

**Лекция**

**ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА**

**КУРЬЯНОВА Е.В.**

# Функции сердечно-сосудистой системы:

Трофическая – перенос кислорода и питательных веществ, поступающих из окружающей среды

Экскреторная – удаление продуктов клеточного метаболизма через органы выделения

Регуляторная – перенос биологически активных веществ и участие в поддержании гомеостаза

# Показатели кровообращения

Функциональное состояние сердца

Биоэлектрические явления

Звуковые явления

Частота сердечных сокращений

Объем циркулирующей крови

Уровень кровяного давления

Скорость кровотока

Систолический и минутный объем крови

Функциональное состояние механизмов  
регуляции кровообращения

# Методы исследования системы кровообращения

**Аускультация** – выслушивание тонов сердца

**Эхокардиография** – определение размеров полостей сердца

**Доплерография** – определение скорости кровотока в различных отделах сердечно-сосудистой системы

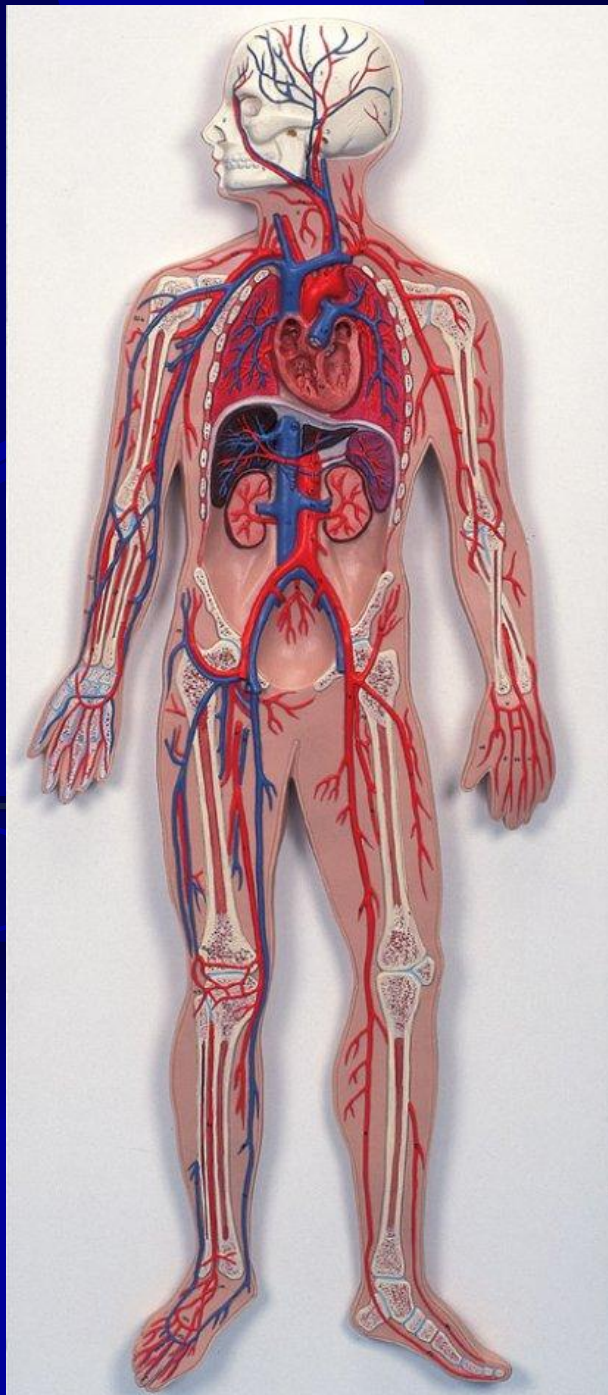
**Фонокардиография** - запись звуковых явлений сердца

**Электрокардиография** – запись электрических явлений сердца

**Кардиография** – определение положения и размеров сердца рентгенологически

**Реовазография** – определение тонуса сосудов

**Измерение уровня давления крови в полостях сердца и сосудах**



## Сердечно-сосудистая система

**Органы:** Сердце и сосуды:  
артерии  
артериолы  
капилляры  
венулы  
вены

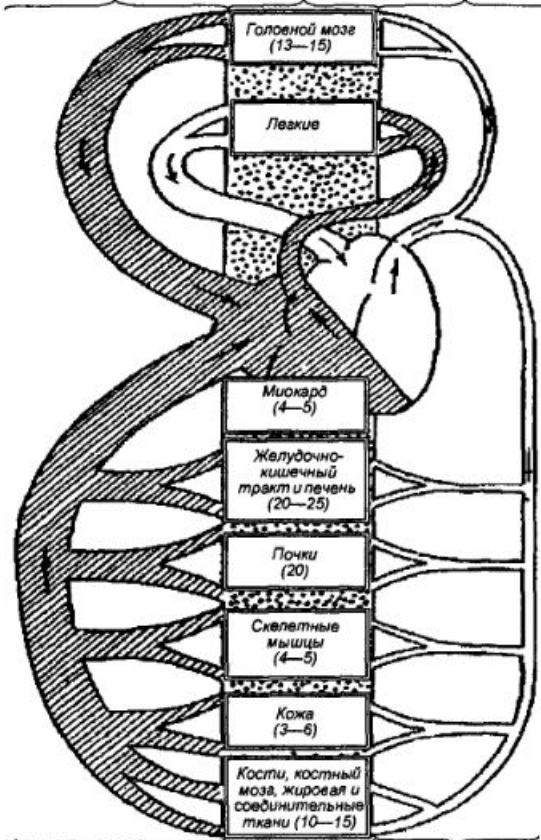
**Сердце** – автоматический насос, нагнетающий в артерии кровь, притекающую из вен.

**Сосуды** – эластичные трубки, по которым кровь течет от сердца к тканям (артерии и артериолы), протекает через ткани, вступая с ними в обменные процессы (капилляры) и возвращается к сердцу (венулы и вены).



### ОБЛАСТИ

Большого объема (венозная)      Транскапиллярного обмена (капилляры)      Высокого давления (артериальная)



70—80 %      5—10 %      15—20 %

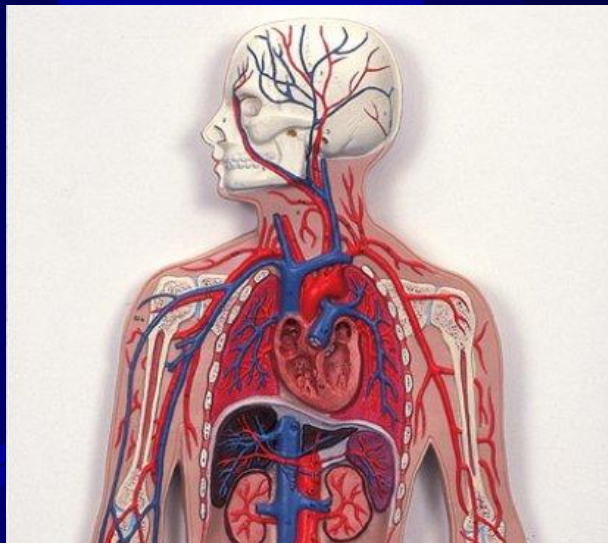
ОБЪЕМ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ КРОВИ



## Распределение крови в сердечно-сосудистой системе

Кровь (около 5 л) в системе кровообращения распределена так:

- В сердце – 5-7%
- В артериях – 15-20%
- **В венах – 70-75%**
- В капиллярах – 5-10%



## В какой части сосудистой системы самое высокое и самое низкое кровяное давление?

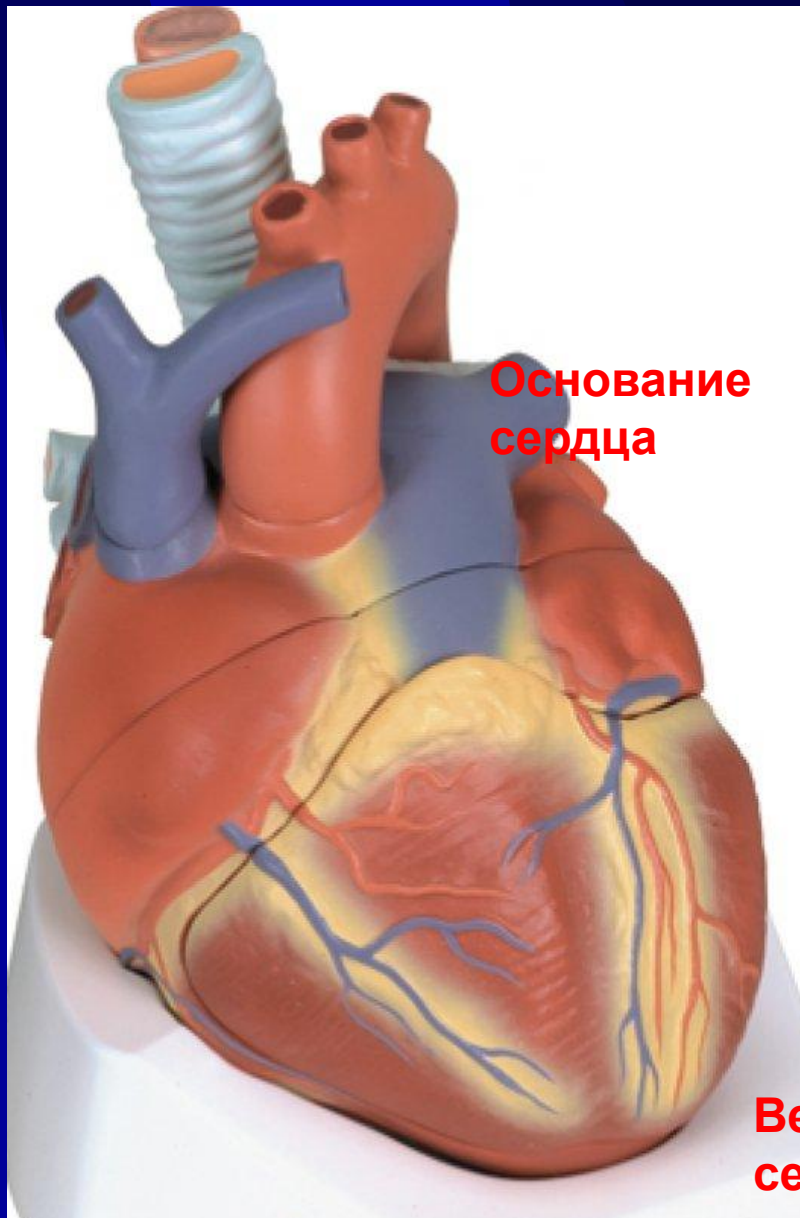
Кровяное давление высокое - в артериях,  
низкое - в венах

## Какие сосуды склонны к сжатию (уменьшению просвета), а какие склонны к растяжению?

К сжатию склонны артерии,  
к растяжению склонны вены.

Сосуд	Давление, мм рт. ст.	Объем, см <sup>3</sup>
Аорта	100—120	30
Магистральные артерии	100—120	60
Ветвящиеся артерии	80—90	50
Терминальные артерии	80—90	25
Артериолы	40—60	25
Капилляры	15—25	60
Венулы	12—18	110
Терминальные вены	10—12	130
Ветвящиеся вены	5—8	270
Венозные коллекторы	3—5	220
Полые вены	1—3	100





**Основание  
сердца**

**Верхушка  
сердца**

- **Модель сердца. Внешний вид спереди.**

**Масса сердца 250-350 г**

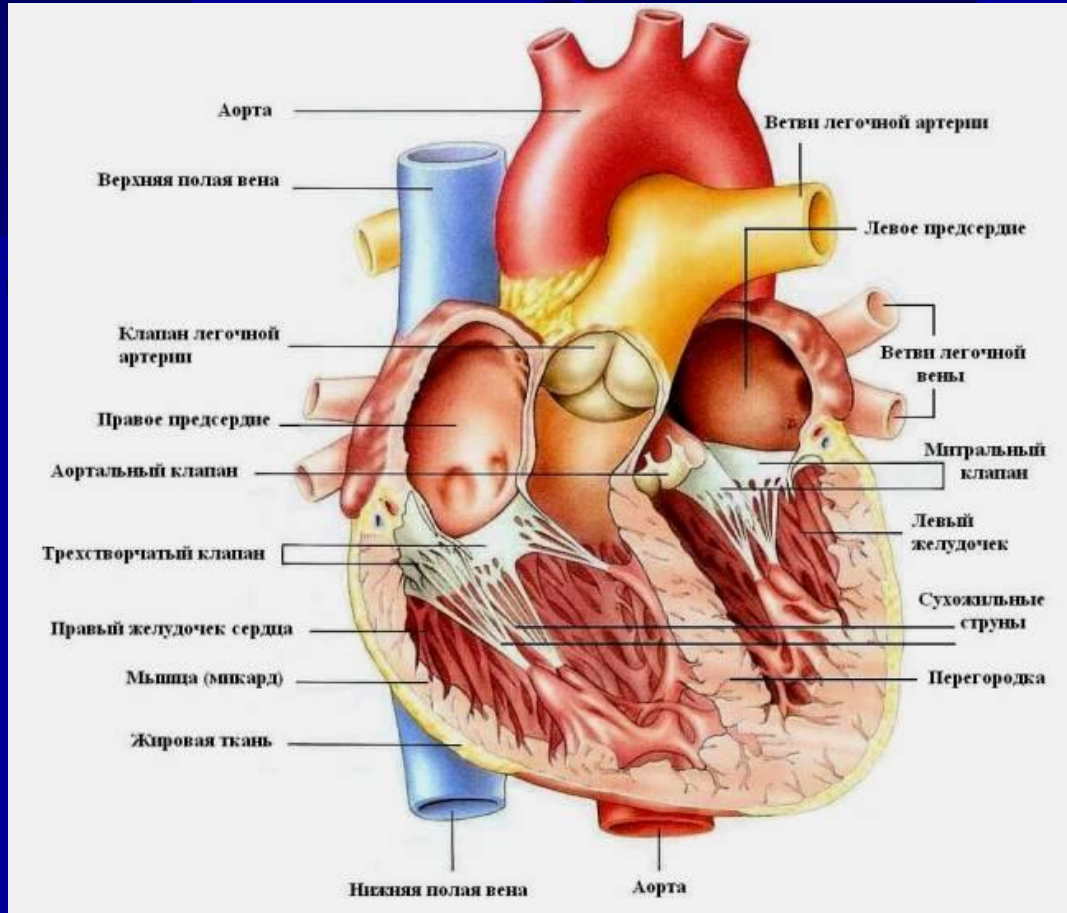
**Частота сокращений сердца (ЧСС)  
в покое 65-75 уд/мин**

**При физических нагрузках ЧСС  
повышается до 150-180-200  
уд/мин.**



# Продольный разрез сердца

Сердце состоит из 4 камер:



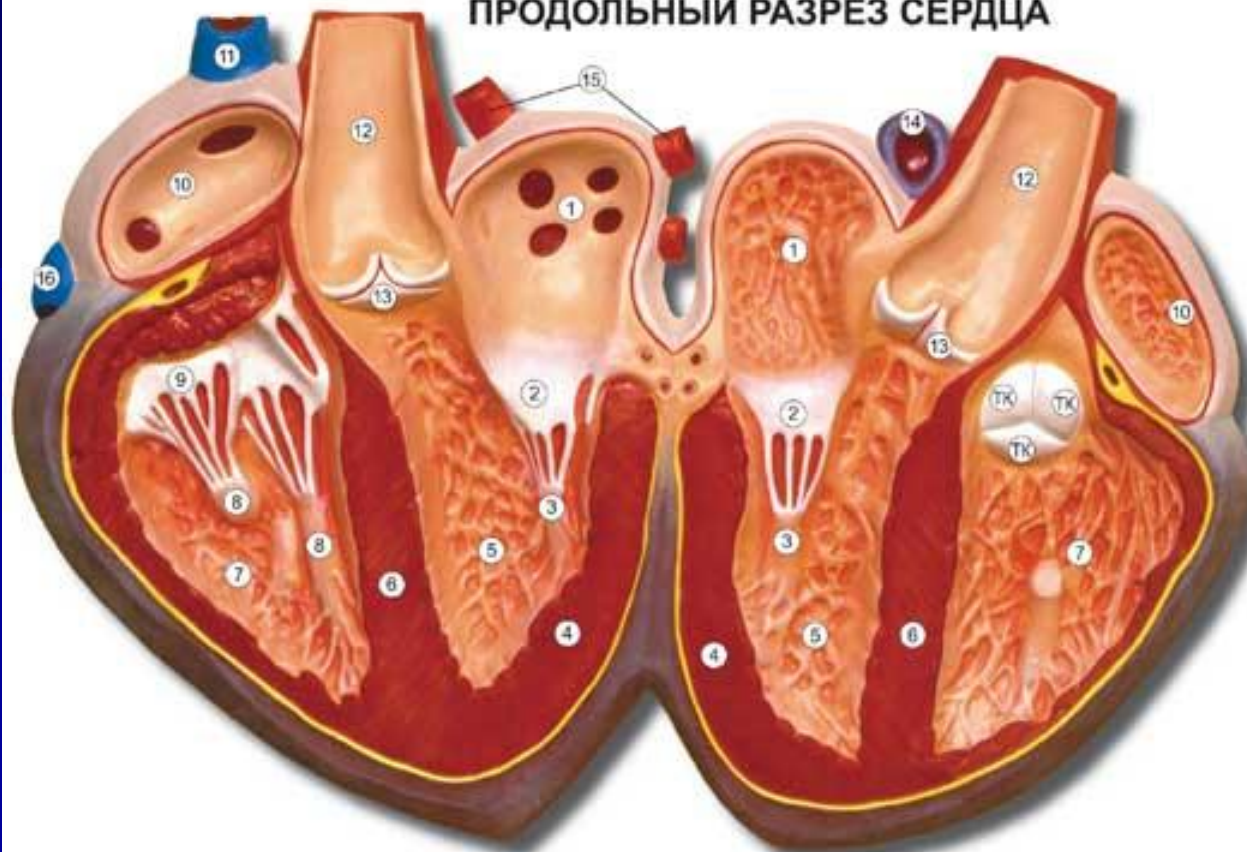
- Стенки сердца образованы особой мышечной тканью – **миокардом**
- Толщина стенки левого желудочка сердца больше, чем правого. Почему?

Если трудно разобраться - смотрим далее схему...

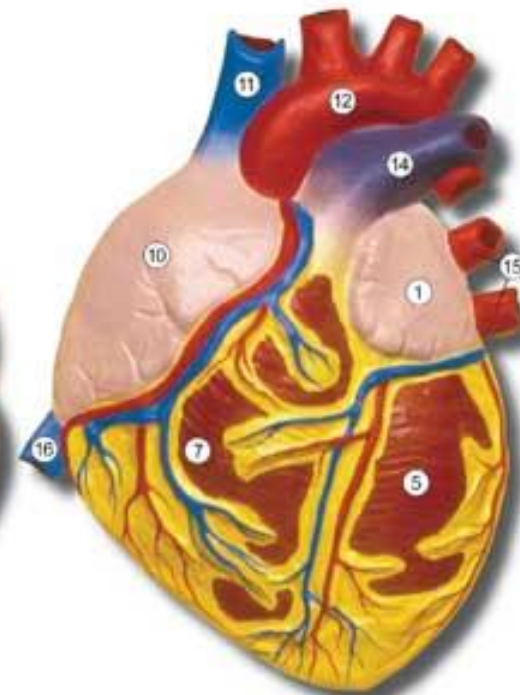


# СТРОЕНИЕ СЕРДЦА

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ СЕРДЦА

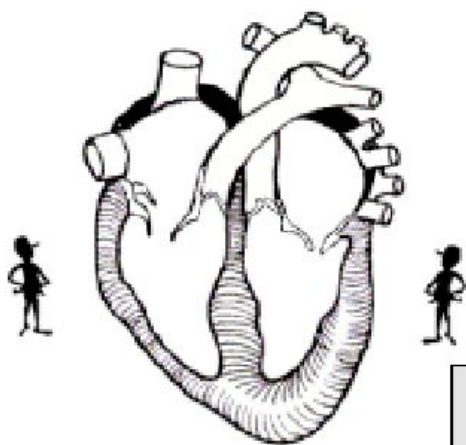


ВИД СПЕРЕДИ

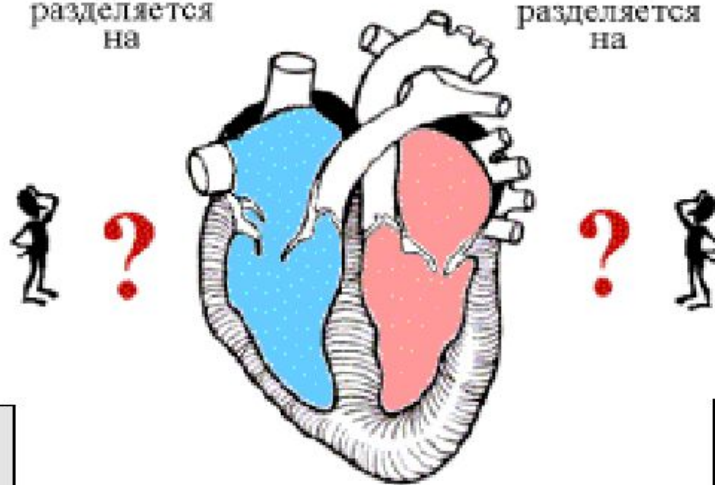


1- левое предсердие, 2- сухож. нити митрального клапана, 3- сосочковые мышцы митрального клапана, 4- стенка левого желудочка, 5- левый желудочек, 6- перегородка, 7- правый желудочек, 8- сосочковые мышцы трехстворчатого клапана, 9- сухожильные нити трехстворчатого клапана, 10- правое предсердие, 11- верхняя полая вена, 12- аорта, 13- клапаны аорты, 14- легочный ствол (легочная артерия), 15- легочные вены, 16- нижняя полая вена

?  
Различают  
части сердца  
человека  
?

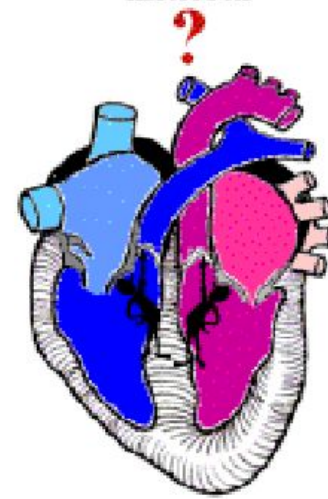


Правая  
часть сердца  
разделяется  
на

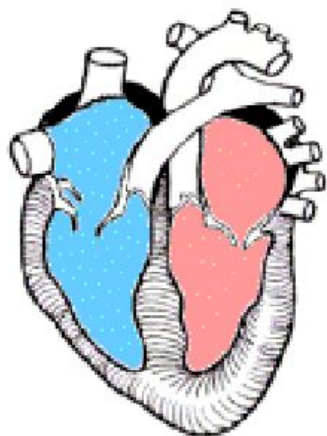


Левая  
часть сердца  
разделяется  
на

Между  
желудочками и артериями  
имеются



Различают  
правую и левую  
части сердца  
человека

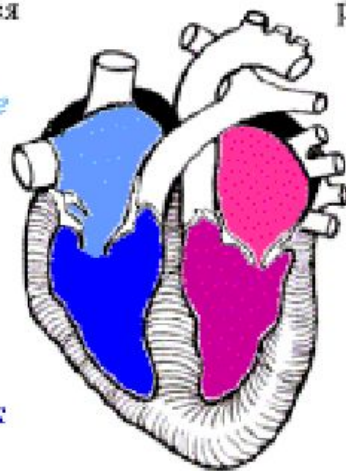


Правая  
часть сердца  
разделяется  
на

правое  
предсердие



и  
правый  
желудочек



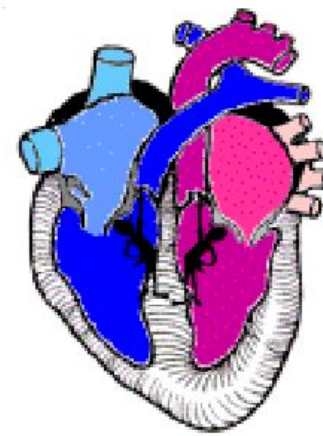
Левая  
часть сердца  
разделяется  
на

левое  
предсердие



и  
левый  
желудочек

Между  
желудочками и артериями  
имеются  
полулунные  
клапаны



# Сердечный цикл

При ЧСС

70 уд/мин

0,4 с

0,1 с

0,05 с

0,25 с

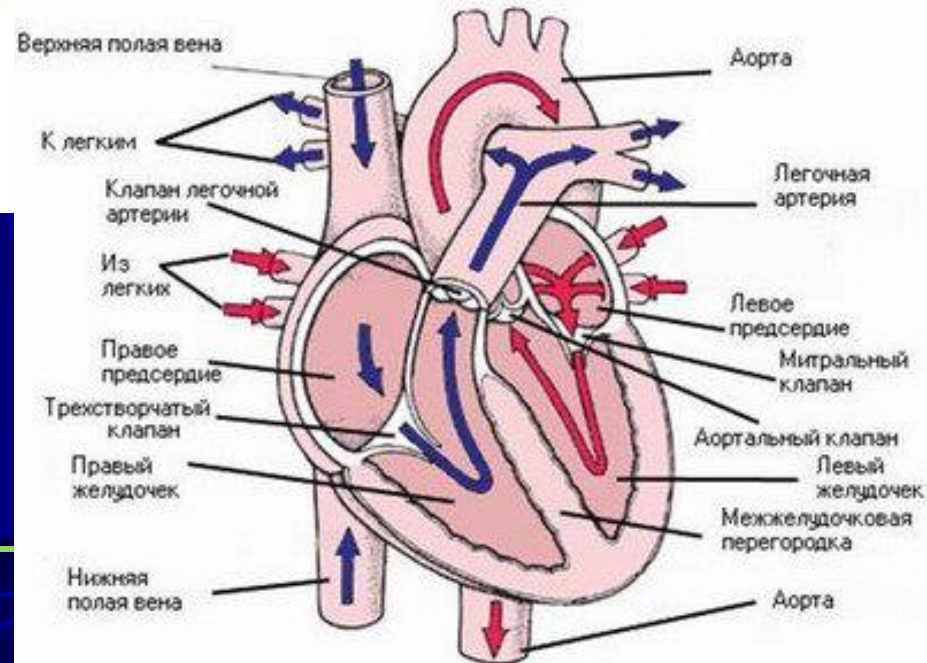
Ventricular diastole

Atrial systole

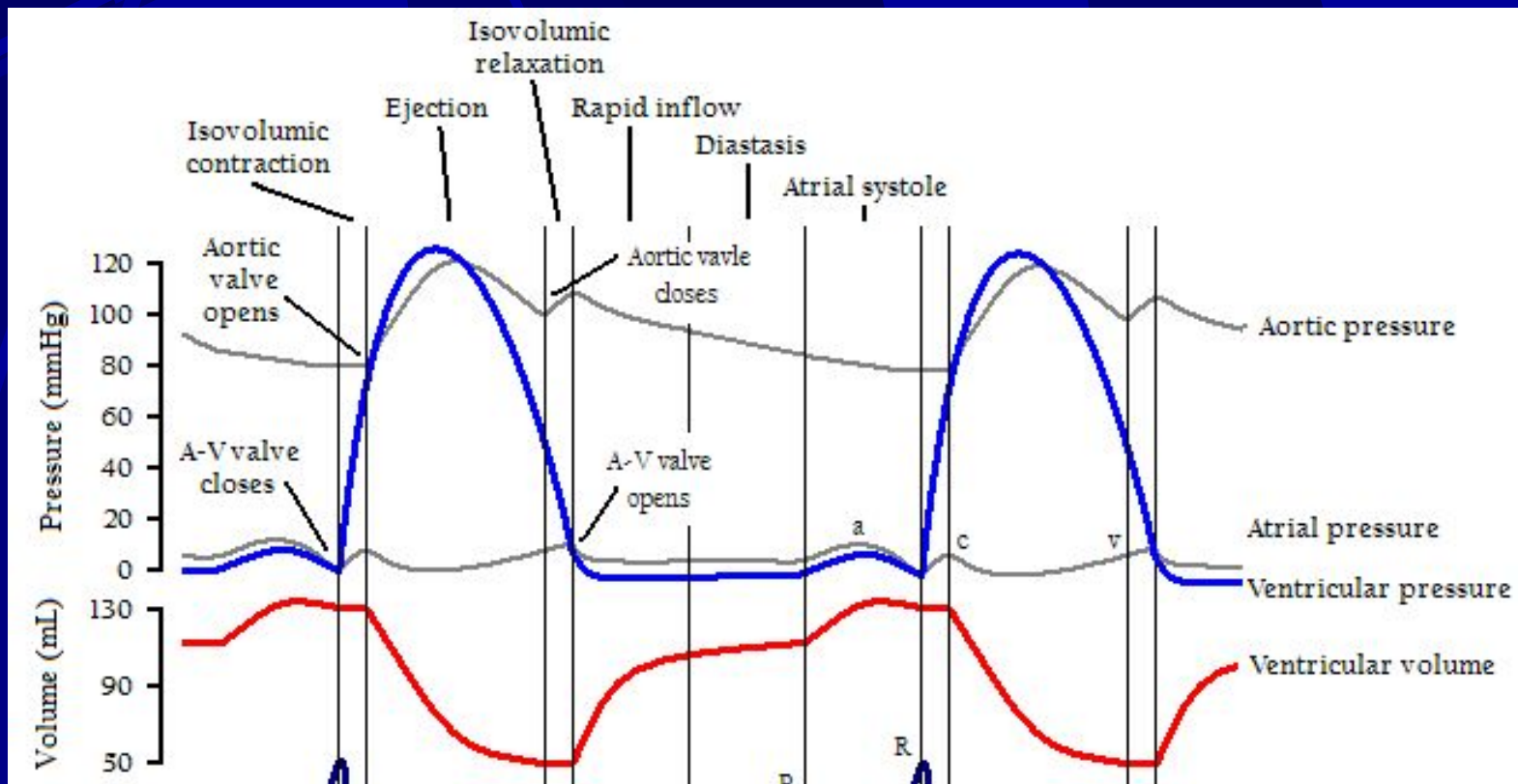
Isovolumic ventricular contraction

Ventricular systole

Движение крови через камеры сердца во время сердечного цикла



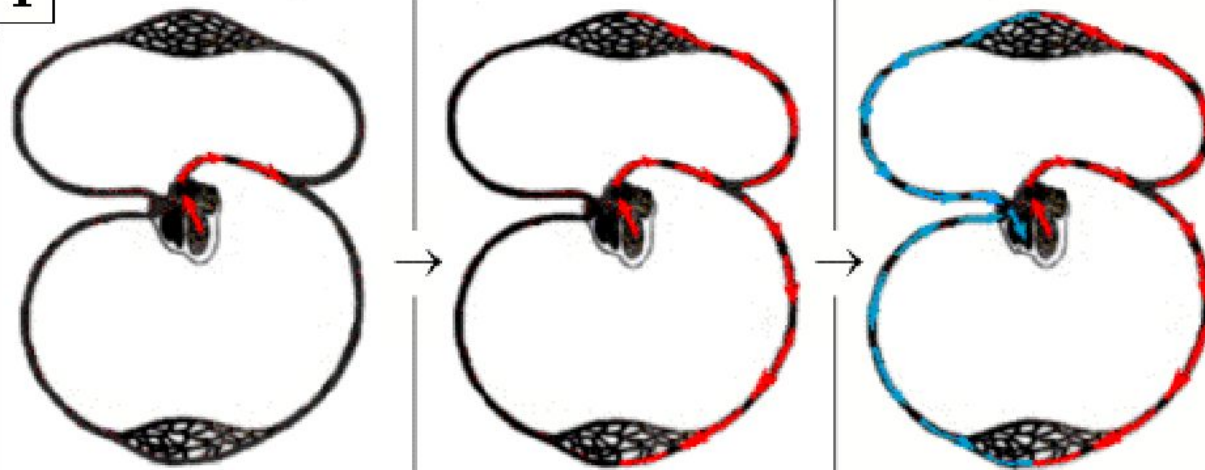
# Графическая регистрация механической работы сердца, кровяного давления в ходе сердечного цикла



# КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

*Большой круг кровообращения*

1



2

*Малый круг кровообращения*



Это схема  
кругов  
кровообращения

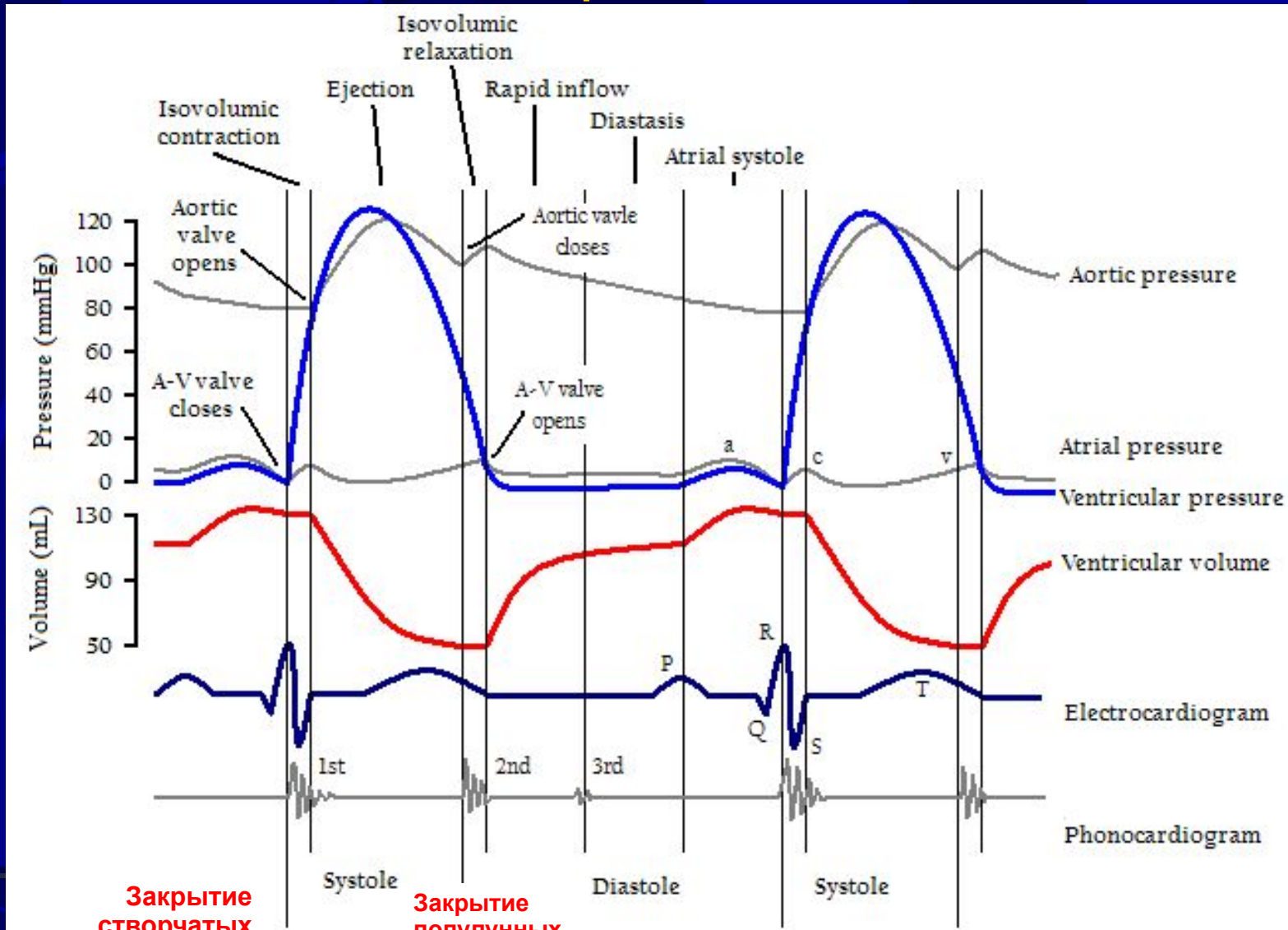
3



# Модель кругов кровообращения



# Графическая регистрация электрической и механической работы сердца, кровяного давления в ходе сердечного цикла



**Закрытие створчатых клапанов**

**Закрытие полулунных клапанов**



# Функциональные свойства миокарда

**Автоматия** – способность к ритмическим автоматическим сокращениям (за счет водителей ритма – скопления атипических мышечных клеток в миокарде)

**Длительный период абсолютной рефрактерности** – охватывает весь период сокращения сердца. (Никакое новое раздражение не способно вызвать дополнительное сокращение)

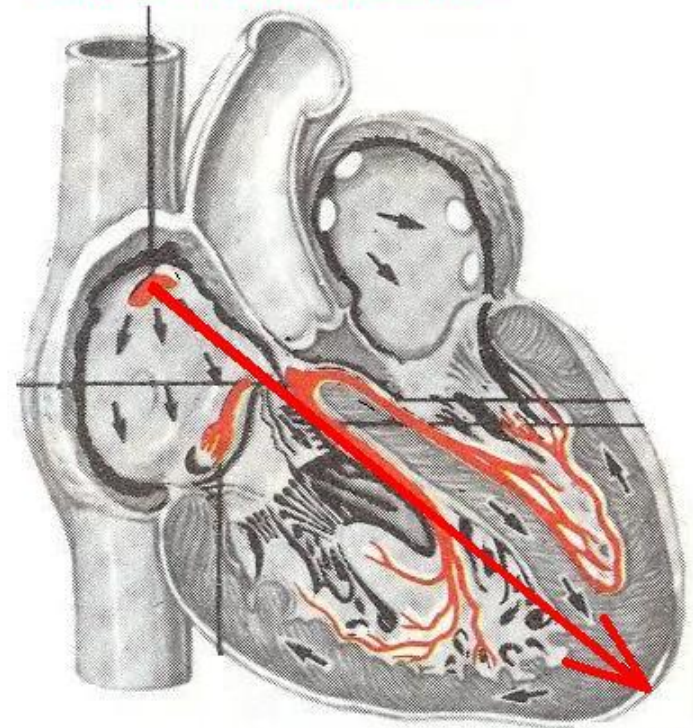
Способность к **одновременному возбуждению и сокращению** всех ее мышечных волокон (поскольку они не имеют оболочки и соединены через плазматические мостики)

# Биоэлектрическая активность сердца

Сердце обладает **АВТОМАТИЕЙ**.

В норме водителем ритма сердца, генерирующим возбуждение, является **синусно-предсердный узел** в правом предсердии. Из него волна возбуждения распространяется на другие отделы сердца и запускает процесс сокращения – систолу сердца. Волна возбуждения в сердце распространяется **строго определенным образом**, что отражается в изменении разности потенциалов электрического поля сердца. Регистрация биопотенциалов сердца с поверхности тела – **электрокардиография** - позволяет получить характерную кривую – **электрокардиограмму (ЭКГ)**.

Синусно-предсердный узел



вектор

Электродвижущей силы сердца

# Автоматия сердца обеспечивается водителями ритма

Водитель сердечного ритма первого порядка – узел **Кейт-Фляка** – расположен в стенке правого предсердия в месте впадения полых вен

Водитель сердечного ритма второго порядка – узел **Ашоф-Тавара** – расположен в перегородке между предсердиями и желудочками. От него отходит пучок Гиса и две его ножки – правая и левая.

Водитель сердечного ритма третьего порядка – **волокна Пуркинье**, образованные разветвлением ножек пучка Гиса.

# Проявления сокращений сердечной мышцы:

Механические явления – изменения плотности сердечной мышцы, формы сердца и его положения в грудной клетке (кардиография и баллистография)

Звуковые явления – тоны сердца вызываються захлопыванием клапанов (фонокардиография)

Электрические явления – электрические потенциалы при возбуждении миокарда (электрокардиография)

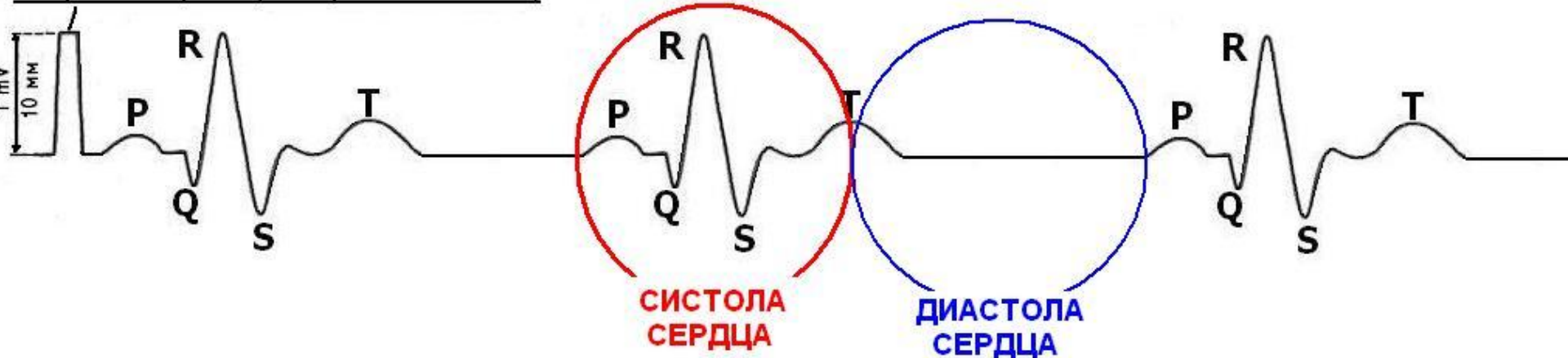
# Фрагмент ЭКГграммы

Контрольная кривая (калибровочный сигнал)



# Фрагмент ЭКГ-граммы и соответствие ее участков фазам сердечного цикла

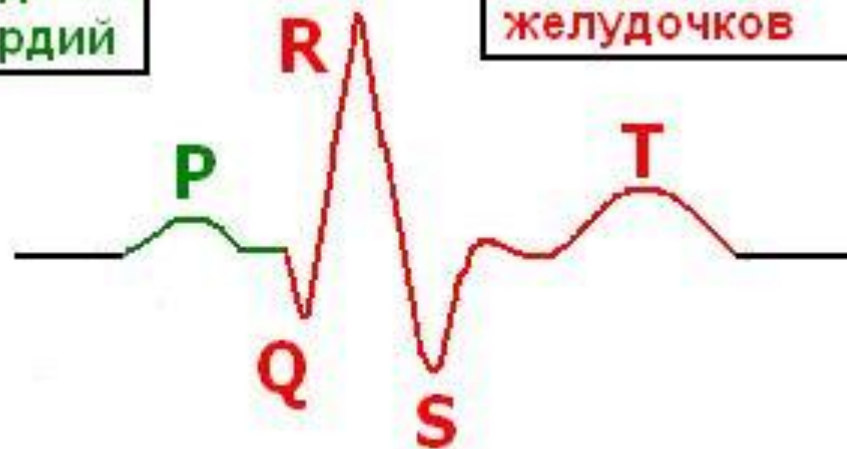
Контрольная кривая (калибровочный сигнал)



# Основные зубцы ЭКГ

Зубец P -  
возбуждение  
предсердий

Комплекс QRST -  
возбуждение  
желудочков



Зубцы P, R, T - обычно положительные  
Зубцы Q, S - обычно отрицательные

# Электрокардиограмма – запись электрических явлений в сердце

Зубец	Отражает	Время (сек)	Понижен	Повышен
<b>P</b>	Возбуждение предсердий	0,08-0,1	У подростков, спортсменов	Гипертрофия желудочков. При мышечной работе
<b>PQ</b>	Изоэлектрический сегмент	0,2		
<b>QRS</b>	Распространение возбуждения по желудочкам	0,12		Гипертрофия мышц желудочков и у спортсменов
<b>ST</b>	Изоэлектрический сегмент	0,12		
<b>T</b>	Окончание возбуждения в желудочке, повышенный обмен в миокарде и кровоснабжение	0,4	В начале мышечной работы	При мышечной работе, у спортсменов



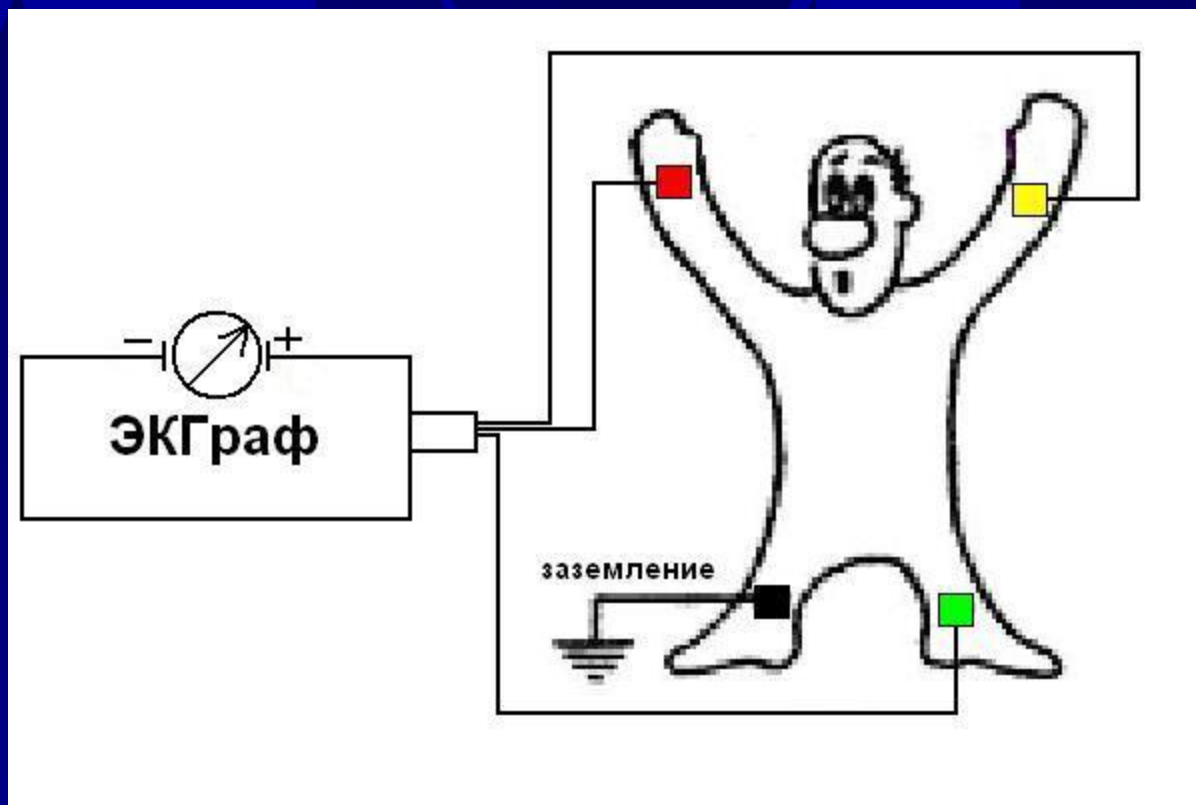
# Оборудование для регистрации ЭКГ

- Электрокардиограф многоканальный или аппаратно-программный комплекс (Валента, Россия)
- Комплект электродов-клипс для конечностей
- Комплект грудных электродов в виде груш-присосок
- Электропроводный гель
- Кушетка

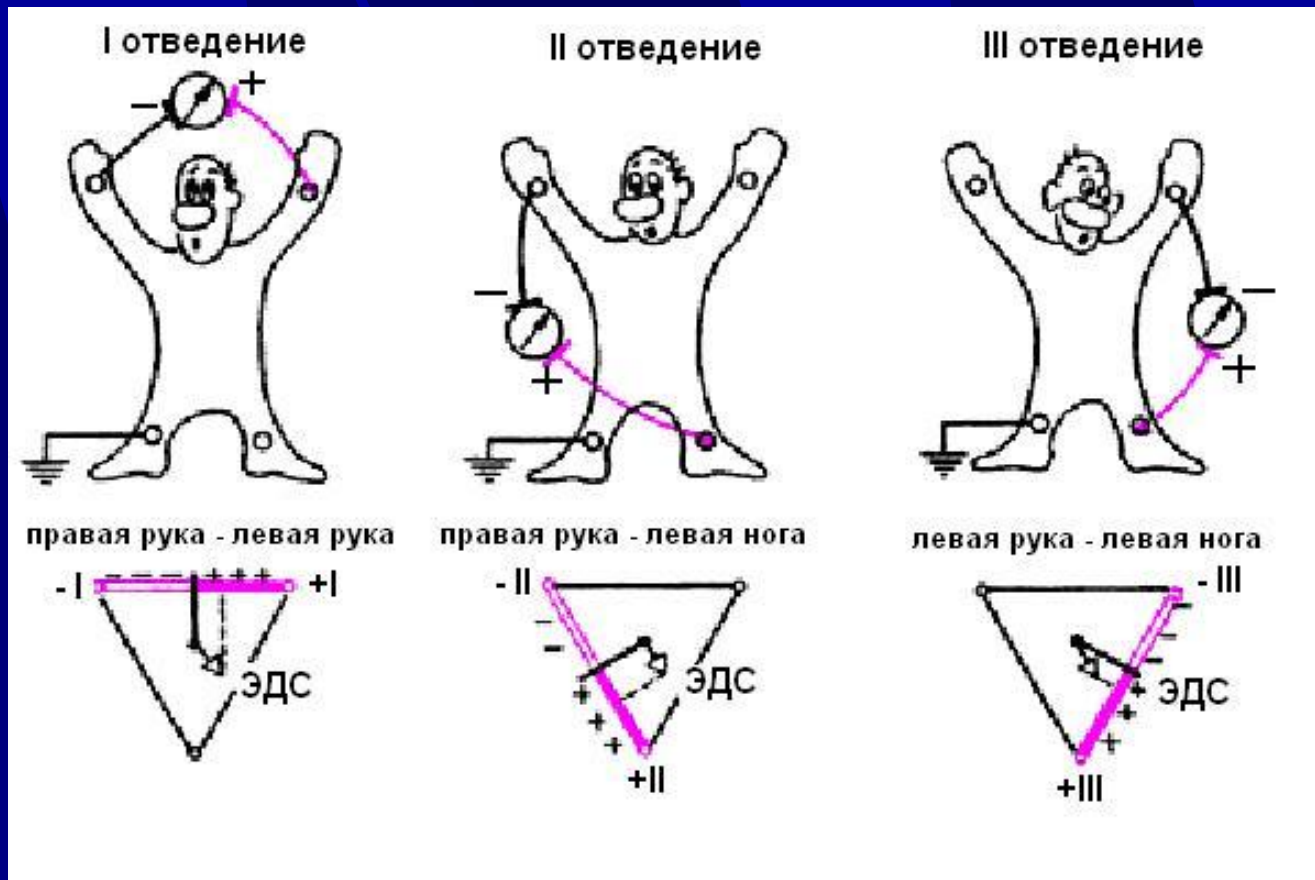
## Условия проведения исследования

- Регистрация ЭКГ производится в положении обследуемого лежа на спине
- После 10-15 мин отдыха
- В условиях комфортной температуры
- Вдали от электроприборов

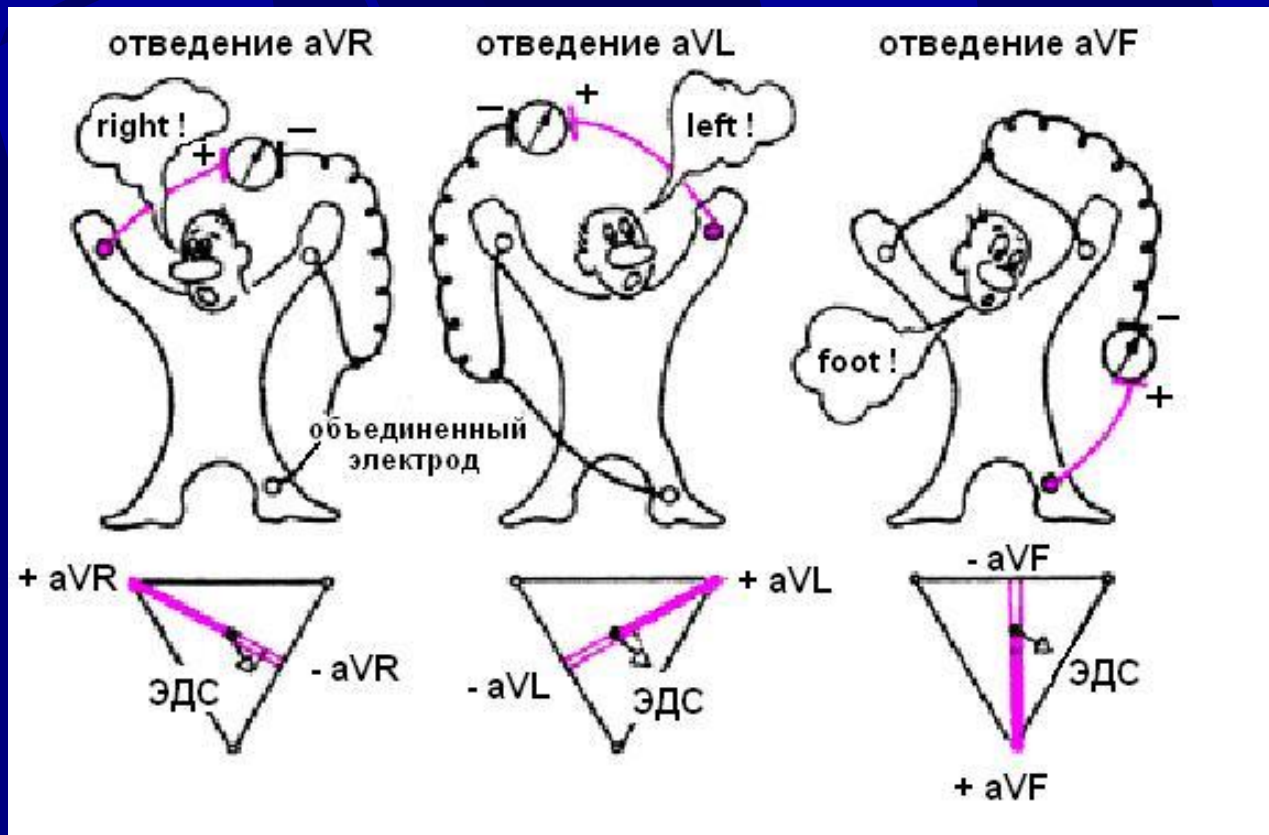
# Схема расположения отводящих электродов на конечностях



# Стандартные отведения ЭКГ от конечностей

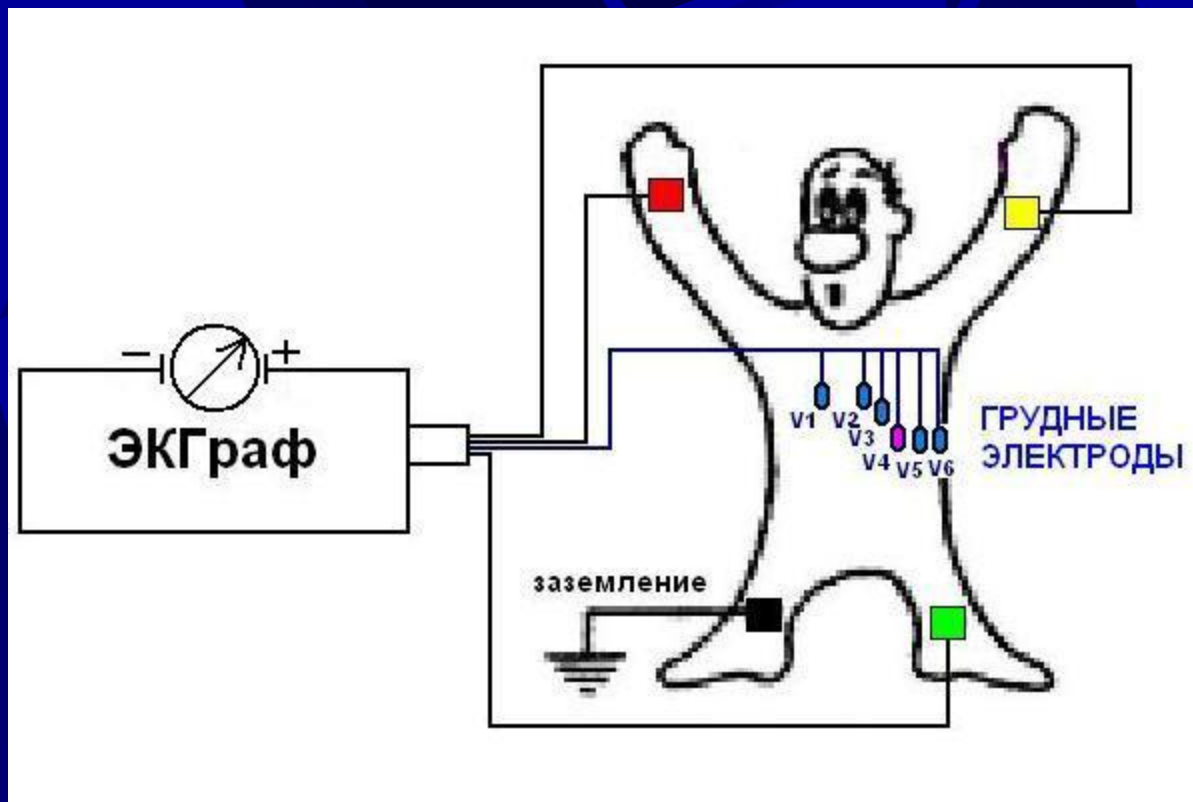


# Усиленные отведения ЭКГ от конечностей



«a» - augmented (усиленный), «V» - voltage (потенциал),

«R» - right (правый), «L» - left (левый), «F» - foot (нога).



Для регистрации ЭКГ одновременно устанавливаются все электроды: на конечности и на грудную клетку

Период 04.05.2009 ... 08.02.2010

Пациент Абдуллаев Шамиль Абдуллаевич (20 лет)

Дата	Методика	Пациент	№	Статус
03.02.2010	ЭКГ	Абдуллаев Шамиль Абдуллаевич	17	✓
10.11.2009	ЭКГ	Алиманов Рафхат Ермакович	16	✓
10.11.2009	ЭКГ	Пономарев Сергей Владимиро...	15	✓
10.11.2009	ЭКГ	Смирнова Юлия Сергеевна	14	✓
05.11.2009	ЭКГ	Горст Нина Александровна	13	✓
27.10.2009	ЭКГ	Марижан Алексей	12	✓
27.10.2009	ЭКГ	Каров Алексей	11	✓

**Заключение**  
 Внимание! Некачественная запись сигнала. Возможны ошибки расшифровки.  
 Миграция водителя ритма.  
 Одиночные желудочковые экстрасистолы.

**Примечание**



ВАЛЕНТА

Новое

Одноканальное исследование

Анализ

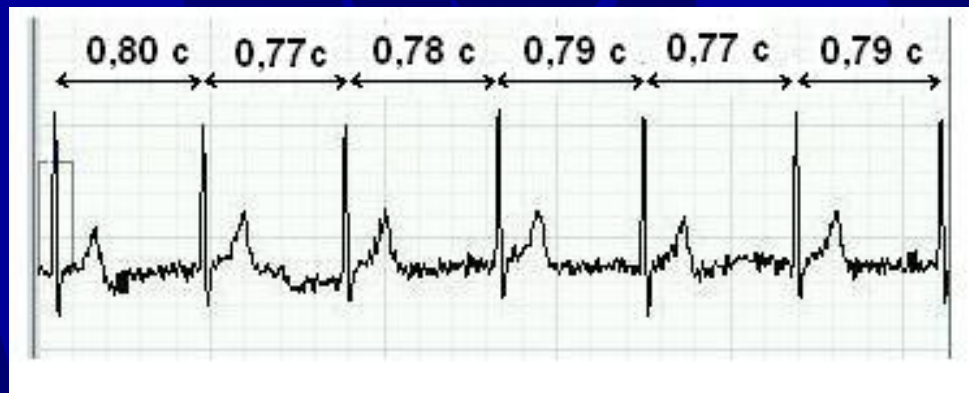
Печать

Выход

# Анализ электрокардиограммы

- **Определение правильности (регулярности) сердечного ритма.**

Производится измерение продолжительности сердечных циклов (интервалов R-R) в зарегистрированной ЭКГ.



## Заключение.

Ритм считается правильным, если разброс продолжительности интервалов R-R не превышает  $\pm 10\%$  от средней величины.



# Анализ электрокардиограммы

- Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) при правильном ритме

**Формула расчета:**

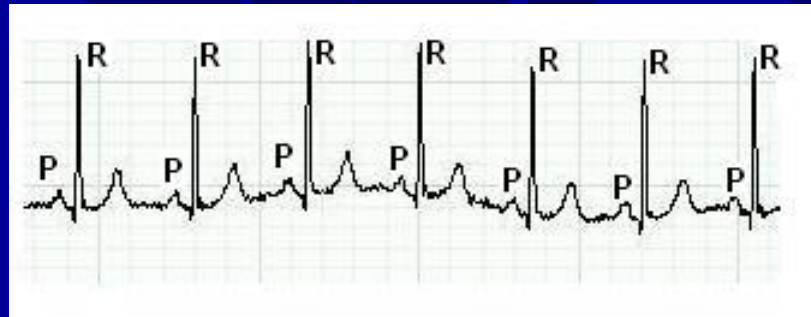
$$\text{ЧСС} = 60 / (R-R_{\text{сред}})$$

**Норма: 65-75 уд/мин (взрослый)**

# Анализ электрокардиограммы

- **Определение источника возбуждения – водителя ритма сердца.**

Определяется по положению зубца Р относительно комплекса QRS.



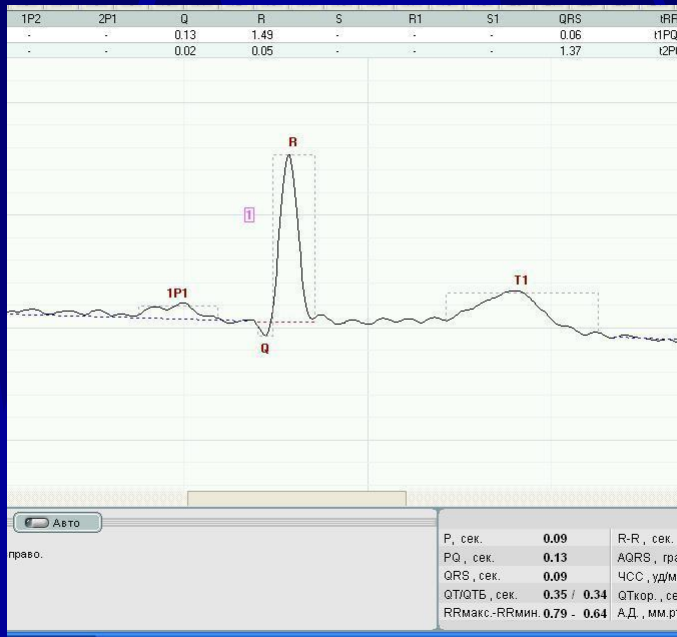
## Заключение.

Зубец Р во всех отведениях предшествует комплексу QRS.  
Ритм синусовый, то есть водителем ритма является синусно-предсердный узел. Это норма.

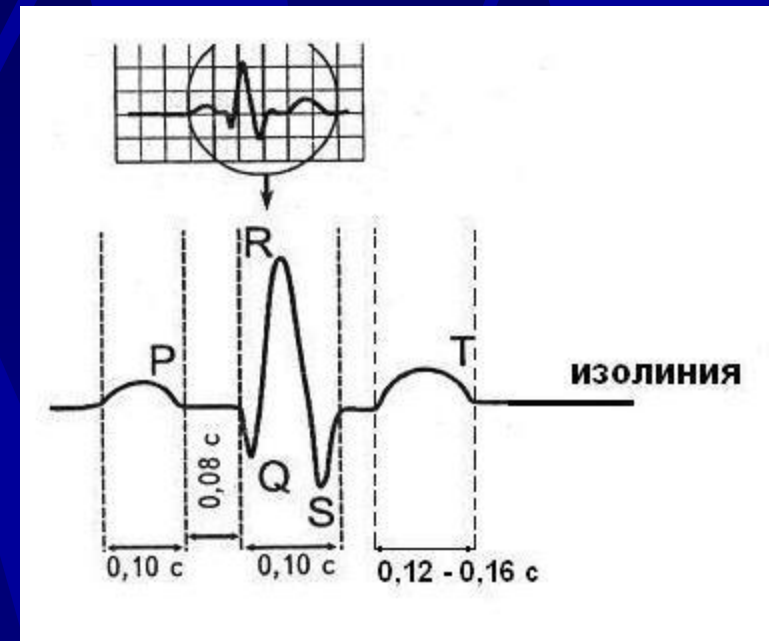
# Анализ электрокардиограммы

- Анализ продолжительности зубцов и интервалов ЭКГ

Производится измерение ширины зубцов и интервалов ЭКГ, амплитуды зубцов, оценивается выраженность и направленность зубцов в различных отведениях. Результаты сравниваются с нормами.



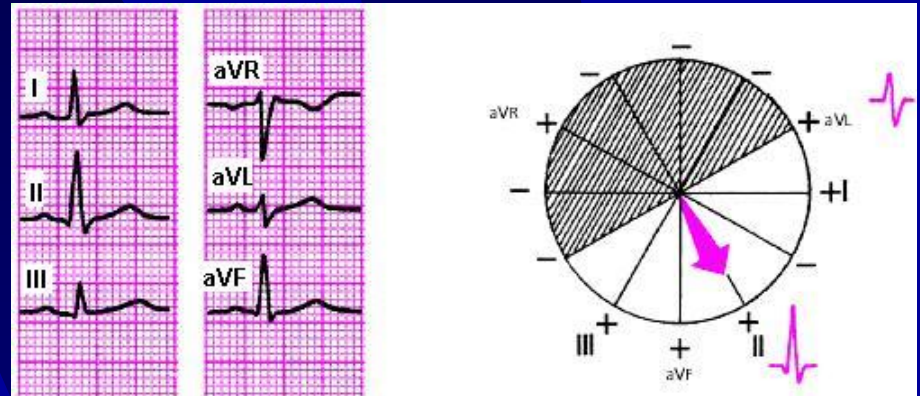
Измерения



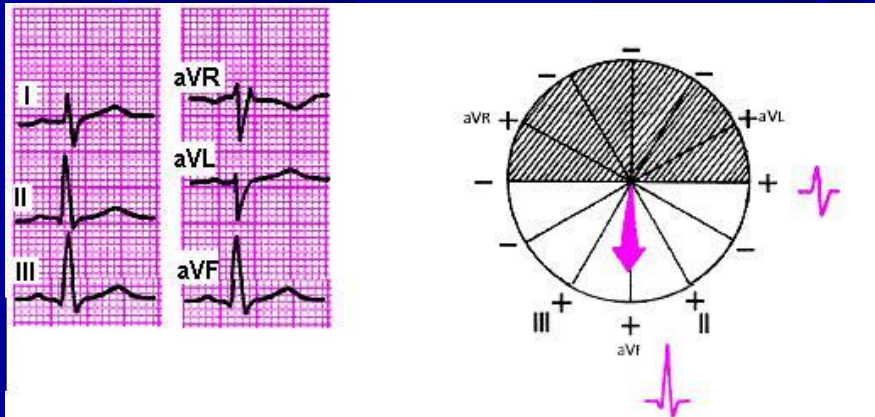
Нормы

# Анализ электрокардиограммы

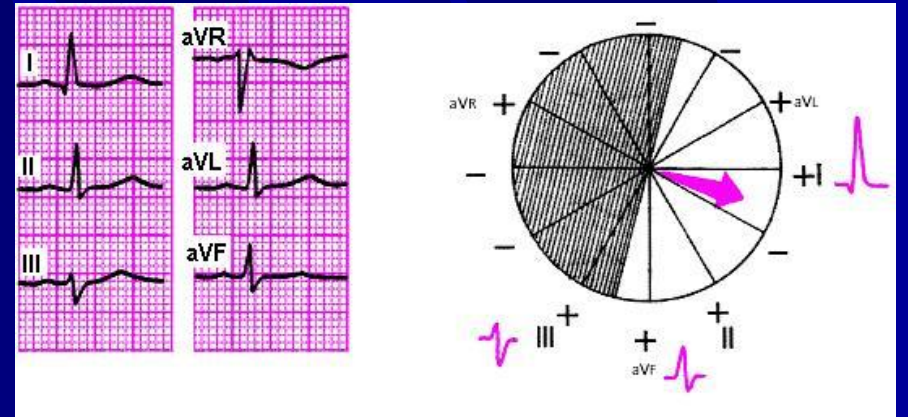
## Определение положения электрической оси сердца



Нормальное положение электрической оси сердца



Вертикальное положение электрической оси сердца



Горизонтальное положение электрической оси сердца

# Основные показатели работы сердца:

ЧСС уд./мин

Ударные объем крови

*Ударный объем или сердечный выброс - это количество крови, выталкиваемое сердцем за одну систолу. В покое равен 60-80 мл, при физической нагрузке повышается до 100-160 мл, у спортсменов – до 200 мл*

*Зависит от:*

*Возраста, пола, уровня физического развития, степени тренированности, положения тела*

**Минутный объем кровотока (МОК) – количество крови, проходящее через сердце за 1 минуту**

- это произведение систолического объема на частоту сердечных сокращений. В покое около 5 л/мин
- при мышечной работе необходимая величина МОК достигается, главным образом, за счет учащения сердечных сокращений и увеличения ударного объема крови. Достигает 16-20 и даже 35 л /мин (у тренированных людей)

# Регуляция работы сердца

Внутриклеточные механизмы

Внутрисердечная регуляция

Внесердечная регуляция

Влияние центральной нервной системы

Гуморальная регуляция

# Внутриклеточный механизм регуляции

Если сердечная мышца постоянно испытывает необходимость в повышенной активности, происходит гипертрофия миокарда



# Эфферентная иннервация сердца (вегетативная нервная система)

**Рефлексогенные зоны** в эндокарде и стенках сердца

**Сердечно-сосудистый центр** в продолговатом мозге

**Двигательные нейроны**  
(интрамуральные) расположены вблизи водителей ритма и образуют внутрисердечное нервное сплетение

# Вегетативные нервные центры регулируют:

Возбудимость клеток водителей ритма и ЧСС (*хромотропный эффект*)

Длительность фаз сердечного цикла (*дромотропный эффект*)

Силу сердечных сокращений (*инотропный эффект*)

Величину порога возбуждения кардиомиоцитов (*батмотропный эффект*)



# Кардиальные рефлексy:

Собственные рефлексy возникают с рецепторов в сердце или сосудах и заканчиваются на сердце или сосудах

Сопряженные рефлексy - начинаются в *других органах* и заканчиваются на сердце и сосудах

# Собственные рефлексы сердца возникают:

При раздражении *барорецепторов* камер сердца, дуги аорты, каротидного синуса, легочных артерий, устьев полых вен

При раздражении *хемотрецепторов* артерий (гипоксия  тахикардия, гипероксия  брадикардия)

# Собственные сердечно-сосудистые рефлексy

начинаются и заканчиваются в сердце или сосудах

Рефлексы с рецепторов дуги аорты и каротидного синуса – повышение системного артериального давления возбуждает барорецепторы каротидного синуса, что приводит к возбуждению центров блуждающего нерва и отмечается торможение деятельности сердца

Аортальный рефлекс – снижение давления в аортальной зоне приводит к снижению частоты импульсов, идущих по депрессорному нерву в продолговатый мозг, что приводит к торможению центров блуждающего нерва и увеличению тонуса симпатических нервов и рефлекторному повышению АД

# Сопряженные кардиальные рефлексы возникают

при раздражении рефлексогенных зон других органов, т.е. начинаются в других органах и заканчиваются на сердце и сосудах (рефлекс Геринга, рефлекс Гольца, рефлекс Данини-Ашнера)

# Рефлекс Геринга – урежение сокращений сердца при задержке дыхания

Раздражение  
барорецепторов  
каротидного узла

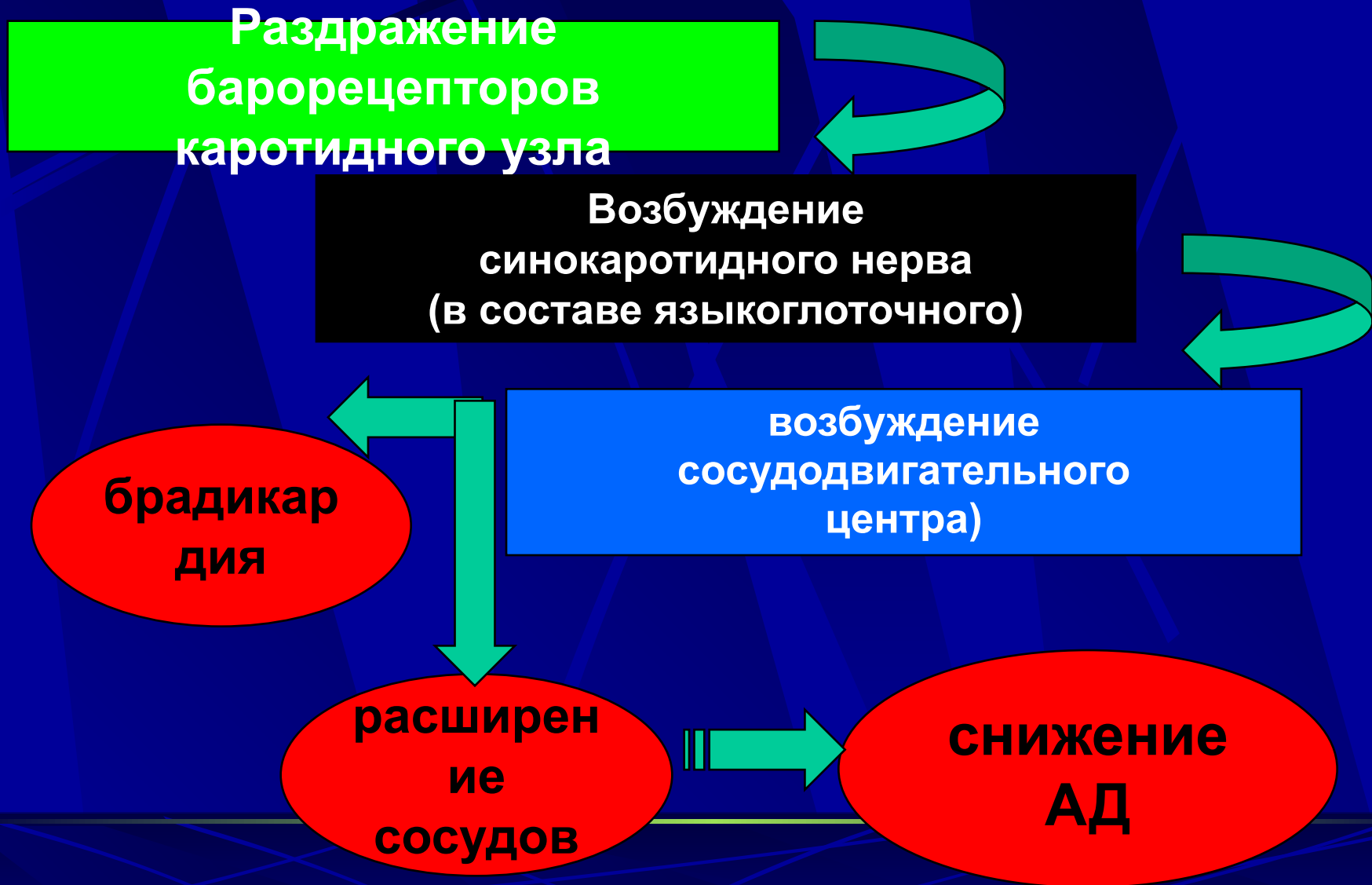
Возбуждение  
синокаротидного нерва  
(в составе языкоглоточного)

возбуждение  
сосудодвигательного  
центра)

брадикар  
дия

расширен  
ие  
сосудов

снижение  
АД



## Рефлекс Гольца –

при ударе в эпигастральную область в результате стимуляции механорецепторов брюшины и органов брюшной полости возникает рефлекторная брадикардия вплоть до полной остановки сердца

## Рефлекс Данини-Ашнера

Брадикардия при надавливании на глазные яблоки



# Внесердечная регуляция

Показатели сердечной деятельности (эффекты)	Вагусная	Симпатическая
Сила сокращений (инотропный)	отриц	полож
Возбудимость миокарда (батмотропный)	отриц	полож
Проведение возбуждения (дромотропный)	отриц	полож
Тонус миокарда (тонотропный)	отриц	полож
Скорость нарастания давления в фазу изометрического сокращения (клинотропный)	отриц	полож

# Влияние центральной нервной системы на регуляцию кровообращения

Гипоталамус обеспечивает перестройку функций ССС по сигналам, поступающим из выше расположенных отделов ЦНС – лимбической системы и неокортекса

Кора больших полушарий влияет на работу сердца через вегетативную нервную систему и эндокринные железы. Отрицательные эмоции могут сопровождаться спазмом коронарных сосудов и болевыми ощущениями. Положительные эмоции влияют благоприятно.

# Гуморальная регуляция - биологически активными веществами

Гормоны – катехоламины, кортикостероиды, вазопрессин, глюкагон – повышают силу СС. Тироксин увеличивает чувствительность к симпатическим влияниям

Медиаторы – адреналин, норадреналин стимулируют сердечную деятельность

Метаболиты – стимулирующее (кальций, внутриклеточный калий) и тормозное (внеклеточный калий) влияние на деятельность сердца

## Регуляция частоты сердечных сокращений

