что проводящие ткани синоатриального и атриовентрикулярного узлов контактируют не непосредственно, а через волокна рабочего миокарда, для которых характерна более низкая скорость проведения возбуждения.

Третий уровень, который обеспечивает ритмичную деятельность сердца, расположен в **пучке Гиса** (2 ножки) (2-4м/с) и **волокнах Пуркине** - пейсмекеры третьего порядка (расположенные в проводящей системе желудочков) (2 м/с)

Проводящая система

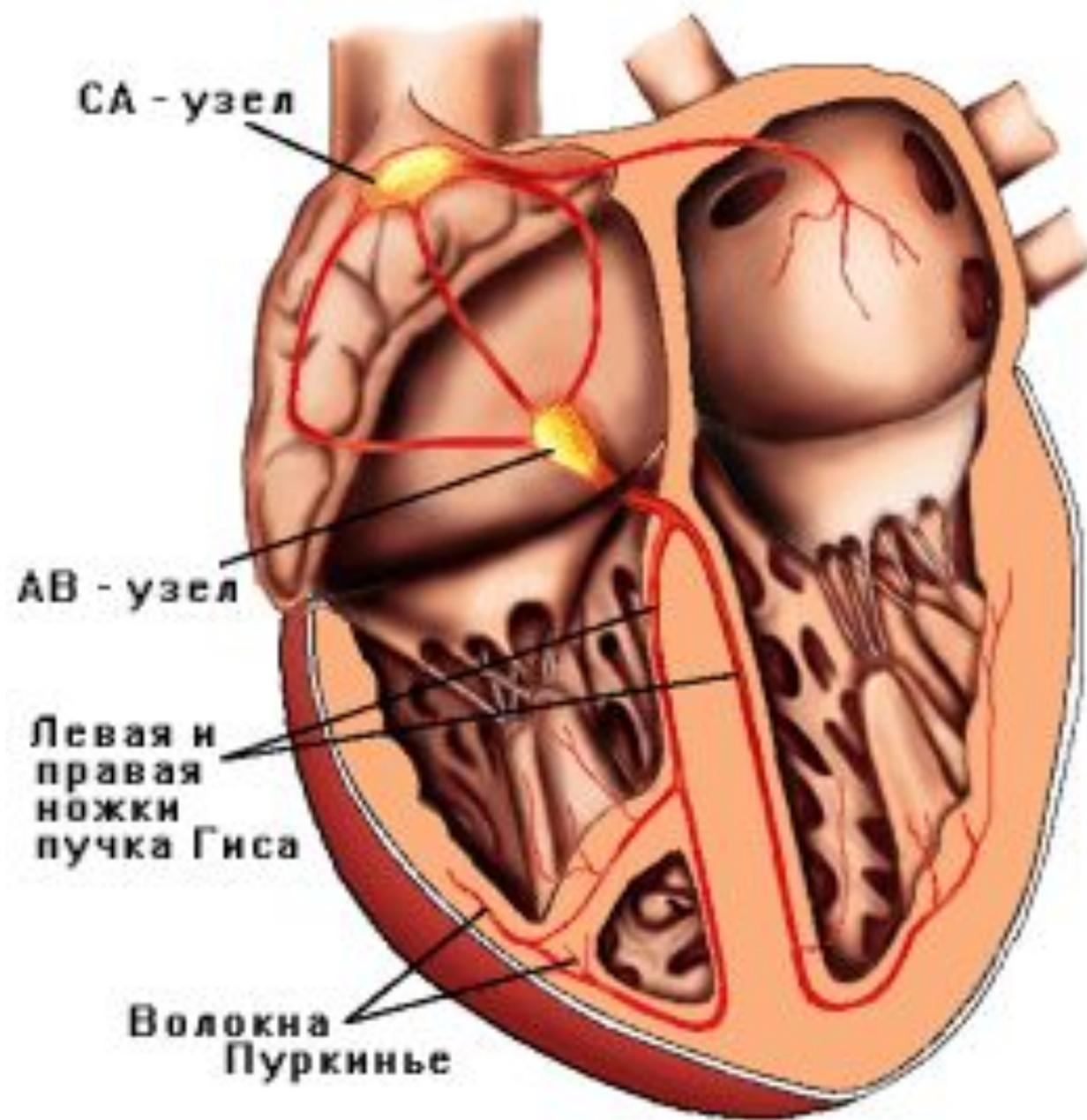
Если в пейсмекере первого порядка возбудимость не возникает или блокируется его передача, роль водителя ритма берет на себя пейсмекер второго порядка.

Если же передача возбудимости к желудочкам невозможна, они начинают сокращаться в ритме пейсмекеров третьего порядка.

Повреждение водителей ритма приводит к полной остановке сердца.



Hole's Human Anatomy and Physiology, 7th edition, by Shier, et al. copyright © 1996 TM Higher Education Group, Inc.



Сократимость сердечной мышцы

Имеет свои особенности в результате строения органа.

Первыми сокращаются мышцы предсердий,

затем волокна желудочков,

далее сокращение охватывает внутренний слой желудочков,

которое обеспечивает движение крови из полостей

желудочков в аорту и легочный ствол.

Начало сокращения – вход кальция в клетку (влияет на силу

сокращения, пополняет запасы кальция)

Чем больше длительность потенциала действия, тем больше

амплитуда сокращения.

Сердце как насос

Деятельность сердца как насоса протекает в виде периодически повторяющихся циклов.

Цикл работы сердца – согласованность между систолой (сокращением) и диастолой (расслаблением)

В каждом цикле происходит наполнение сердца и изгнание крови из него.

- Цикл **начинается** с возникновения автоматического **импульса** возбуждения, которое распространяется по **предсердиям**.
- **Импульс** возбуждения переходит с предсердий на **желудочки** после некоторой **задержки**, необходимой для завершения сокращения предсердий.
- Процесс распространения возбуждения по желудочкам, после чего начинается процесс развития давления в них и последующего **изгнания**.

Сердечный цикл

Период, который включает одно сокращение и последующее расслабление

Сокращение сердечной мышцы - **систола**

расслабление сердечной мышцы - **диастола**

Сердечный цикл имеет три фазы:

систола предсердий, систолы желудочков и общую паузу

Фазы сердечного цикла

- **Систола предсердий** (0,1—0,16 с) – в предсердиях повышается давление, кровь выбрасывается в желудочки, створки атриовентрикулярных клапанов открываются и кровь свободно переходит из предсердий в желудочки.
 - **Систола желудочков** (0,3 с), **диастола предсердий** (0,7 с.)
- в результате распространения возбуждения по миокарду начинается сокращение волокон желудочков.

Фазы сердечного цикла

Если давление крови в желудочках превышает давление в аорте и легочной артерии, полулунные клапаны открываются, их створки прижимаются к внутренним стенкам и наступает *период изгнания* (0,25 с)

Фаза быстрого изгнания – давление крови в полости желудочков продолжает увеличиваться, открытие полулунных клапанов, кровь быстро вытекает в аорту и легочный ствол, объем желудочков быстро уменьшается.

Выброс крови из полости сердца замедляется, сокращение миокарда желудочков ослабевает, наступает Фаза медленного изгнания.

Диастола желудочков - с падением давления полулунные клапаны закрываются, затрудняя обратный ток крови из аорты и легочной артерии, миокард желудочков начинает расслабляться.

Диастола всего сердца общая пауза (0,4 с). Диастола продолжается до очередной систолы предсердий. Затем цикл сердечной деятельности повторяется.

Фаза наполнения желудочков – при систоле предсердий

Ударный объем (систолический) - изгоняемый при одном сокращении желудочков объем (порция) крови

Остаточный объем – оставшаяся в желудочках кровь после изгнания

Минутный объем крови (МОК) - произведение ударного объема на частоту сокращений в минуту.

Количество крови, которую сердце прокачивает за 1 минуту.

Реакции физически тренированных людей касаются прежде всего изменения систолического (ударного) объема, нетренированных – частоты, у детей лишь за счет частоты.

Автономия сердца — способность возбуждаться под влиянием импульсов, возникших в самом органе, без внешних раздражителей

Рефрактерность сердечной мышцы —

Абсолютная рефракторность — при нанесении электрических раздражений, сердце не ответит на них раздражением и сокращением (период систолы)

Относительная рефракторность - сердечная мышца может ответить на раздражитель сокращением сильнее порогового (диастолы предсердий и желудочков)

Повышенной возбудимости - мышца сердца отвечает вспышкой возбуждения на импульсы небольшой силы

Импульс приходит к мышце сердца только когда рефракторная фаза закончилась и его возбудимость на исходном уровне.

Внутрисердечные регуляторные механизмы

- Механизмы регуляции синтеза белков.

(При увеличении нагрузки на сердце синтез сократительных белков усиливается - гипертрофия миокарда)

- Гетерометрическая регуляция (т. е. зависимой от исходной длины волокон миокарда)

«Закон сердца» (закон Франка—Старлинга):

Чем больше растянута каждая клетка миокарда во время диастолы, тем больше она сможет укоротиться во время систолы.

По этой причине сердце перекачивает в артериальную систему то количество крови, которое притекает к нему из вен.

- Гомеометрической регуляцией

«Лестница» Бюджича - изменения силы сокращений при неменяющейся исходной длине волокон миокарда, а при увеличении ЧСС.

Внесердечные регуляторные механизмы

• Влияние вегетативных нервов на функцию сердца

а) *Парасимпатическая система* (аксоны нервных клеток в ядрах блуждающего нерва) — раздражение блуждающего нерва приводит к снижению возбудимости и проводимости.

б) *Симпатическая система* (нейроны в боковых рогах спинного мозга (шейный отдел)). Поддержание возбуждения.

• Гуморальная регуляция — ацетилхолин, адреналин, катехоламины (расщепление глюкогена до глюкозы)

Показатели работы сердца

ЧСС – количество сокращений сердца в минуту 60-70 ударов в минуту.

Брадикардией – Частота сокращений ниже 60 ударов в минуту (у хорошо подготовленных спортсменов)

Тахикардией - Частота сокращений выше 80 ударов.

Ритм – сокращение через одинаковые промежутки времени

Аритмия – не одинаковые сокращения (у подростков)

Синусовая аритмия (физическая психическая нагрузка – выброс адреналина до 140 ударов)

Не синусовая более 140 ударов.

Электрокардиограмма (ЭКГ) –
*запись электрической активности сердца
в течении одного сердечного цикла*



- Положительный полюс диполя (+) всегда повернута в сторону невозбужденном, а отрицательный (-) - в сторону возбужденного участка миокардиального волокна
 - Направление вектора любого диполя идет от его отрицательного полюса к положительному
- При возбуждении в сердце одновременно возникает много векторов, которые имеют разные величину и направление.
- На ЭКГ регистрируется суммарный (моментный) вектор, который определяется как алгебраическая сумма всех векторов, составляющих его.

Двухполюсные отведения:

I - правая рука (-) левая рука (+)

II - правая рука (-) левая нога (+)

III - левая нога (+) левая рука (-).

Знаком (-) и (+) отмечены положительный и отрицательный полюса отвода.

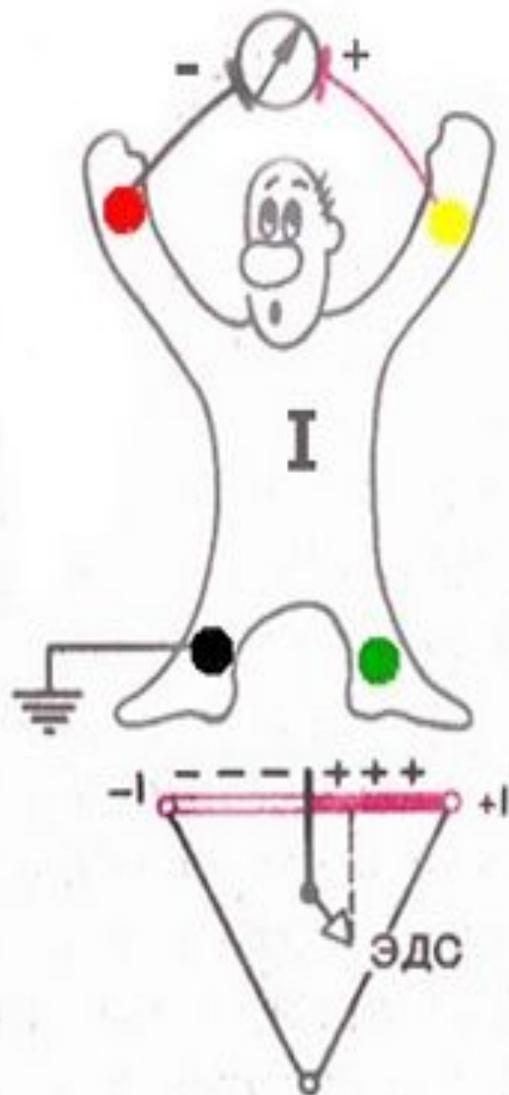
Линия, соединяющая 2 точки отвода - линия отвода.

Три стандартных отведения образуют равнобедренный треугольник в центре которого находится сердечный единственный диполь

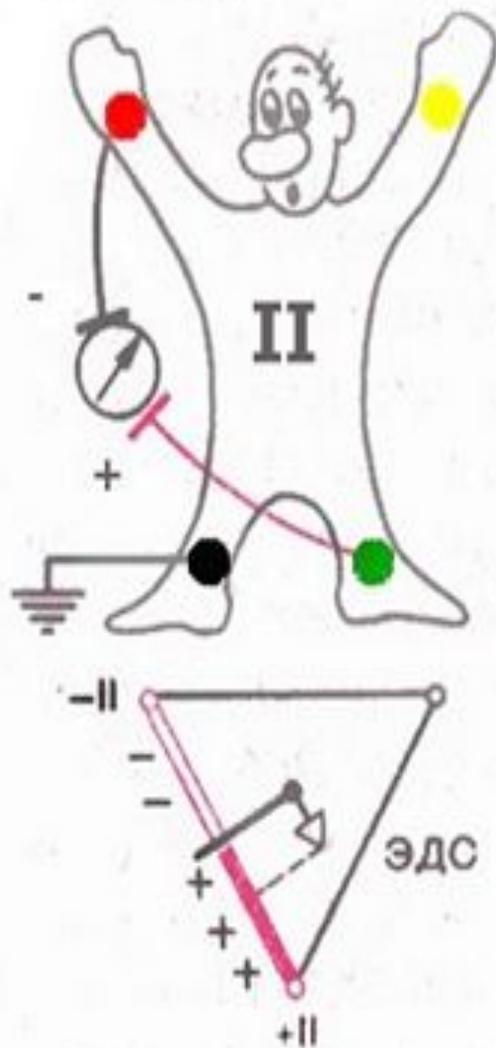
Если моментный вектор сердца проецируется на положительную часть линии отвода - регистрируется положительный зубец, направленный вверх,

Если отрицательную - отрицательный, направленный вниз.

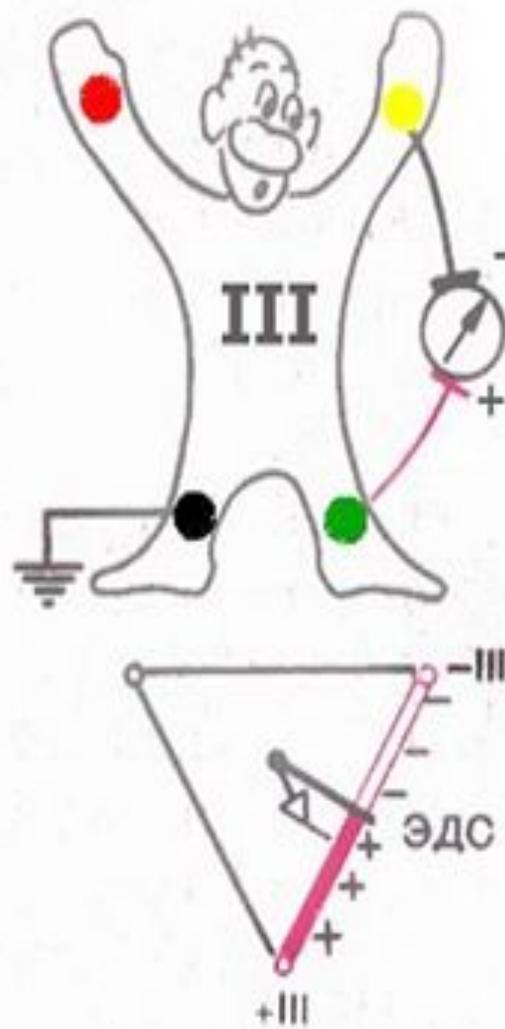
Первое стандартное отведение

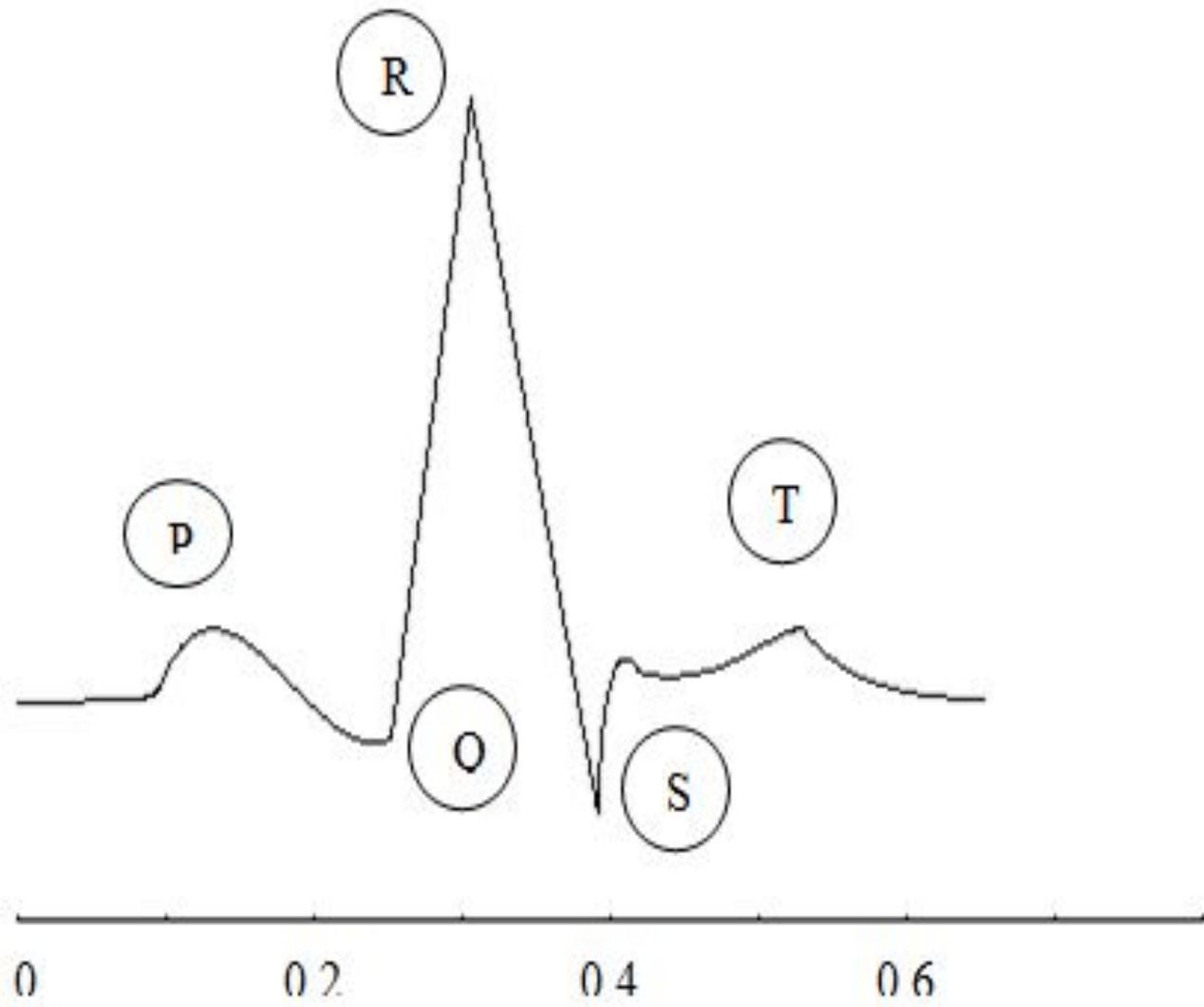


Второе стандартное отведение



Третье стандартное отведение





Время, с

Электрокардиограмма (ЭКГ)

Зубец Р- деполяризация мышцы предсердия и распространение возбуждения от синоатриального узла во время систолы предсердий (0,1 с.)

Интервал PQ (0,12-0,18 с) – время распространения возбуждения по предсердиям, АВ-узлу, пучку Гиса и его ветвям. Чем больше ЧСС, тем короче интервал PQ

Желудочковый комплекс **QRST**

Комплекс QRS - систола желудочков, распространение возбуждения по миокарду желудочков.

Зубец R - главный вектор комплекса QRS. Он отражает процесс дальнейшего распространения возбуждения межжелудочковой перегородкой, миокардом правого и левого желудочков (0,04 с). Под конец зубца R возбуждением охватываются оба желудочка

Сегмент ST - отрезок изолинии от конца комплекса QRS до начала зубца T. Он соответствует периоду полного деполяризации обоих желудочков.

Зубец T – начало диастолы желудочков, отражает процесс быстрой конечной реполяризации миокарда желудочков (0,16-0,24 с)

Интервал между зубцами T и новым зубцом P соответствует периоду электрической диастолы сердца.

Ритм регулярный – разброс измеренных интервалов **R-R** не превышает 10%, от средней продолжительности интервалов **R-R** (1,5-0,3 с)

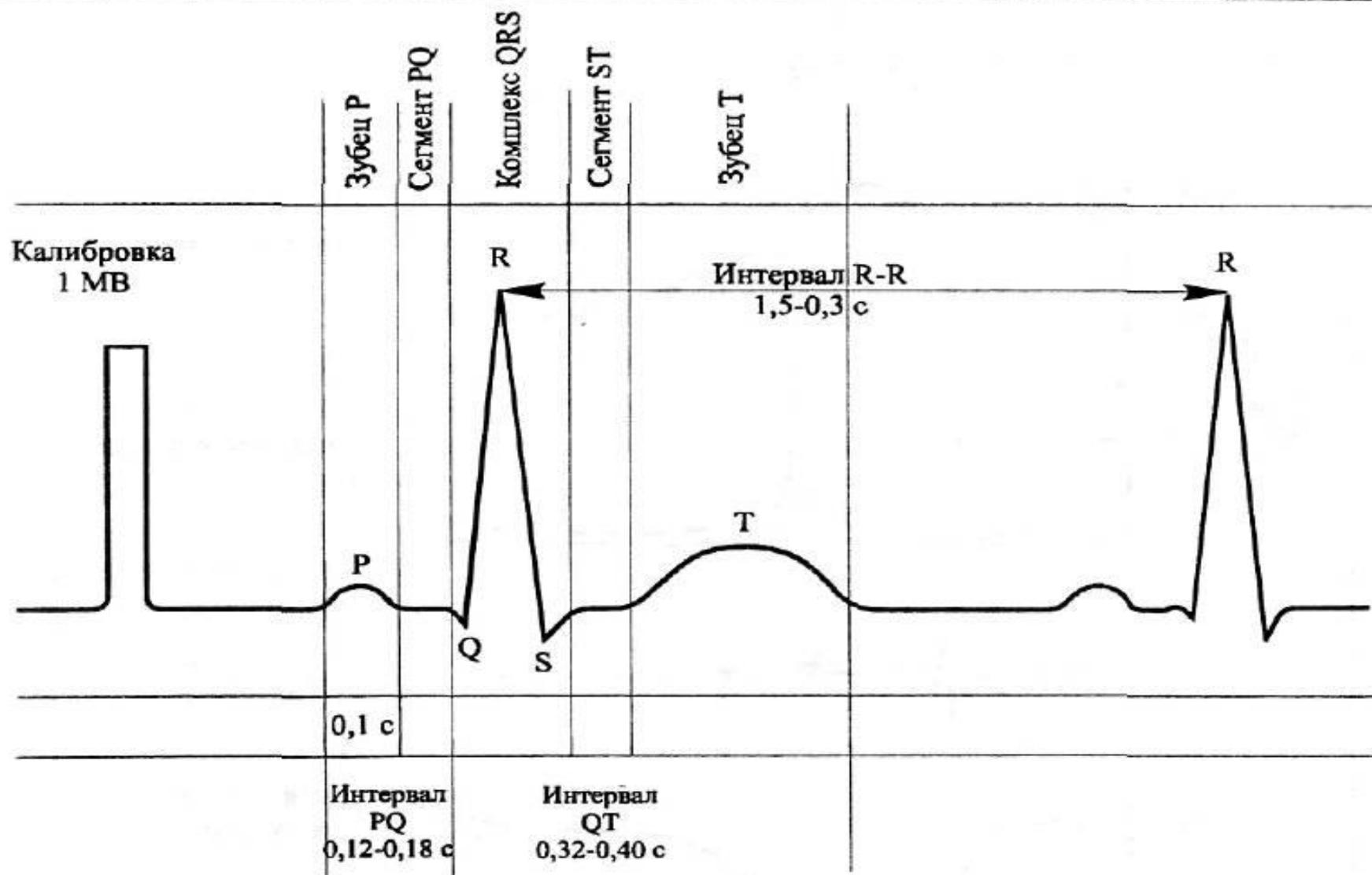


Рис. 7.4. Нормальная ЭКГ человека, зарегистрированная путем биполярного отведения от поверхности тела в области правой руки и левой ноги (II-е стандартное отведение)

Реовазография (РВГ)

Реовазография (РВГ) – метод оценки состояния артериального и венозного кровотока в сосудах конечностей, чаще ног.

Метод позволяет оценить:

- Состояние артерий и вен исследуемого участка
- Проприодимость артерий и вен исследуемого участка
- Выявить частичное сужение или полное закрытие сосуда (воспаление)

Амплитуда реограммы – соответствует максимальному кровенаполнению сосуда за время одного пульсового колебания.

Возрастание объема крови в русле ведет к снижению электрического сопротивления и наоборот.

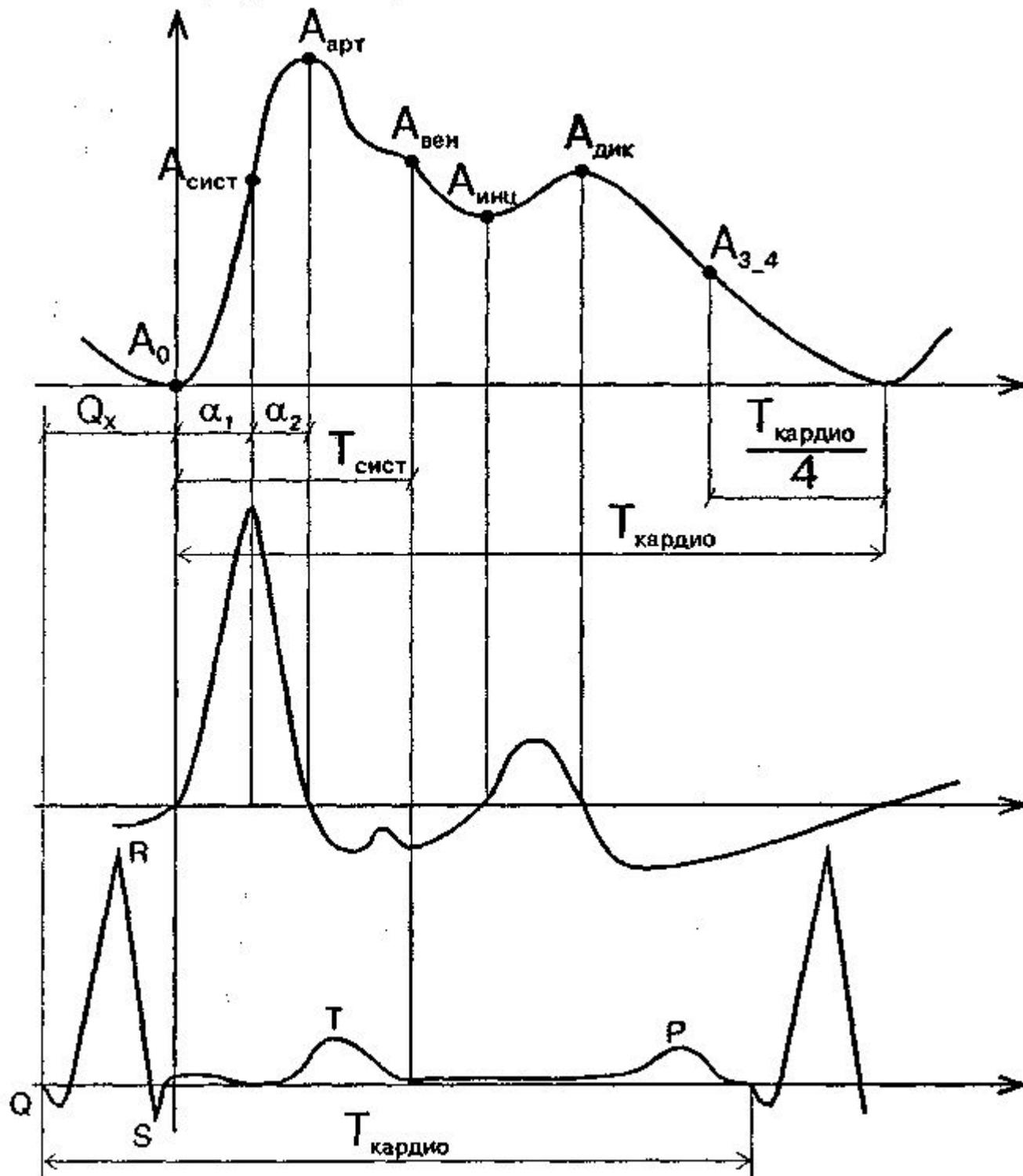
Реовазография (РВГ)

Реографический индекс (оИ) – отражает интенсивность наполнения артериальной кровью исследуемой области.

Индекс эластичности (ИЭ) – характеризует эластичность артерий исследуемой зоны.

Индекс периферического сопротивления – косвенно отражает периферическое сопротивление сосудов обследуемой зоны.

Индекс величины оттока (ВО) – служит для косвенной оценки венозного оттока.



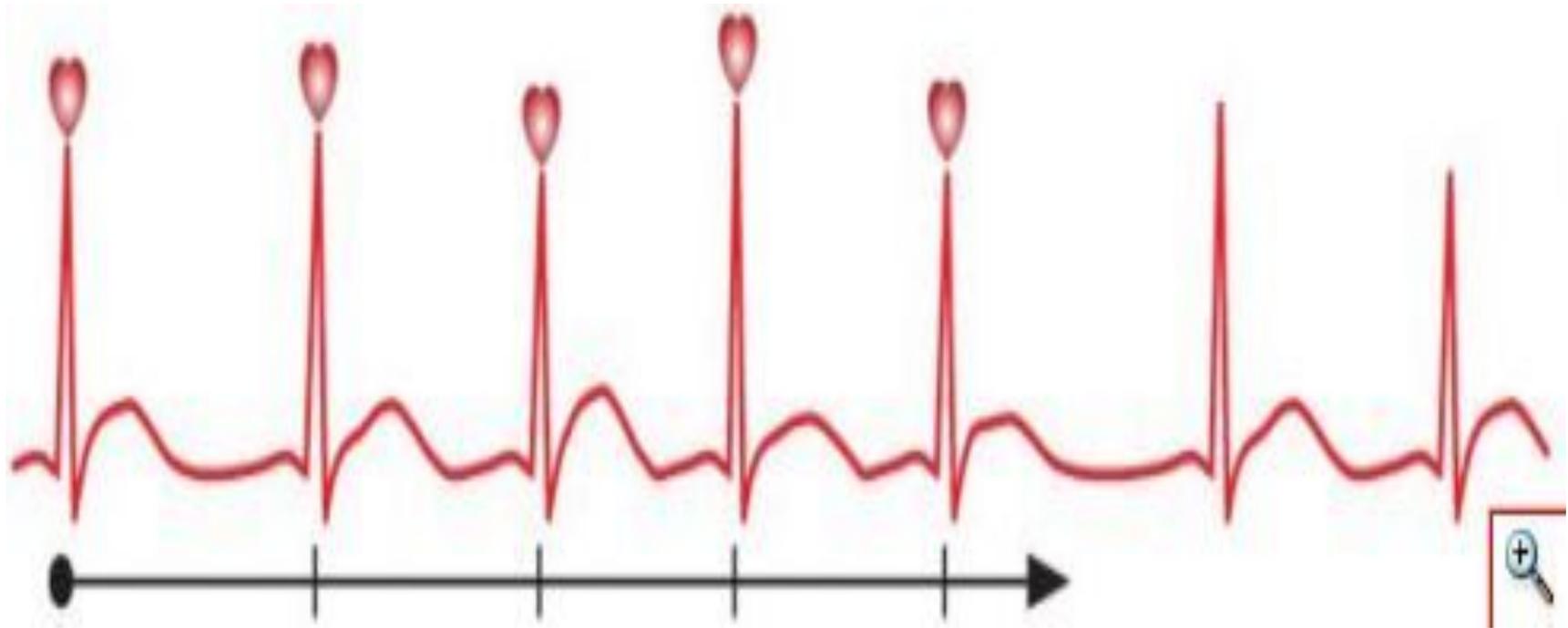
– объемная РВГ

– первая производная РВГ

– ЭКГ

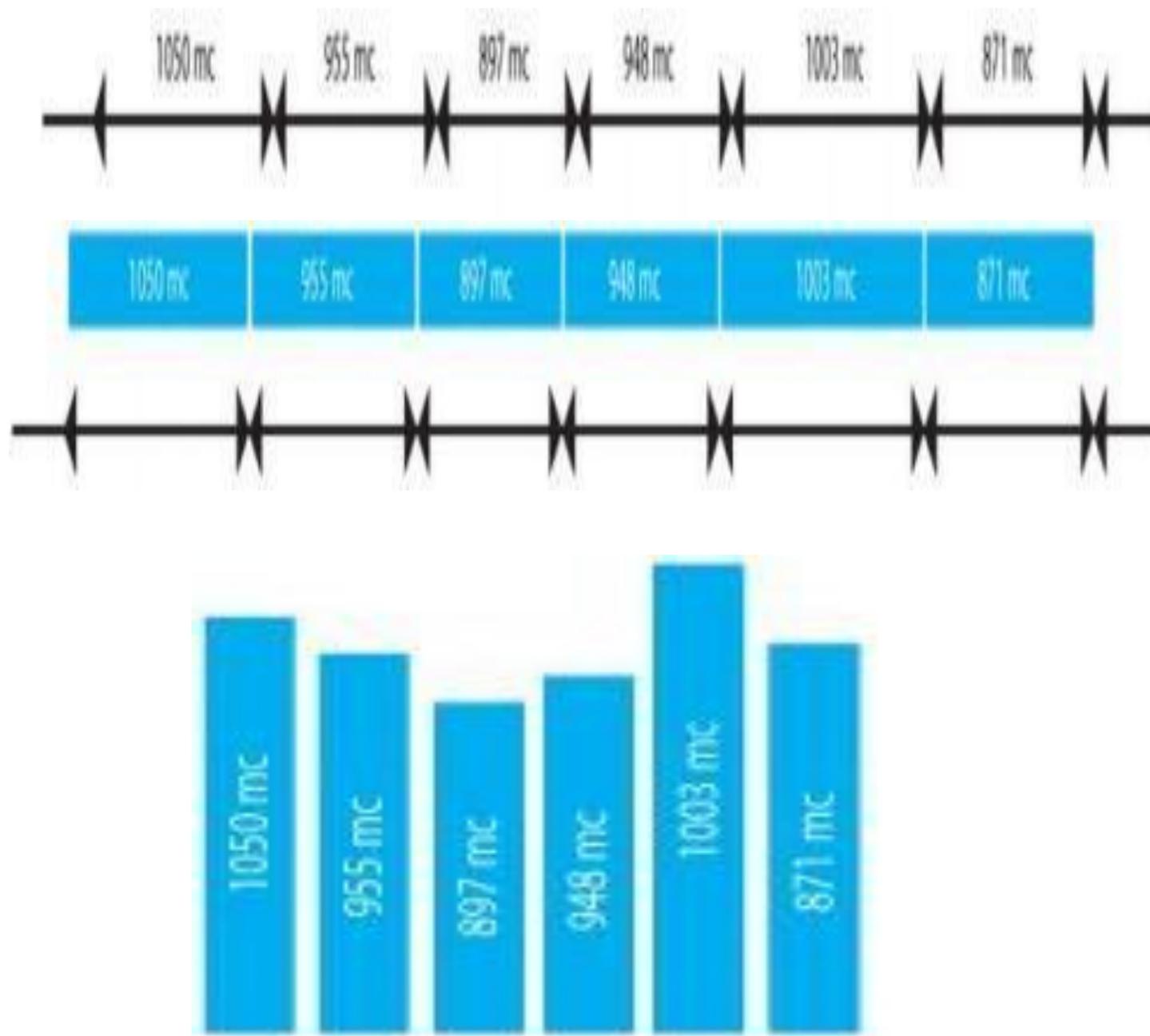
Кардиоинтервалография (КИГ)

метод оценивания вариабельности ритма сердца

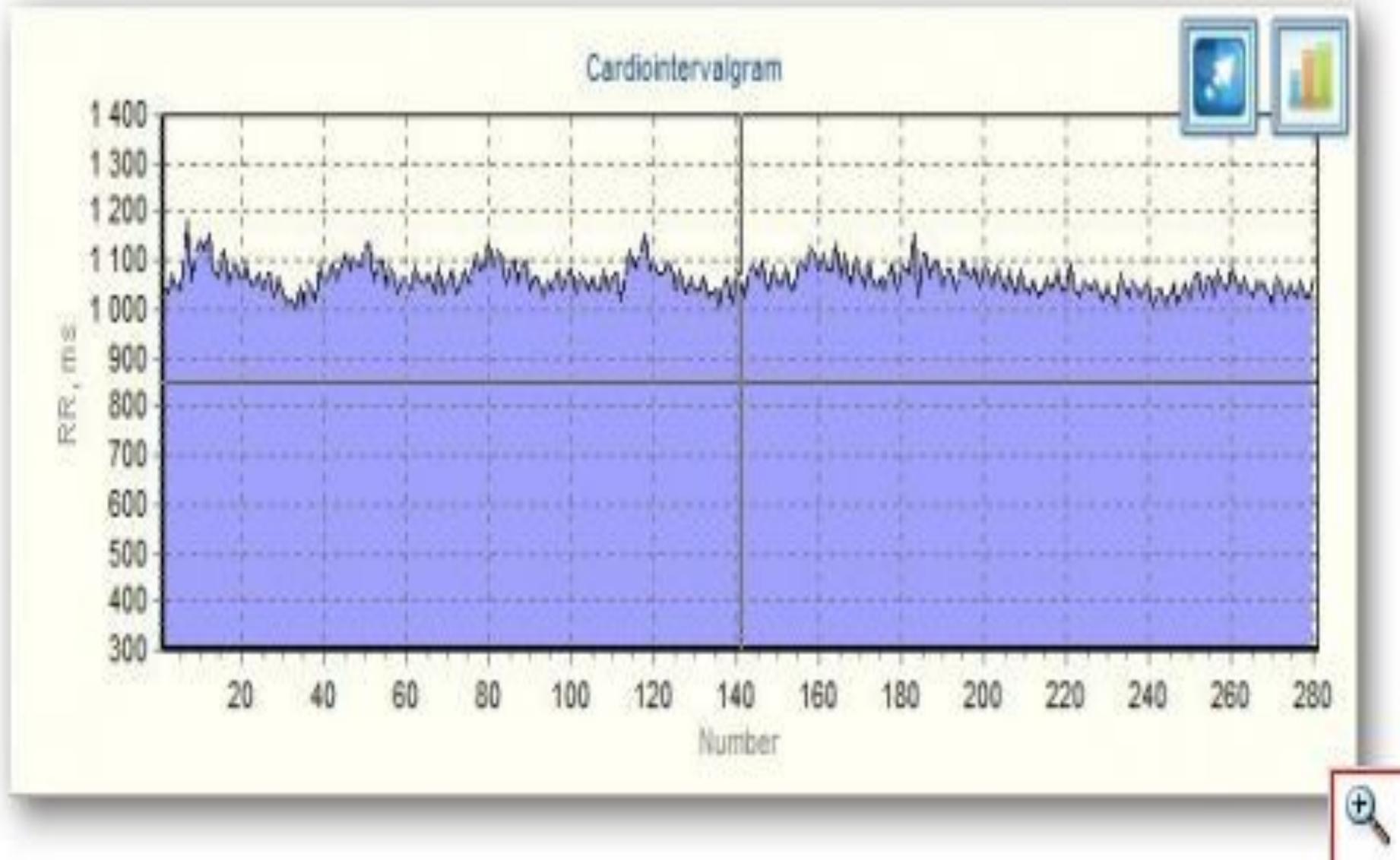


выделение R-зубцов. Происходит измерение длительности каждого сердечного цикла.

длительности сердечных циклов.



Кардиоинтервалография (КИГ)



Кардиоинтервалография (КИГ)

При учащении ритма сердца - кривая линия на кардиоинтервалограмме идет вниз,

При урежении ритма сердца – вверх.

При оценке variability ритма сердца проводят анализ:

- Волновой структуры кардиоинтервалограммы
- Действие трех регуляторных систем: симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы, и действие центральной нервной системы.

Отличае ЭКГ от КИГ

ЭКГ - детально изучаются все 5 зубцов (P, Q, R, S, T) в одном цикле, которые подробно характеризуют работу сердца.

КИГ - объектом исследования является variability (разница в длительности) сердечных сокращений.

Кровообращение

- Важное звено в процессах газообмена
- Теплообмен с окружающей средой
- Перенос гормонов и других физиологически активных веществ
- По артериальным сосудам — кровь движется от сердца
- По венам — кровь движется к сердцу
- Замкнутая система

Особенности системы кровообращения

- 1) Замкнутость сосудистого русла, в который включен насосный орган — сердце (генератор давления и расхода, подающее кровь в аорту и легочный ствол)
- 2) Эластичность сосудистой стенки (эластичность артерий больше эластичности вен, однако емкость вен превышает емкость артерий)
- 3) Разветвленность кровеносных сосудов (отличие от других гидродинамических систем)
- 4) Разнообразие диаметра сосудов (диаметр аорты равен 1,5 см, а капилляров 8-10 мкм)
- 5) В сосудистой системе циркулирует жидкость-кровь, вязкость которой в 5 раз выше вязкости воды.

Сосудистое русло

распределяет выброшенную кровь между отдельными органами

Типы кровеносных сосудов:

Магистральные сосуды эластического типа (аорта, крупные артерии) – обладают эластичностью и растяжимостью, преобразовывают пульсирующий кровоток в плавный и непрерывный.

Сосуды стабилизаторы давления (мелкие артерии и артериолы) – создают сопротивление кровотоку, поддерживая высокий уровень артериального давления.

Обменные сосуды (капилляры) – обеспечивают протекание процесса обмена веществ, выполнение дыхательной функции между кровью и клетками.

Сосуды возврата (вены, крупные и полые вены)

Типы кровеносных сосудов:

Сосуды шунта или артериовенулярные анастомозы - связывают артериоллы и вены
если данные шунты открыты, то кровь сбрасывается из артериолл в вены, минуя капилляры, если же закрыты, то кровь идет из артериолл в вены через капилляры.

Емкостные сосуды (вены) – растяжимы, но мало эластичны, вмещают до 70 % всей крови, существенно влияют на величину венозного возврата крови к сердцу.

Резорбтивные сосуды (лимфатические сосуды) – резорбция из тканей белка и жидкости, обратный транспорт в кровь.

Кровоток

Движение крови подчиняется законам гидродинамики – происходит из области большего давления в область меньшего

Количество крови, протекающей через сосуд прямо пропорционально разнице давлений и обратно пропорционально сопротивлению.

Сопротивление - связано с трением частиц крови о стенки сосудов, существует и трение между частицами (внутреннее трение или вязкость)

Кровоток

Движение крови оценивается определением объемной и линейной скорости кровотока.

Объемная скорость - количество крови, проходящей через поперечное сечение сосудистого русла в единицу времени.

Линейная скорость – скорость движения частиц вдоль стенки сосуда

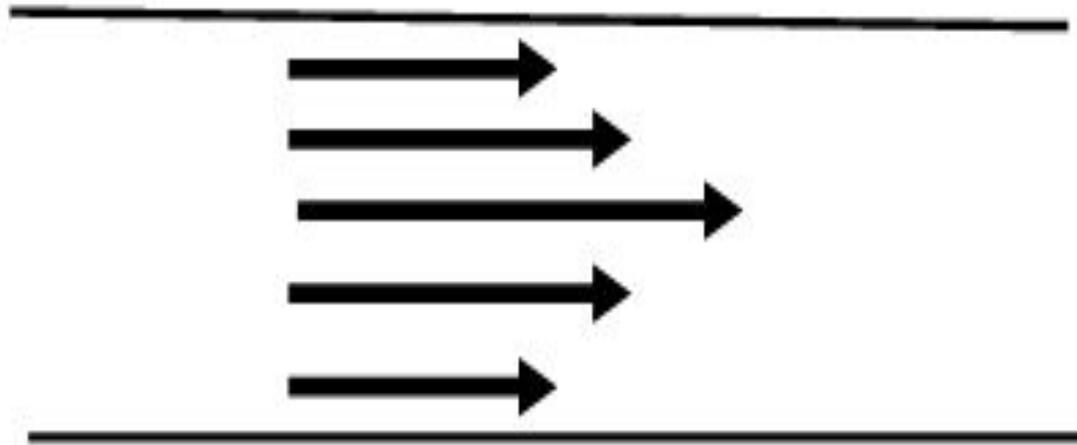
Кровоток в сосудистой системе

Ламинарный (бесшумный) – каждый слой движется параллельно другому слою, не смешиваясь, к центру сосуда скорость возрастает, достигая в осевой части максимального значения.

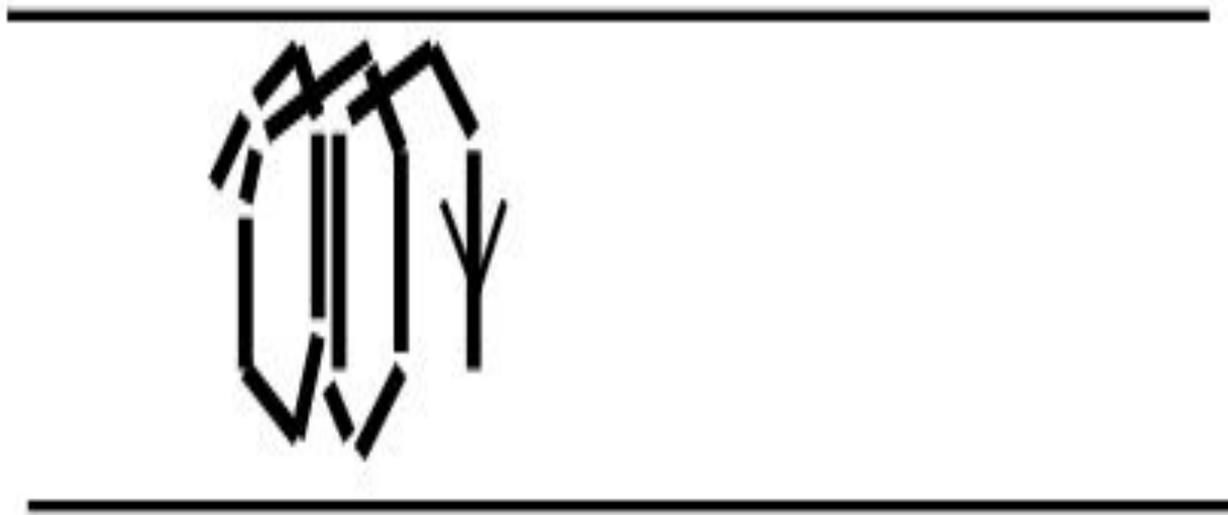
Турбулентный (имеет шумы) – возникают завихрения.

при сужении сосудов, при возрастании скорости в местах разветвления сосудов или возникновении препятствий на пути

Время кругооборота крови - время, за которое кровь проходит полный круг (и малый – 5 с., большой – 20 с.) 27 систол.



Градиент скорости тока крови в сосуде (ламинарный ток)



Турбулентный ток крови

Кровяное давление.

Кровяное давление – давление крови на стенки сосудов и камер сердца

Различают:

- артериальное давление;
- венозное давление;
- внутрисердечное давление;
- капиллярное давление.

Артериальное давление

Артериальное давление – наиболее важный не стабильный показатель, в естественных условиях меняется во время сердечного цикла,

Различают:

- *систолическое* или максимальное давление (давление, устанавливающееся в период систолы желудочков);
- *диастолическое* или минимальное давление, которое возникает в конце диастолы;
- разность между величиной систолического и диастолического давлений – *пульсовое давление*;
- *среднее артериальное давление*, отражающее движение крови, если бы пульсовые колебания отсутствовали.

Физиологические составляющие давления

1. Давление у мужчин выше, чем у женщин. Но после 40 лет давление у женщин становится выше, чем у мужчин
2. Повышение давления с возрастом. Повышение давления у мужчин идет равномерно. У женщин скачок появляется после 40 лет.
3. Давление во время сна понижается, а утром ниже, чем вечером.
4. Физическая работа повышает систолическое давление.
5. Курение повышает давление на 10-20 мм.
6. Давление повышается при кашле
7. Половое возбуждение повышает давление до 180-200 мм.