

Характеристика  
возбудимости,  
проводимости и автоматии  
сердечной мышцы

# Характеристика возбудимости.

- Возбудимость – это способность отвечать на раздражение генерацией ПД.
- Связана с наличием ионоселективных каналов в мембране кардиомицитов.

# Возбудимость сердечной мышцы зависит:

- 1) от величины ПП;
- 2) от величины  $E_{кр.}$ ;

# Потенциал покоя

- Это разность потенциалов между наружной и внутренней средой клетки.
- Величина ПП в различных клетках сердца:
- 1) в кардиомиоците – 90 мВ
- и почти целиком зависит от концентрационного градиента для  $K^+$ ,
- поддерживается работой Na – K насоса.

- 2) В клетках водителя ритма  
-60 мВ.
- Во время диастолы  
спонтанно снижается, т. е.  
возникает
- медленная диастолическая  
деполяризация.

# Потенциал действия

- В различных частях сердца имеет разную форму, различную ионную природу и разную причину возникновения.

# ПД типичного кардиомиоцита

- В норме возникает при поступлении к мышце желудочков стимула от синоатриального узла.

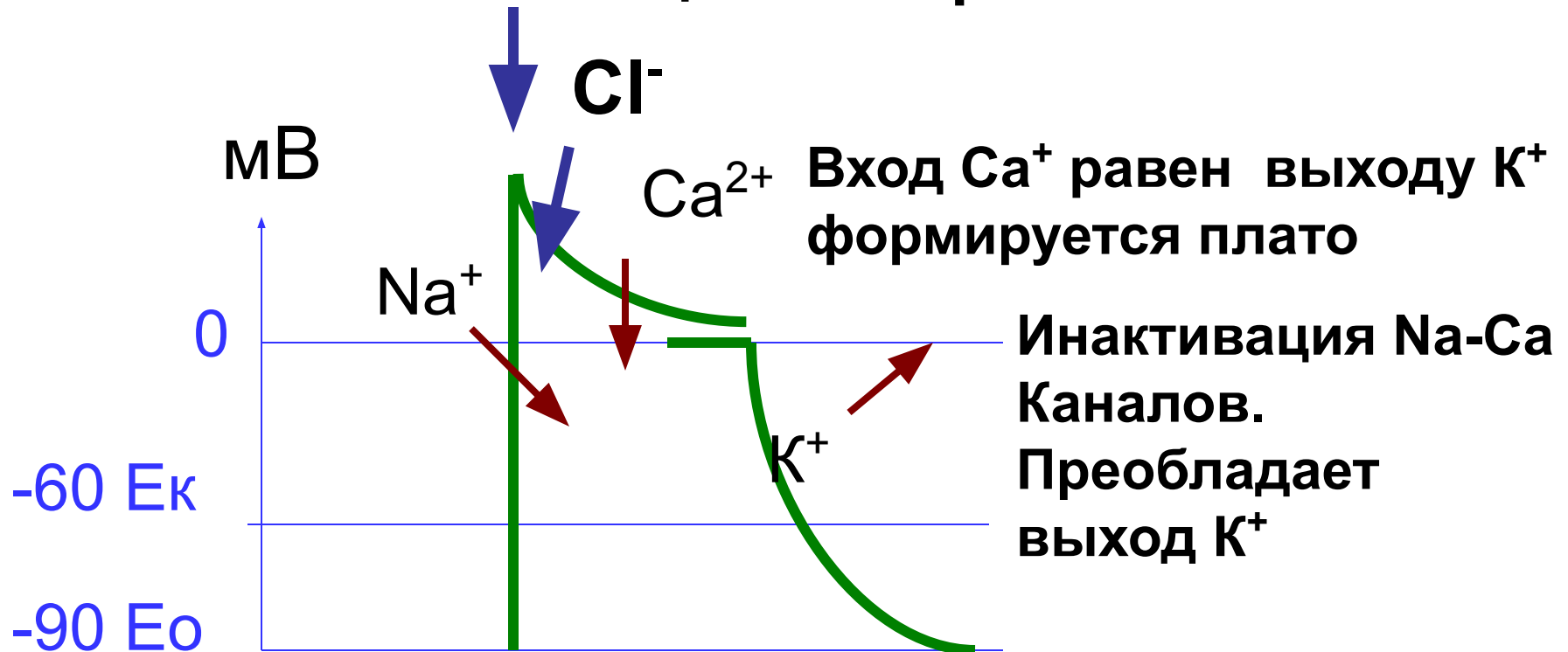


- Его формирование связано с работой быстрых каналов для  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , и медленных каналов для  $\text{Ca}^{2+}$ .
- ПД развивается при деполяризации мембраны до -60 мВ ( $E_{\text{K}}$  кардиомиоцита),
- открываются быстрые каналы для  $\text{Na}^+$ . Возникает деполяризация.

- При деполяризации до  $-40$  mV открываются медленные Na-Ca каналы.

# Платообразный ПД кардиомиоцита желудочков

Инактивация быстрых Na каналов

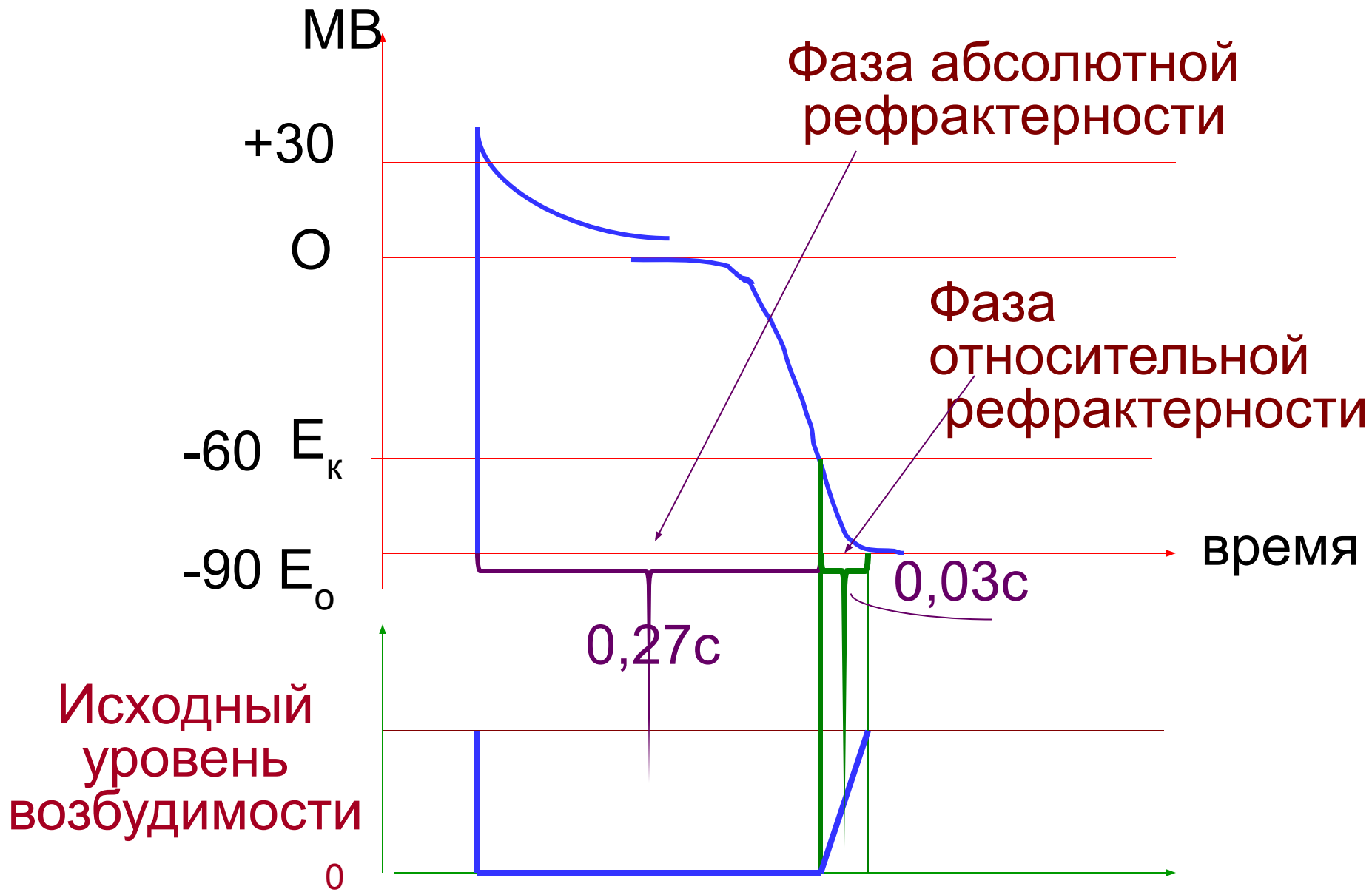


# Изменение возбудимости при возбуждении.

- Длительность ПД – 0,3сек;
- абсолютная рефрактерность (абсолютная невозбудимость) – 0,27сек;
- относительная рефрактерность – 0,03сек.

- Значение длительной абсолютной рефрактерности –
- не возникает суммации сокращений

# Изменение возбудимости при возбуждении



# Автоматия сердца

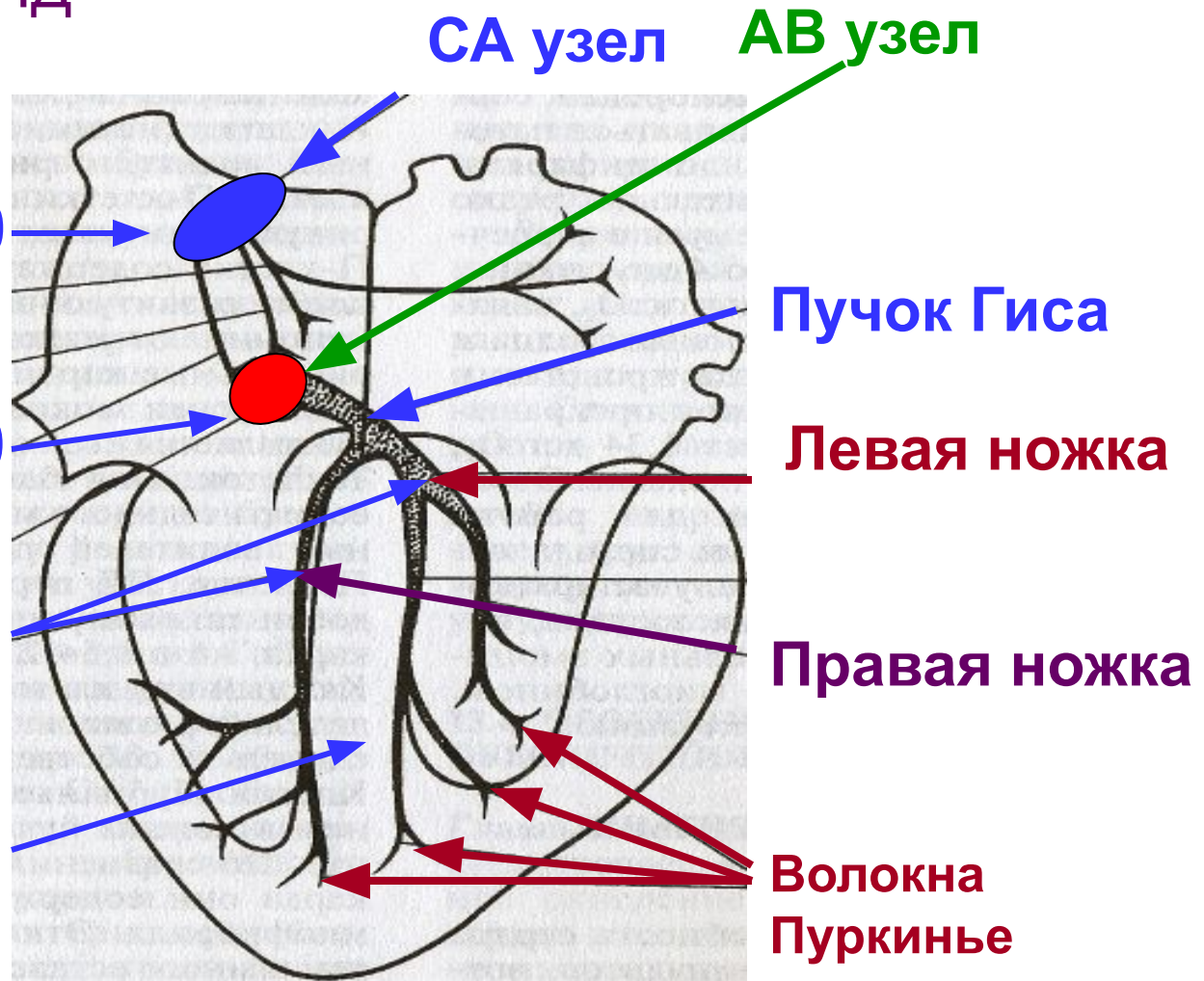
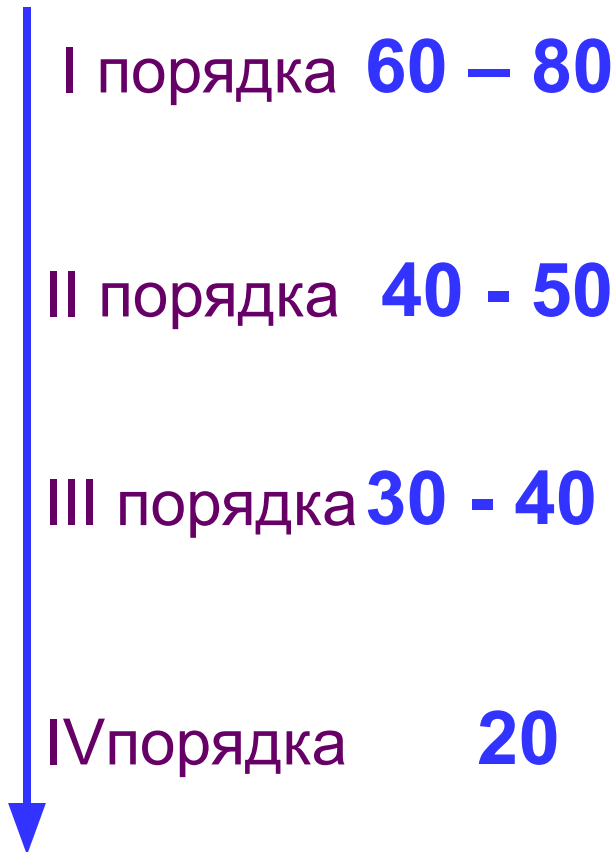
- Это способность сердца сокращаться под действием импульсов, возникающих в нем самом.
- Автоматией обладают только атипичические мышечные волокна сердца, образующие его проводящую систему
- Клетки рабочего миокарда автоматией не обладают.



# Градиент автоматии

Частота генерации ПД

**Порядок  
водителя ритма**



Убывающий градиент автоматии – снижение способности к автоматии от основания к верхушке.

# В норме работает только СА узел.

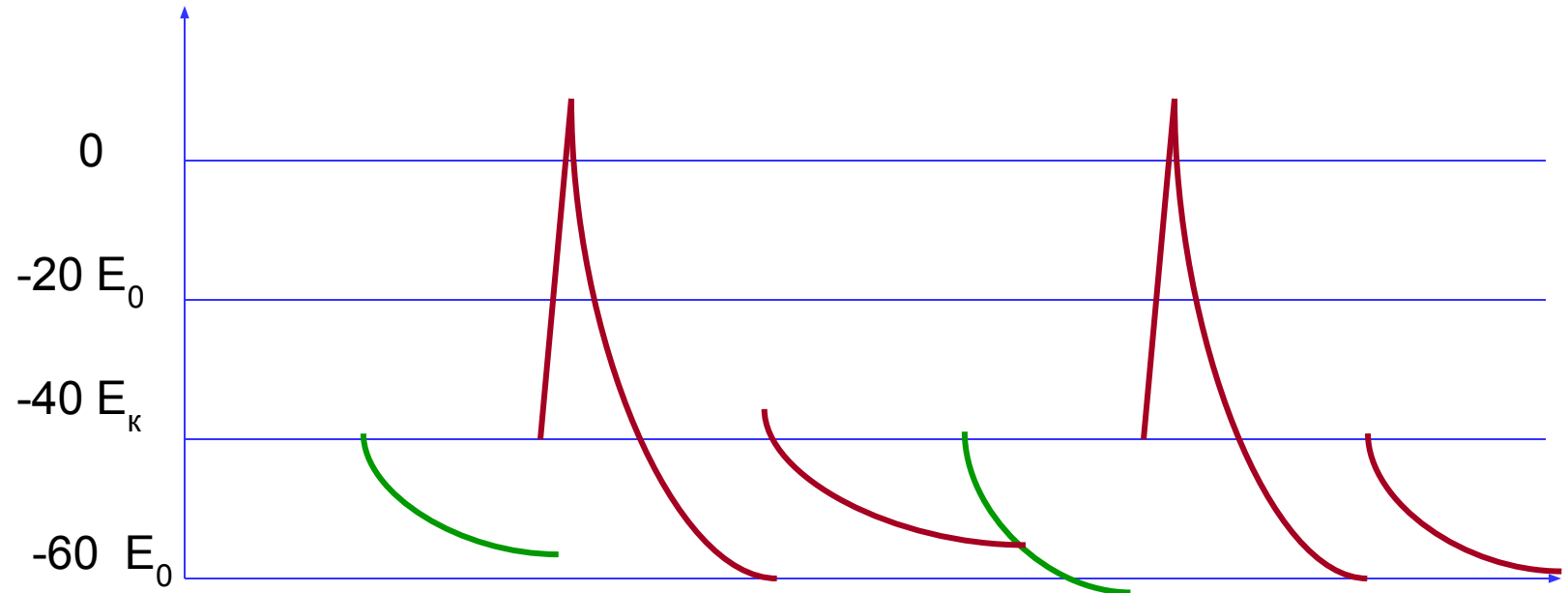
- Водители ритма с более низкой автоматией находятся в заторможенном состоянии.
- Пробуждение других водителей ритма приводит к экстрасистолии.

# Механизм автоматии

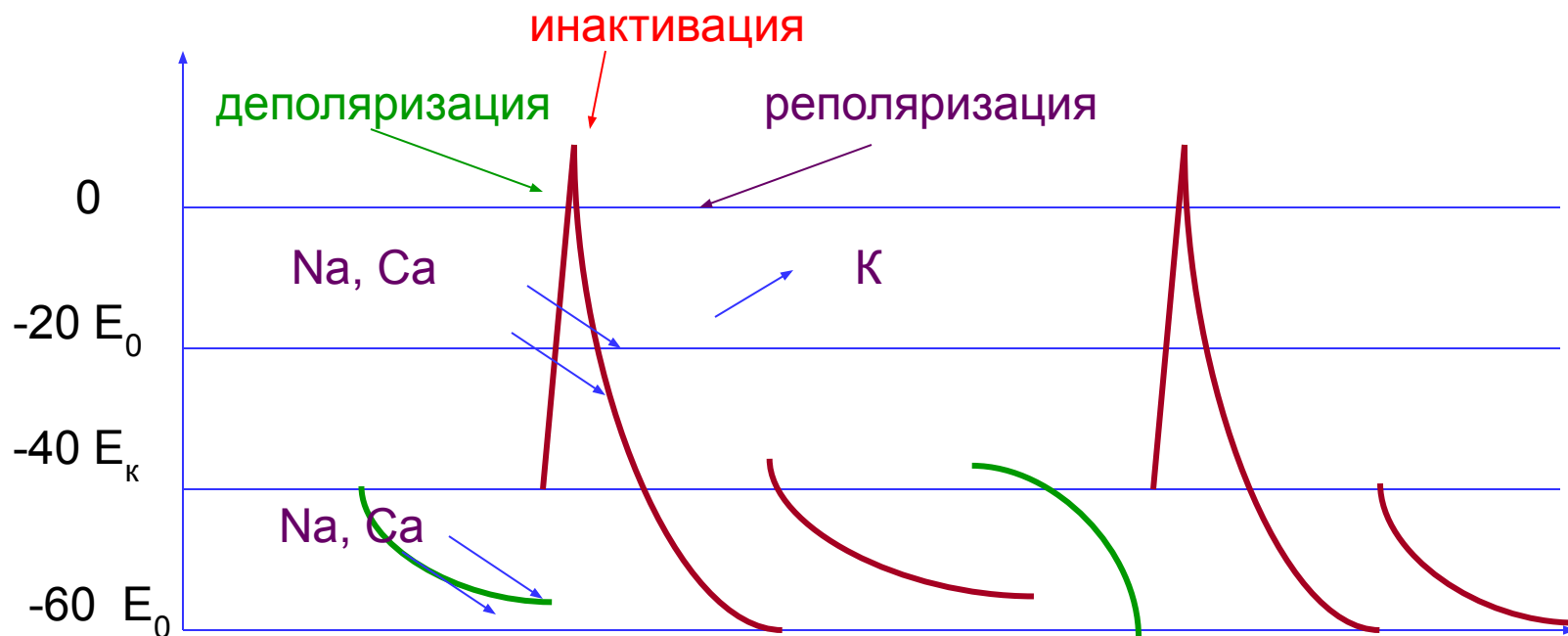
- Ритмичное возбуждение пейсмекерных клеток
- объясняется ритмичным спонтанным изменением в диастолу
- проницаемости их мембраны для ионов Na и Ca.

- Этот процесс называется
- медленная  
диастолическая  
деполяризация.

# Возникновение потенциала действия в клетках водителя ритма СА узла



**Ионный механизм  
потенциала действия  
в клетках водителя ритма**



- 3. Инактивация Na-Ca каналов происходит при значении мембранного потенциала  $0$  или ( $+10$  МВ) сразу после инверсии или в начале реполяризации.
- 4. Реполяризация связана с выходом  $K^+$  из клетки.
- ПП достигает исходного уровня  $-60$  МВ.
- Начинается новая МДД и новое возбуждение пейсмекера .



# Отличия ПД пейсмекера от ПД типичного кардиомиоцита

- 1. Возникает спонтанно, отражает свойство автоматию.
- 2. Малая крутизна нарастания.
- 3. Слабо выраженная инверсия заряда мембраны ( до +10 мВ).
- 4. Отсутствует выраженное плато.
- 5. Быстрая реполяризация плавно переходит в медленную.

- В норме:
- ЧСС 60 – 80 уд/мин. (у новорожденных до 140).
- Регистрируется дыхательная аритмия:
- на вдохе ЧСС выше, на выдохе снижается.

## Изменения автоматии:

- 1. синусовая тахикардия
- 90 -100 уд/мин.
- 2. синусовая брадикардия
- 40 – 50 уд/мин. (у спортсменов это норма)

- 3. Отсутствие ритма – асинхронное сокращение волокон миокарда:
- 1) трепетание 200 – 300 уд/мин.
- 2) мерцание 500 – 600 уд/мин. В этих случаях требуется применение дефибриллятора, дающего мощный разряд до 1000в.
- Цель – одновременно возбудить все кардиомиоциты

# Экстрасистолы

- – внеочередное сокращение сердца.
- Причины:
- а) внеочередное возбуждение синусового узла;
- б) пробуждение других желудочковых водителей ритма.
- При этом появляется компенсаторная пауза.

- Новые очаги возбуждения, лежащие вне синусового узла, называются **ЭКТОПИЧЕСКИМИ**

# Проводимость.

- Это способность типичных и атипических кардиомиоцитов проводить возбуждение.

# Проводящая система сердца

- Образована атипичическими кардиомиоцитами.
- Обеспечивает:
- 1. проведение возбуждения от СА узла к миокарду предсердий и желудочков.



- 1.автоматию сердца;
- 2.последовательность сокращений предсердий и желудочков за счет задержки проведения возбуждения в атриовентрикулярном узле;

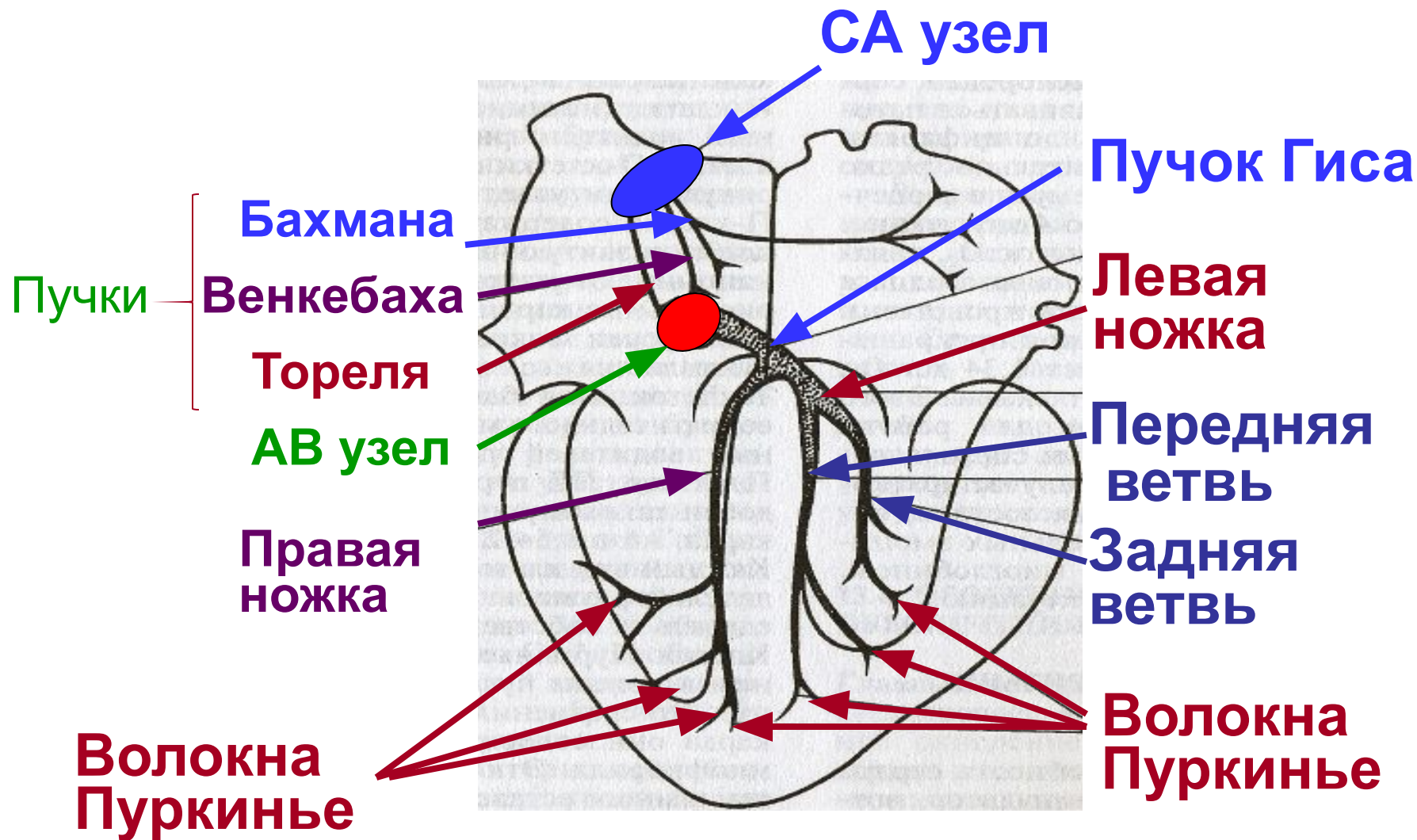
- 3. синхронное сокращение всех отделов желудочков;
- 4. надежность в работе сердца за счет наличия резервных водителей ритма.

# Элементы проводящей системы. Скорость проведения.

- 1) синоатриальный узел → пучки Бахмана → мышца правого и левого предсердия.
- $V = 0,8 - 1 \text{ м/с}$ .
- 2) По пучкам Венкебаха, Тореля возбуждение переходит на АВ узел.
- $V = 0,05 \text{ м/с}$  – атриовентрикулярная задержка.

- 3) Внутрижелудочковая проводящая система представлена общей, левой и правой ножками пучка Гиса, волокнами Пуркинье.
- $V = 4\text{ м/с}$ .
- 4) По рабочему миокарду возбуждение распространяется со скоростью  $1\text{ м/с}$ .

# Проводящая система сердца (фронтальный срез)



**Особенности  
распространения  
возбуждения в сердечной  
мышце.**

- Сердечная мышца – функциональный синцитий.
- Возбуждение распространяется по нексусам.
- Это увеличивает надежность проведения возбуждения в миокарде.

# Нарушения проводимости

- 1) **Атриовентрикулярные\_ блокады.**
- **Неполная.**
- Не все импульсы от СА узла доходят до желудочков.
- **Полная блокада.**
- В этом случае полностью нарушается проведение возбуждения.
- **Предсердия и желудочки работают каждый в своем ритме.**



## 2. Блокада ножек пучка Гиса.

- В результате желудочки сокращаются неодновременно.
- Коррекция нарушения проводимости.
- 1) Использование кардиостимулятора.
- 2) Лекарства, воздействующие на миокард, проводящую систему.

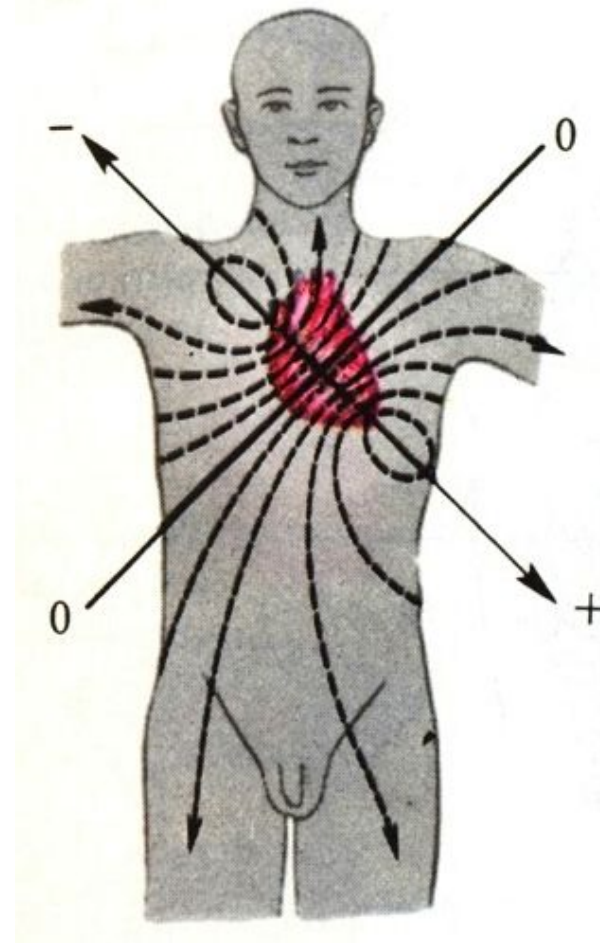
# **Биоэлектрические явления в целом сердце.**

**Возбудимость, проводимость и автоматию можно оценить по ЭКГ.**

- ЭКГ – запись изменений разности потенциалов,
- возникающих на поверхности сердца
- или окружающей его проводящей среде,
- при распространении возбуждения по сердцу.

# Работающее сердце - диполь

- Невозбужденный участок сердца – «+» возбужденный „-“.
- Силовые линии распределены вдоль тела.
- В зависимости от положения сердца и положения электродов вид ЭКГ будет различаться по форме и амплитуде зубцов.



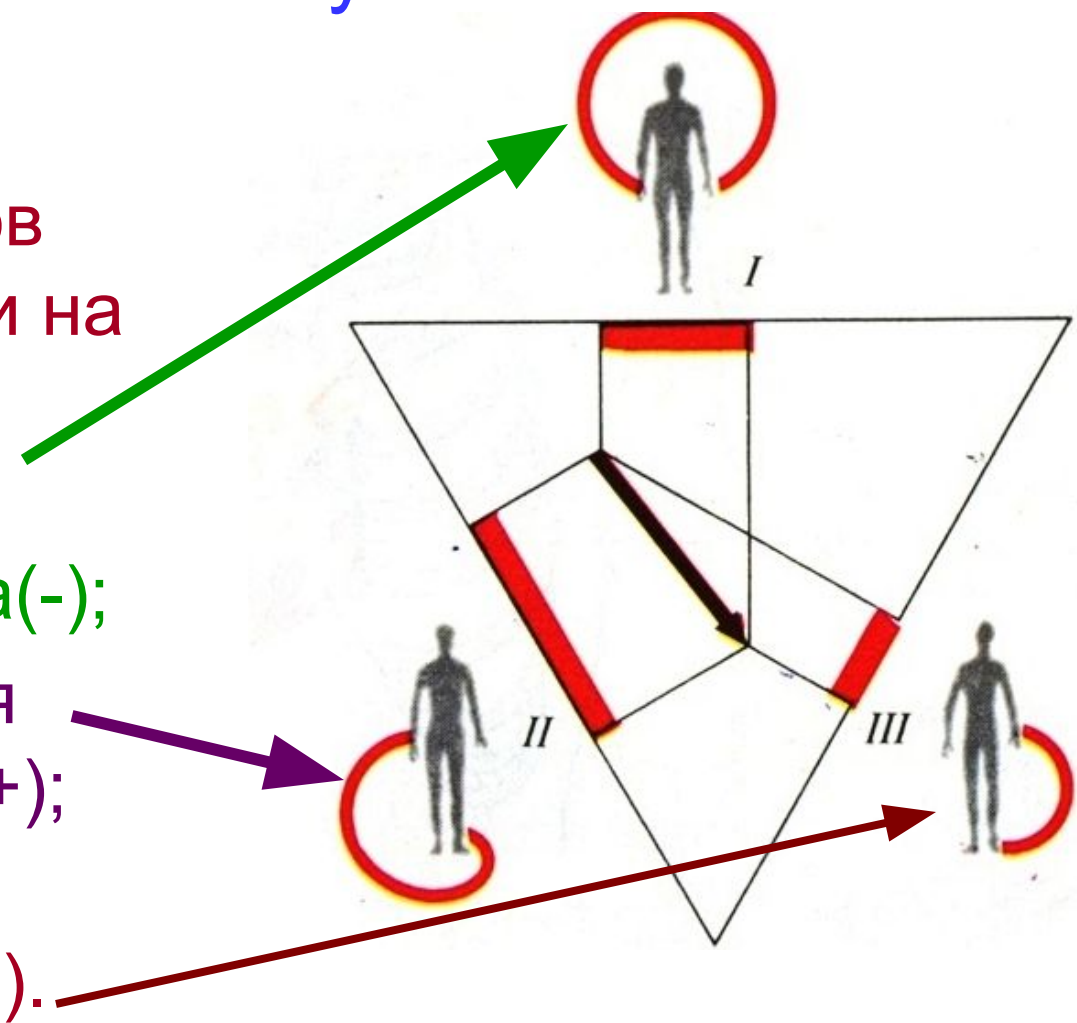
# Электрокардиографические отведения

- Это варианты расположения электродов на теле при регистрации электрокардиограммы.
- Виды отведений.
- 1.Монофазные – регистрируется потенциал в одной точке.
- 2.Биполярные – регистрируется разность потенциалов между двумя точками.

- Во всех случаях имеется 2 электрода.
- Один присоединяется к положительному полюсу гальванометра - положительный (активный) электрод.
- Второй – к отрицательному полюсу – отрицательный (нулевой) электрод отведения.

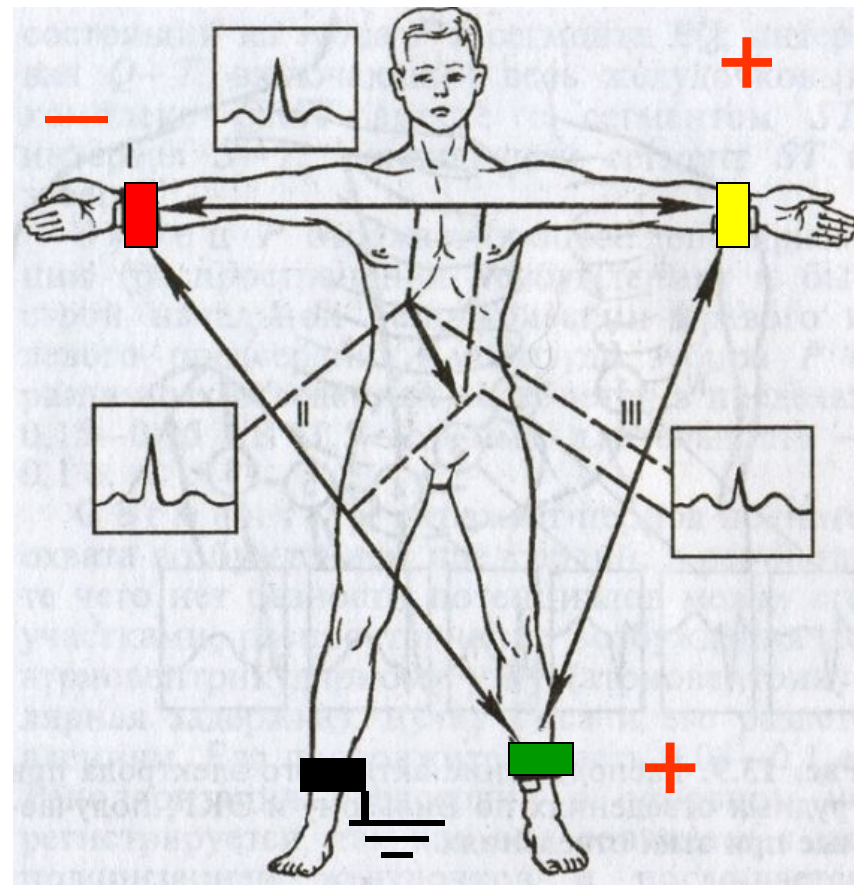
# Стандартные биполярные отведения ЭКГ по Эйнтховену

- Регистрируется разность потенциалов между двумя точками на конечностях:
- I отведение – левая рука(+) – правая рука(-);
- II отведение – правая рука(-) – левая нога(+);
- III отведение – левая рука(-) – левая нога(+).



# Расположение электродов

- Правая рука – красный
- Левая рука – **желтый**
- Левая нога – **зеленый**
- Правая нога - черный, заземляющий

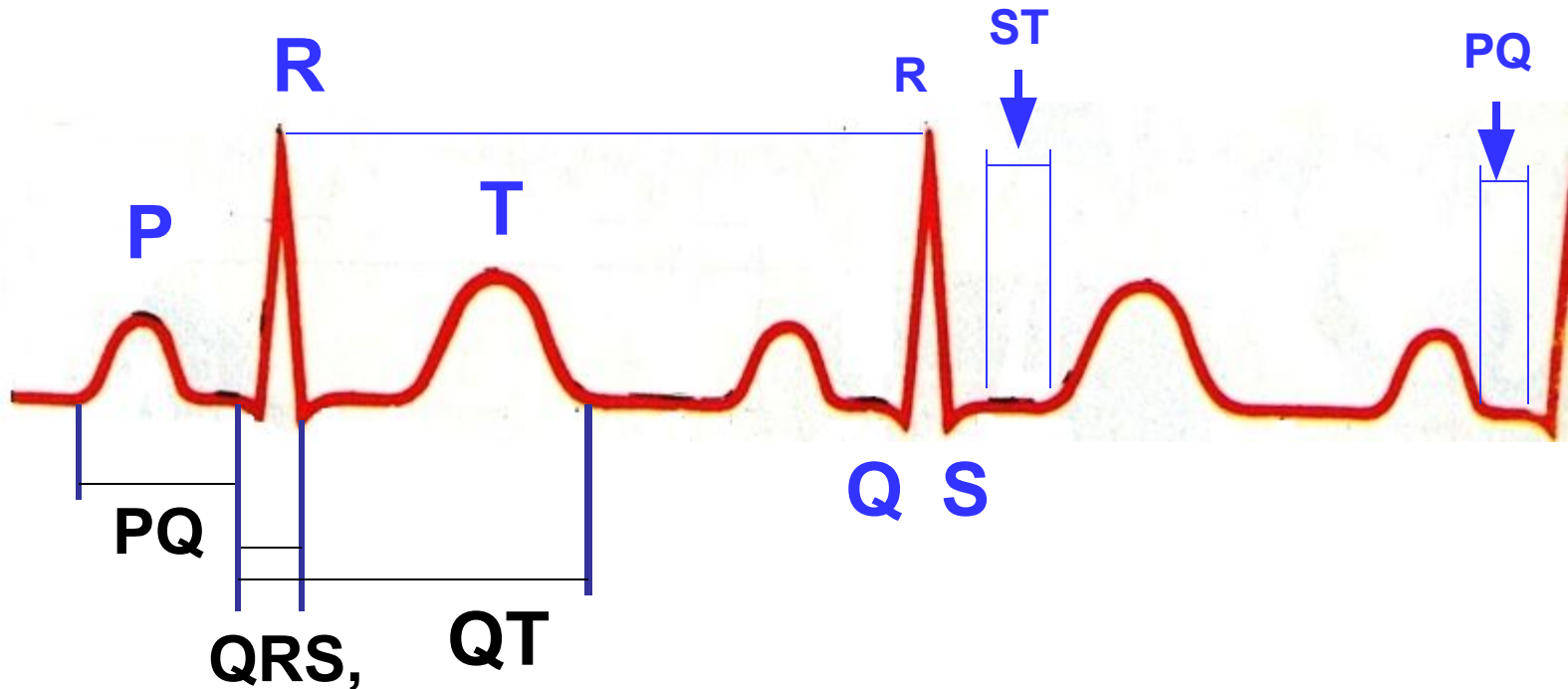




# Элементы ЭКГ

1. Зубцы  $\left\{ \begin{array}{l} \text{положительные: P, R, T} \\ \text{отрицательные: Q, S} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{В стандартных} \\ \text{отведениях} \end{array} \right.$

2. Интервалы: PQ, QRS, QT, R-R ( и другие)



3. Сегменты: PQ, ST

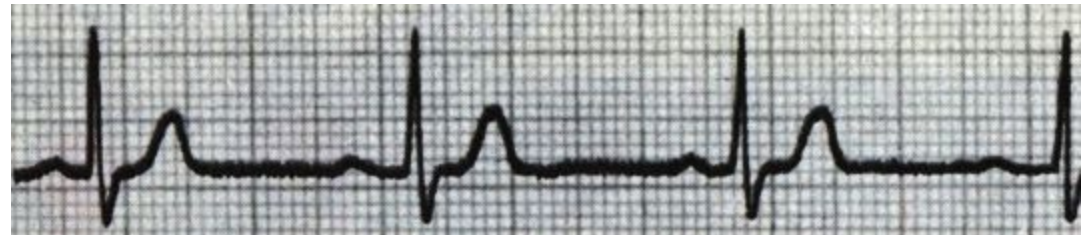
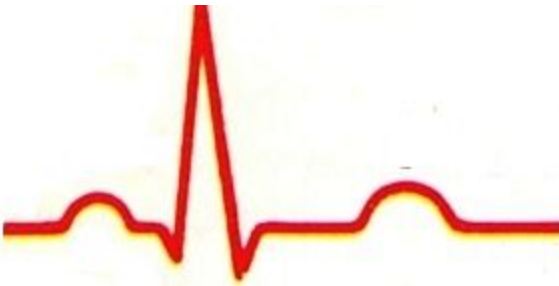
# Вид ЭКГ в стандартных отведениях

отведение

I



II



III



# Характеристика зубцов ЭКГ

- Отражают возбуждение отделов сердца.
- P- возбуждение предсердий.
- Комплекс QRS – возбуждение желудочков.
- Q – возбуждение межжелудочковой перегородки.
- R - распространение возбуждения по миокарду правого и левого желудочков от эндокарда к эпикарду.

- S – распространение возбуждения на основании желудочков.
- T – быстрая реполяризация.
- U – иногда регистрируется после T, особенно в  $V_1$  и  $V_2$ .
- Происхождение его не ясно.

# Параметры ЭКГ в норме.

- Длительность зубцов и интервалов в секундах:
  - P = 0,06 – 0,11
  - PQ – 0,12 – 0,20
  - QRS – 0,06 – 0,1
  - T – 0,05 – 0,25
  - QT – 0,27 – 0,55
  - R – R – 0,8
- Амплитуда зубцов в милливольтах:
  - P – 0,1 – 0,2
  - Q – 0,3
  - R – 1,0 – 2,0
  - S – 0 – 0,06
  - T – 0,2 – 0,6

# Оценка физиологических свойств сердечной мышцы по ЭКГ.

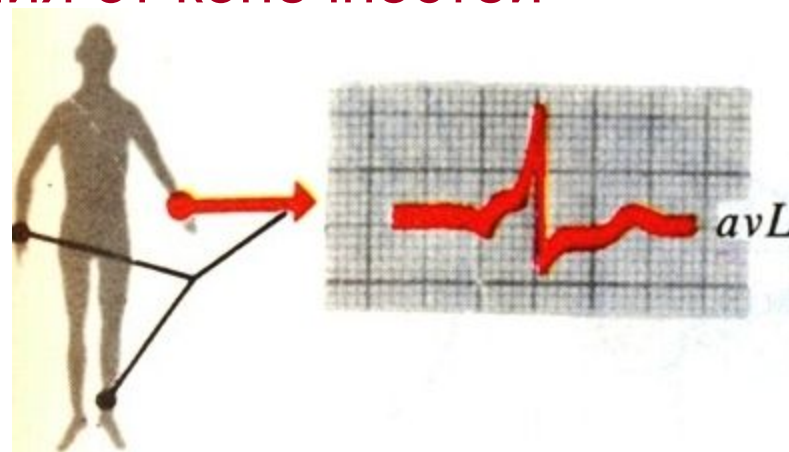
- 1) Оценка возбудимости по амплитуде зубцов, т. к. амплитуда – результат суммарной электрической активности волокон.
- 2) Оценка проводимости – по длительности интервалов PQ и QRS.

### 3) Оценка автоматии:

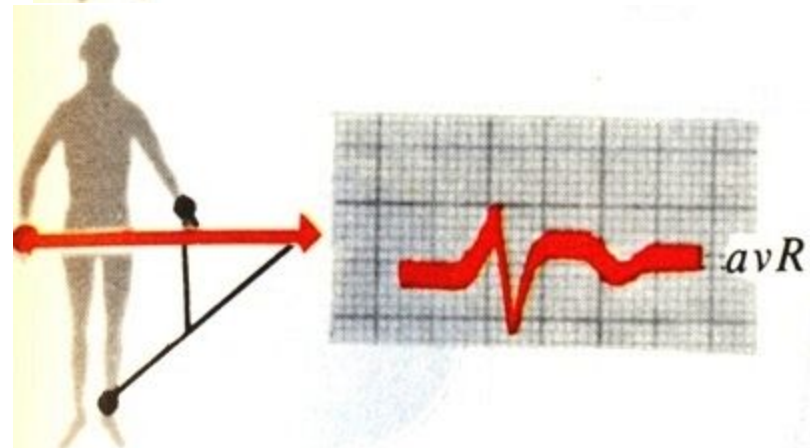
- а) положение водителя ритма - по чередованию зубцов ЭКГ.
- .При синусовом ритме каждый комплекс зубцов начинается зубцом Р.
- б) Уровень автоматии – по ЧСС, которая рассчитывается по длительности интервала R-R

Усиленные однополюсные отведения от конечностей по Гольдбергеру - aV:  
a-augmented – усиленный.  
V-voltage - потенциал

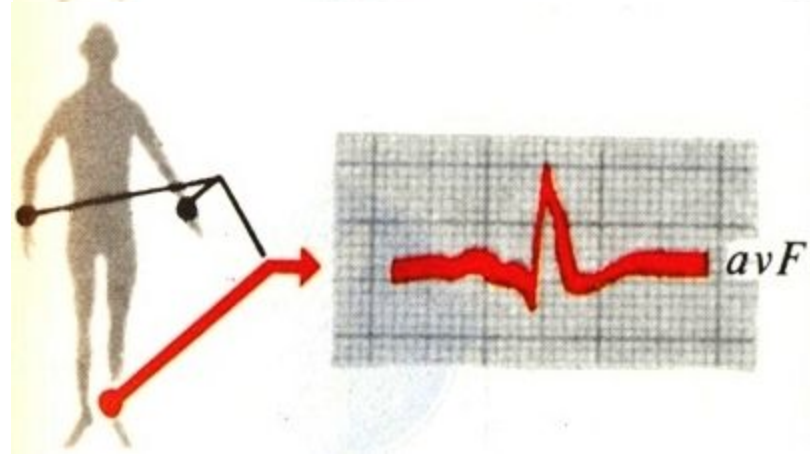
**aVL (left) – усиленное отведение от левой руки**



**aVR (right) – усиленное отведение от правой руки**



**aVF (foot) – усиленное отведение от левой ноги**





# Грудные однополюсные отведения по Вильсону $V_1 - V_6$

