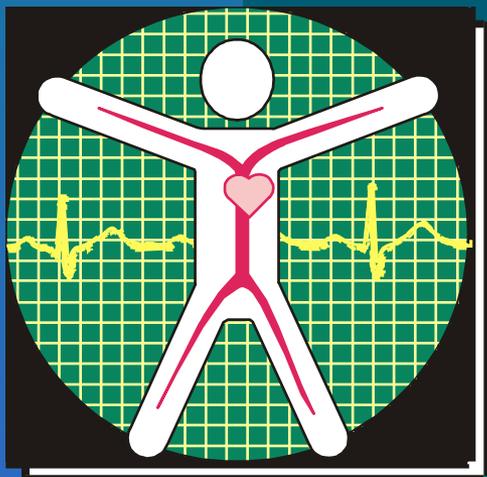


# Электрофизиологические основы ЭКГ. Электрическая ось сердца. ЭКГ-характеристика гипертрофий.



- Кафедра внутренних болезней № 4
  - ГУЗ ВПО СОГМА
  - Асс. Бесаева М.М..

# Функции сердца

**Автоматизм** — способность сердца вырабатывать импульсы, вызывающие возбуждение. Сердце способно спонтанно активироваться и вырабатывать электрические импульсы. В норме наибольшим автоматизмом обладают клетки синусового узла, расположенного в правом предсердии.

---

**Возбудимость** — способность сердца активироваться под воздействием импульса. Возбуждение сердечной мышцы сопровождается возникновением трансмембранного потенциала действия и в конечном счете — электрического тока.

# Функции сердца

---

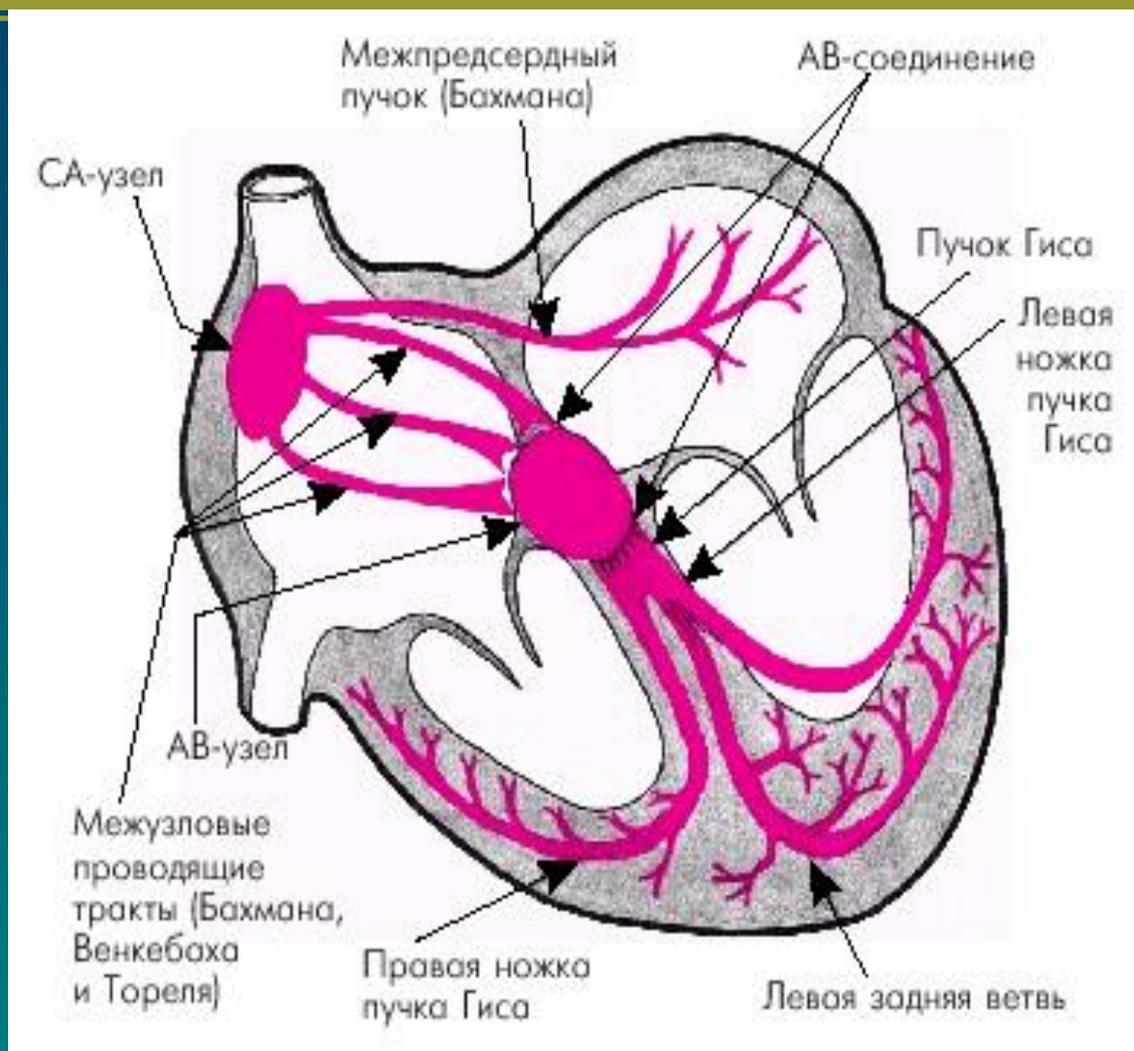
**Проводимость** — способность сердца проводить импульсы от места их возникновения до сократительного миокарда. В норме импульсы проводятся от синусового узла к мышце предсердий и желудочков-антеградно.

**Сократимость** — способность сердца сокращаться под влиянием импульсов. Сердце по своей природе является насосом, который перекачивает кровь в большой и малый круг кровообращения

# Функции сердца

- **Рефрактерность** — это невозможность возбужденных клеток миокарда снова активироваться при возникновении дополнительного импульса (*абсолютная* - невозможность возбуждаться и сокращаться независимо от силы импульса и *относительная* - способность к возбуждению сохраняется, если сила импульса сильнее, чем обычно).
- **Аберрантность** — патологическое проведение импульса по предсердиям или желудочкам, т.е. изменение распространения возбуждения по отделам сердца.

# Проводящая система сердца

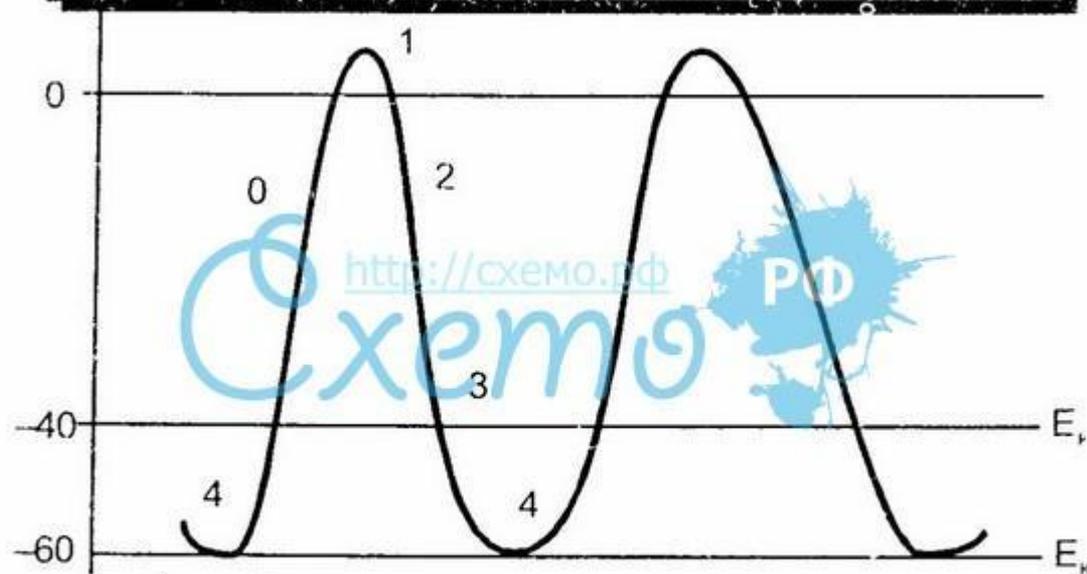


## *Скорость проведения импульса в различных отделах проводящей системы*

---

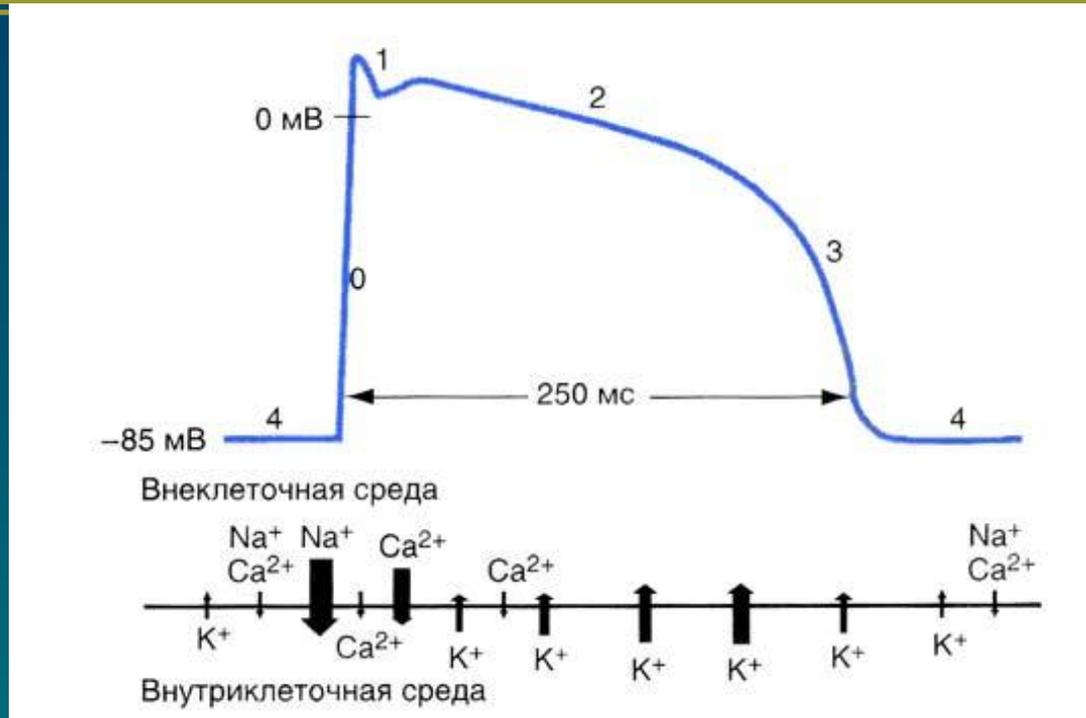
- Синоатриальный узел (Кис – Фляка) (генерирует 60-90 имп. в мин)
- по пучкам Бахмана, Тореля, Венкебаха - 1 м/с
- в AV узле (Ашоффа-Тавара) - 5-20 см/мин, в результате проведение импульса задерживается на 0,08 сек (генерирует 40-60 имп. в мин);
- по ножкам пучка Гиса - 1 м/с (генерирует 20-40 имп. в мин);
- по волокнам Пуркинье 3-4 м/с (генерируют 15-30 имп в мин)

## КРИВЫЕ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ РИТМА



- 0 — Фаза деполяризации
- 1, 2, 3 — Фаза реполяризации
- 4 — Фаза спонтанной медленной диастолической деполяризации (МДД)

# Фазы потенциала действия в кардиомиоцитах



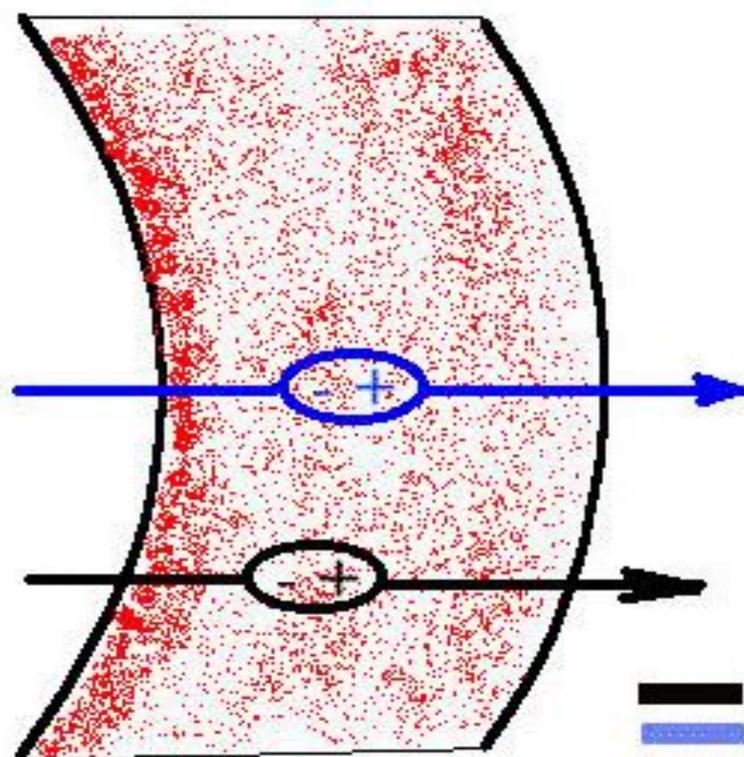
- 0-деполяризация 1-начальная быстрая реполяризация 2-плато (медленная реполяризация)
- 3-конечная быстрая реполяризация 4-диастола



**Деполаризация  
(возбуждение)**

Под влиянием импульса возбуждения увеличивается проницаемость клеточной мембраны и специализированные ферменты переносят ионы натрия и кальция внутрь клетки, а ионы калия наружу. Это, с одной стороны, активирует выработку энергитической АТФ митохондриями, а с другой - включает кальций-магни-тропониновый механизм образования актомиозина и сокращения клетки. На поверхности мембраны образуется разность потенциалов

**3e**



— Вектор деполяризации  
— Вектор реполяризации

- Деполяризация начинается у эндокарда.

При этом эндокардиальный участок одиночного мышечного волокна заряжается отрицательно по отношению к соседним участкам, а все остальное мышечное волокно — положительно.

- К электроду обращены положительный заряд и силовые линии положительного поля. Поэтому гальванометр, соединенный с этим электродом, регистрирует подъем кривой выше изолинии.

- Процесс реполяризации начинается у эпикарда и распространяется к эндокарду.

---

При реполяризации субэпикардальные участки заряжаются положительно, рядом возникают равные по величине отрицательные заряды и между ними образуется вектор реполяризации, направленный, как и вектор деполяризации, от эндокарда к эпикарду.

- При реполяризации возникает значительно меньшая ЭДС, чем при деполяризации, и процесс восстановления идет значительно медленнее, чем процесс возбуждения.

# ЭКГ



Любая ткань или орган в деятельном состоянии является источником электрического тока

метод графической регистрации биоэлектрических потенциалов, генерируемых сердечной мышцей.

- Электрические потенциалы, образующиеся при работе сердца, можно зарегистрировать с помощью двух электродов, один из которых соединен с положительным, а другой — с отрицательным полюсом гальванометра. В электрокардиографе имеется такой гальванометр.
- При электрокардиографическом исследовании электроды накладывают на определенные точки тела человека и соединяют проводами с электрокардиографом.
- Соединение двух точек тела человека, имеющих разные потенциалы, называется **отведением.**

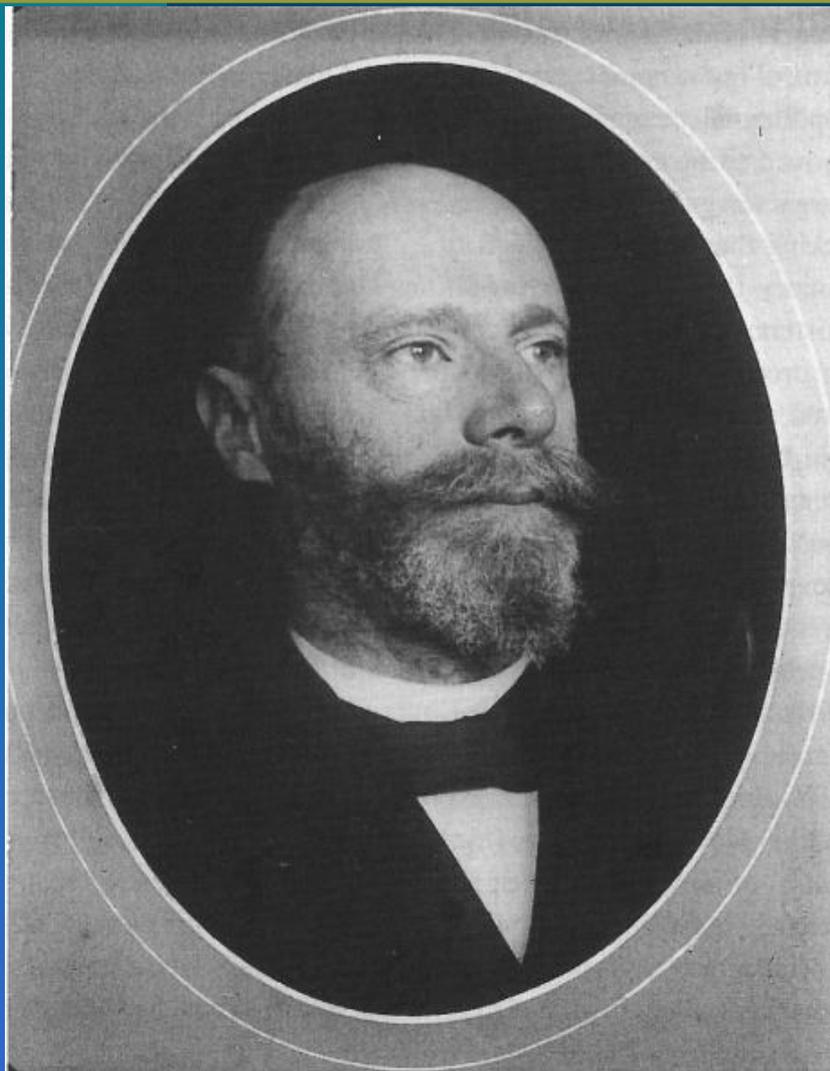
# *Электрокардиография позволяет изучать:*

---

- автоматизм,
- проводимость,
- возбудимость,
- рефрактерность и аберрантность.

О сократительной функции с помощью этого метода можно получить лишь косвенное представление.

# История метода



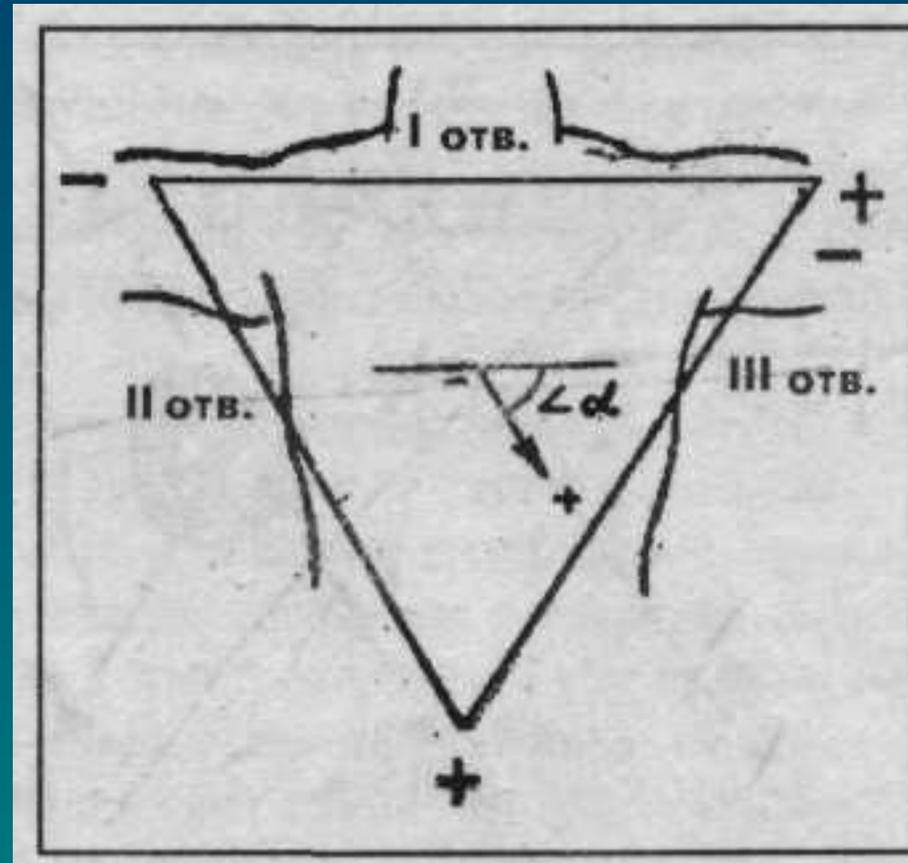
- Уильям (Виллем) Эйнтховен, 21 мая 1860, голландский врач и электрофизиолог.
- Лауреат Нобелевской премии (1924).
- В 1903 сконструировал первый электрокардиограф на основе струнного гальванометра.

- Большая часть современной электрокардиографической номенклатуры была разработана Уильямом Эйнтховеном. Его обозначения зубцов P, Q, R, S, T, и U используются и сегодня. Им были предложены 3 стандартные отведения от конечностей и описана ЭКГ в норме.
- Эйнтховен, совместно с Фаром (G. Fahr) и Ваартом (A. Waart) разработали основы векторного анализа ЭКГ:
- Оригинальный аппарат, требовал водного охлаждения для мощных электромагнитов, его работу обеспечивала команда из 5 человек, вес составлял около 270 кг.

# СТАНДАРТНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ

W. Einthoven предложил для записи ЭКГ 3 стандартных, или классических, двухполюсных отведения

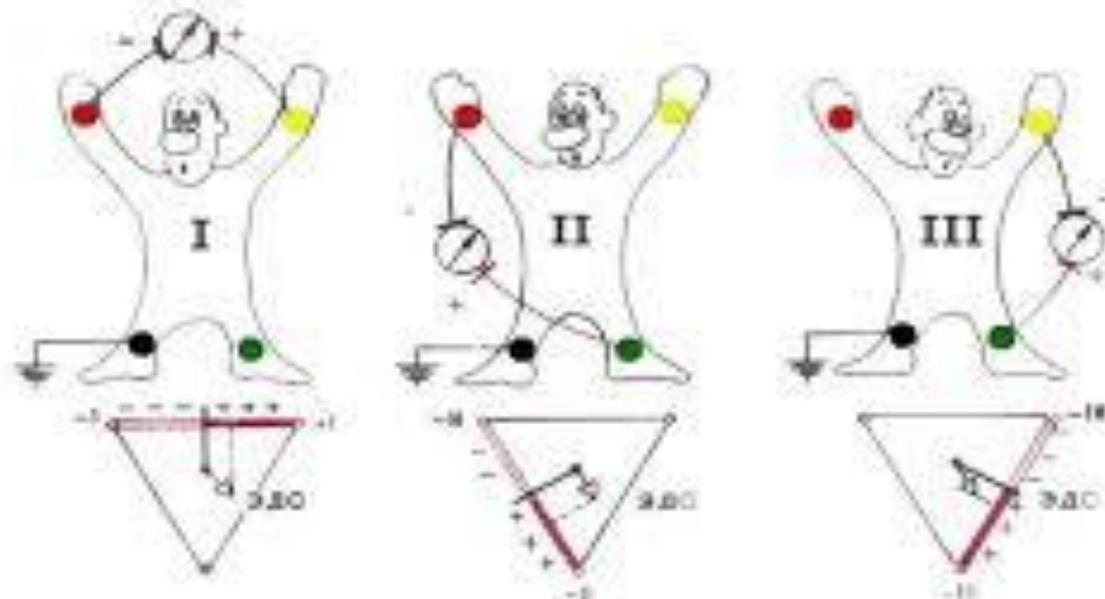
ПР



ЛР

ЛН

### Стандартные отведения

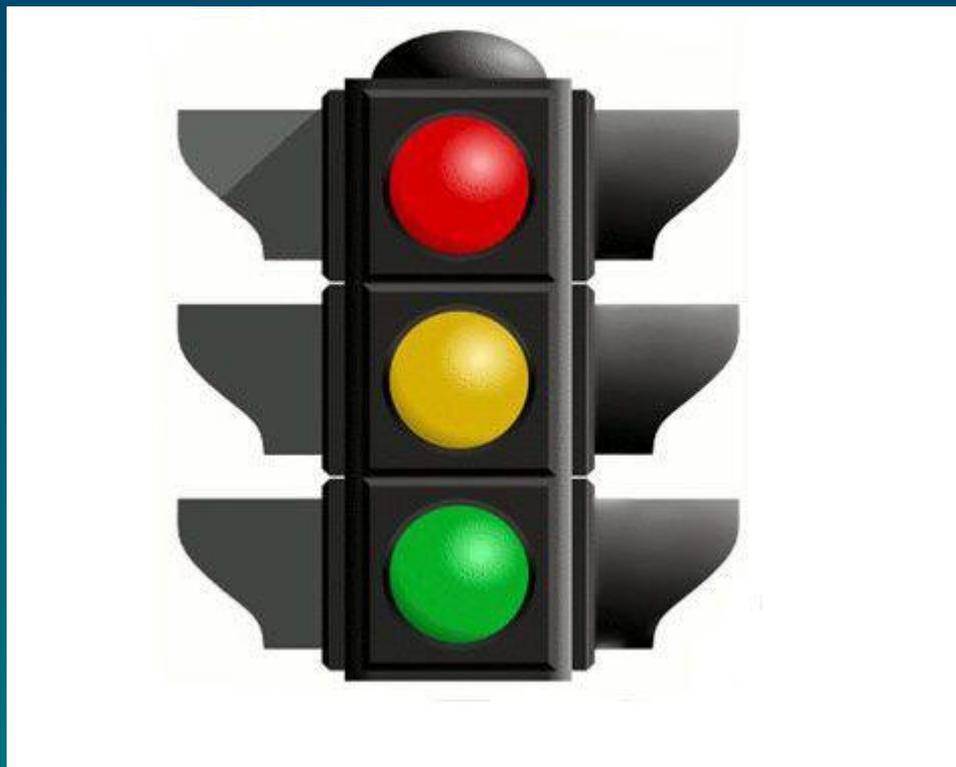
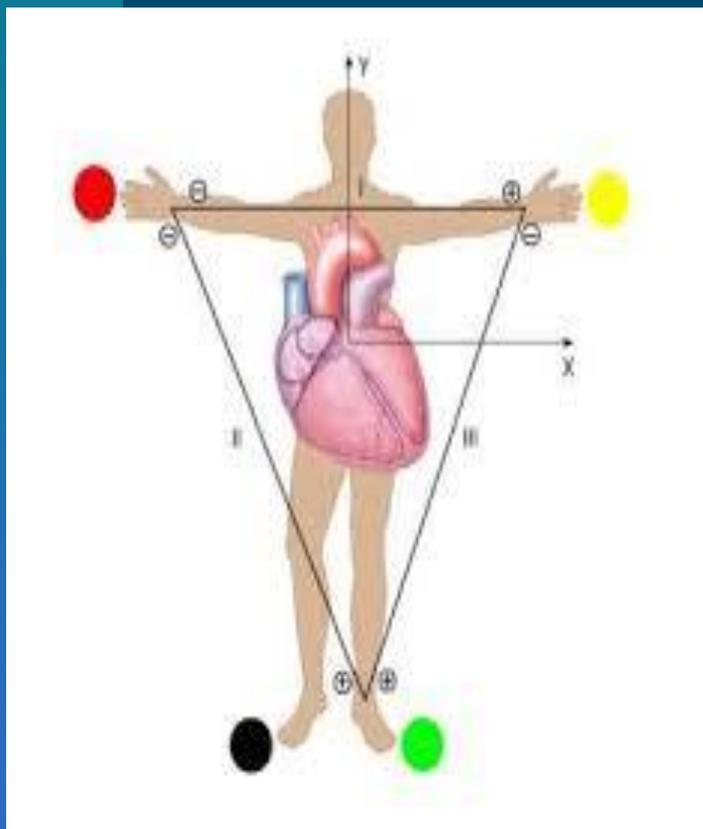


Первое отведение

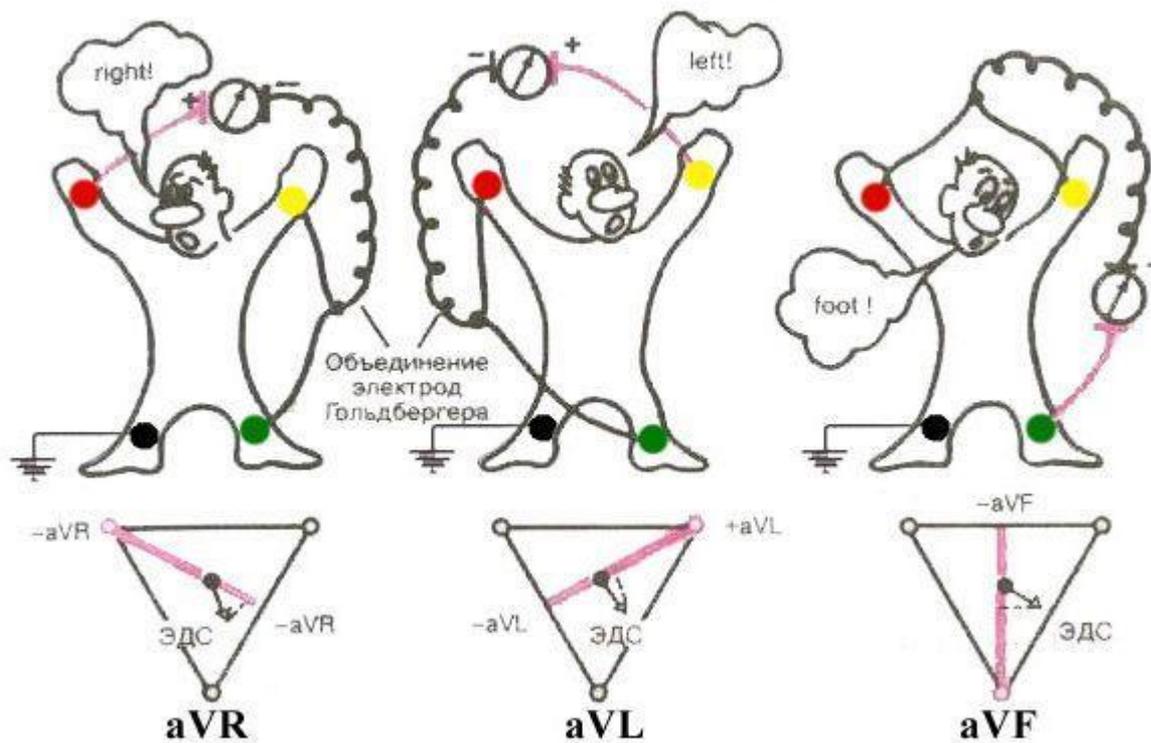
Второе отведение

Третье отведение

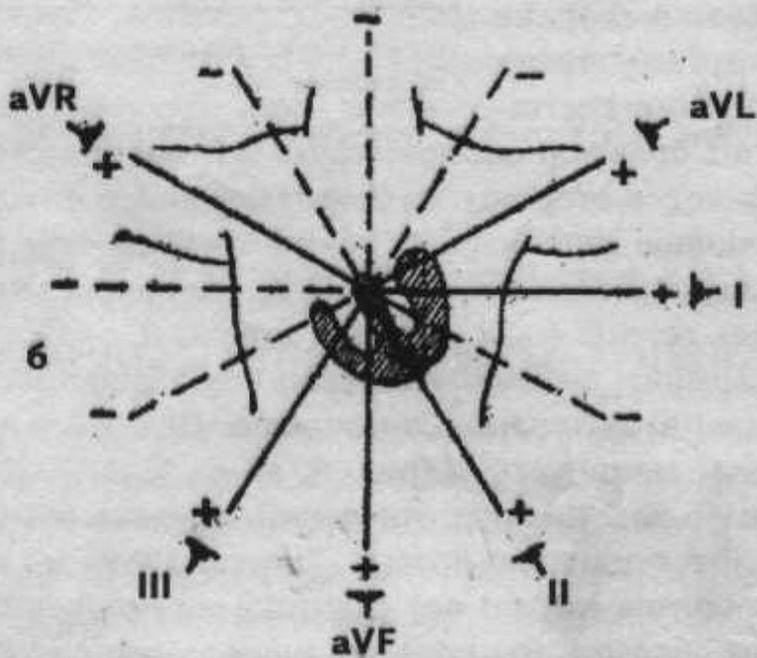
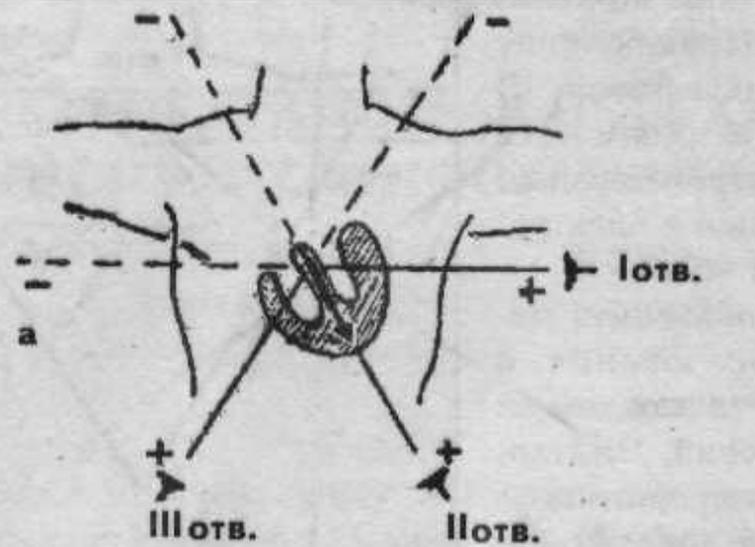
# Правило светофора



## Усиленные однополюсные отведения от конечностей



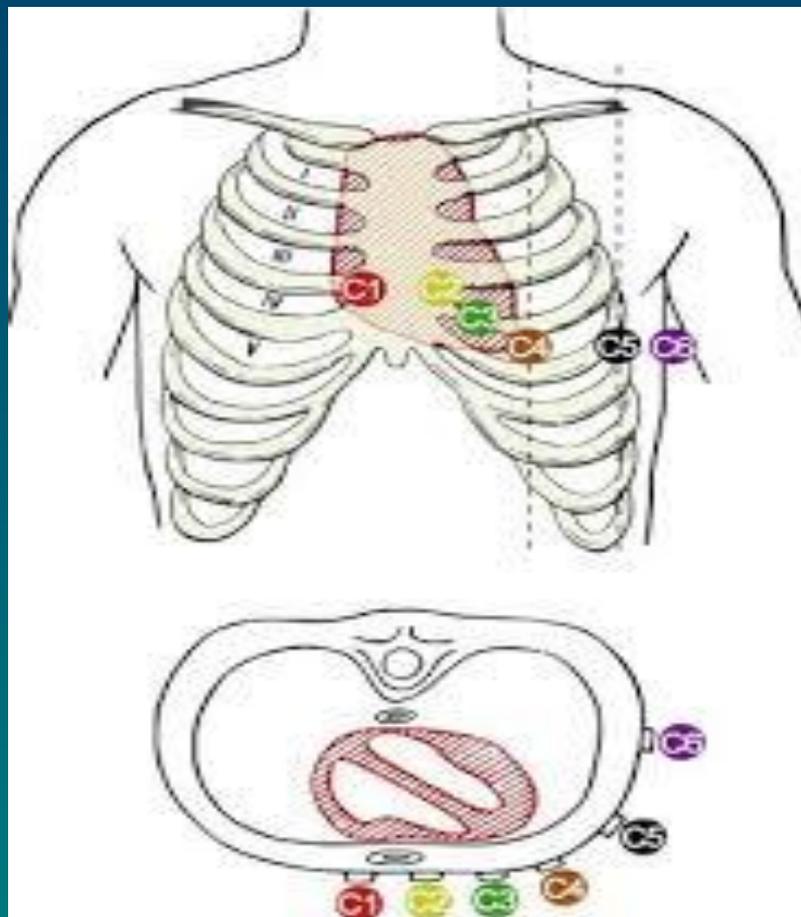
## Информативность отведений от конечностей:



- трехосевая система координат;

- шестиосевая система координат

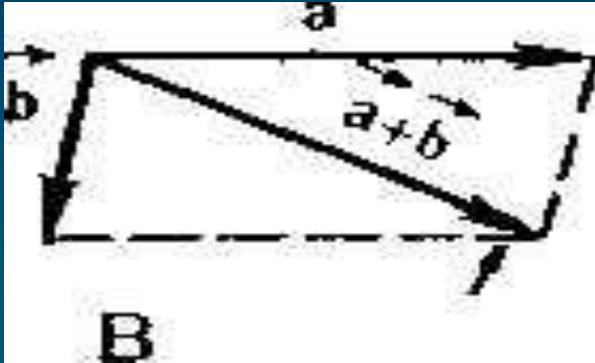
# Грудные отведения (по Вильсону)



| Отведения | Расположение регистрирующего электрода  |
|-----------|---|
| $V_1$     | В 4-м межреберье у правого края грудины   |
| $V_2$     | В 4-м межреберье у левого края грудины  |
| $V_3$     | На середине расстояния между $V_2$ и $V_4$  |
| $V_4$     | В 5-м межреберье по срединно-ключичной линии                                      |
| $V_5$     | На пересечении горизонтального уровня 4-го отведения и передней подмышечной линии |
| $V_6$     | На пересечении горизонтального уровня 4-го отведения и средней подмышечной линии  |



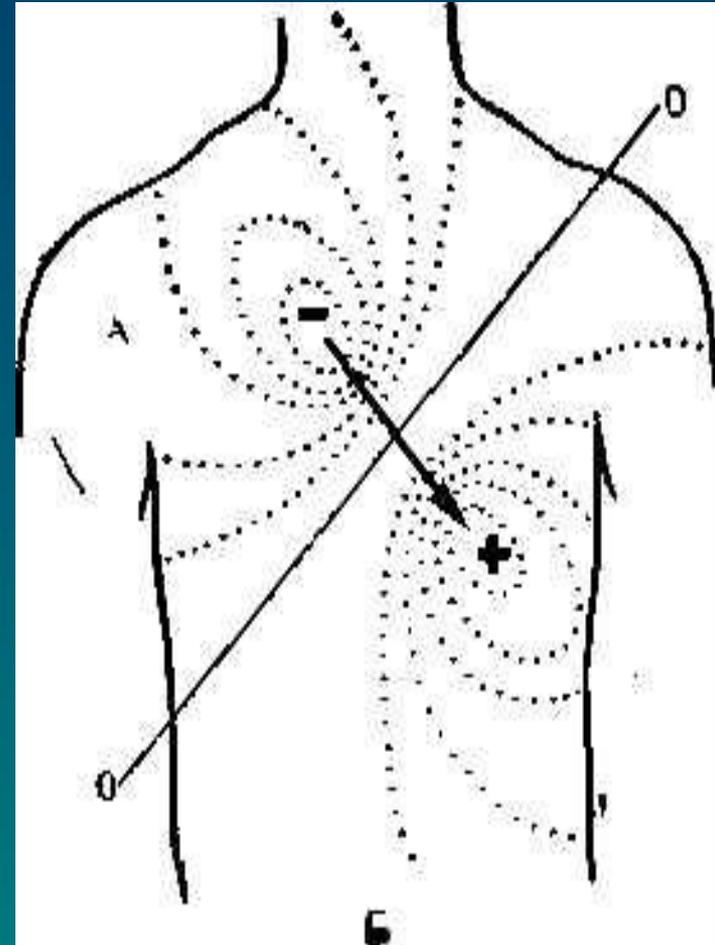
# Понятие вектора, проекция и сложение векторов



Сложение векторов.  
два вектора направлены под углом друг к другу.

Распределение изопотенциальных линий электрического поля.

Стрелкой показано направление вектора ЭДС.

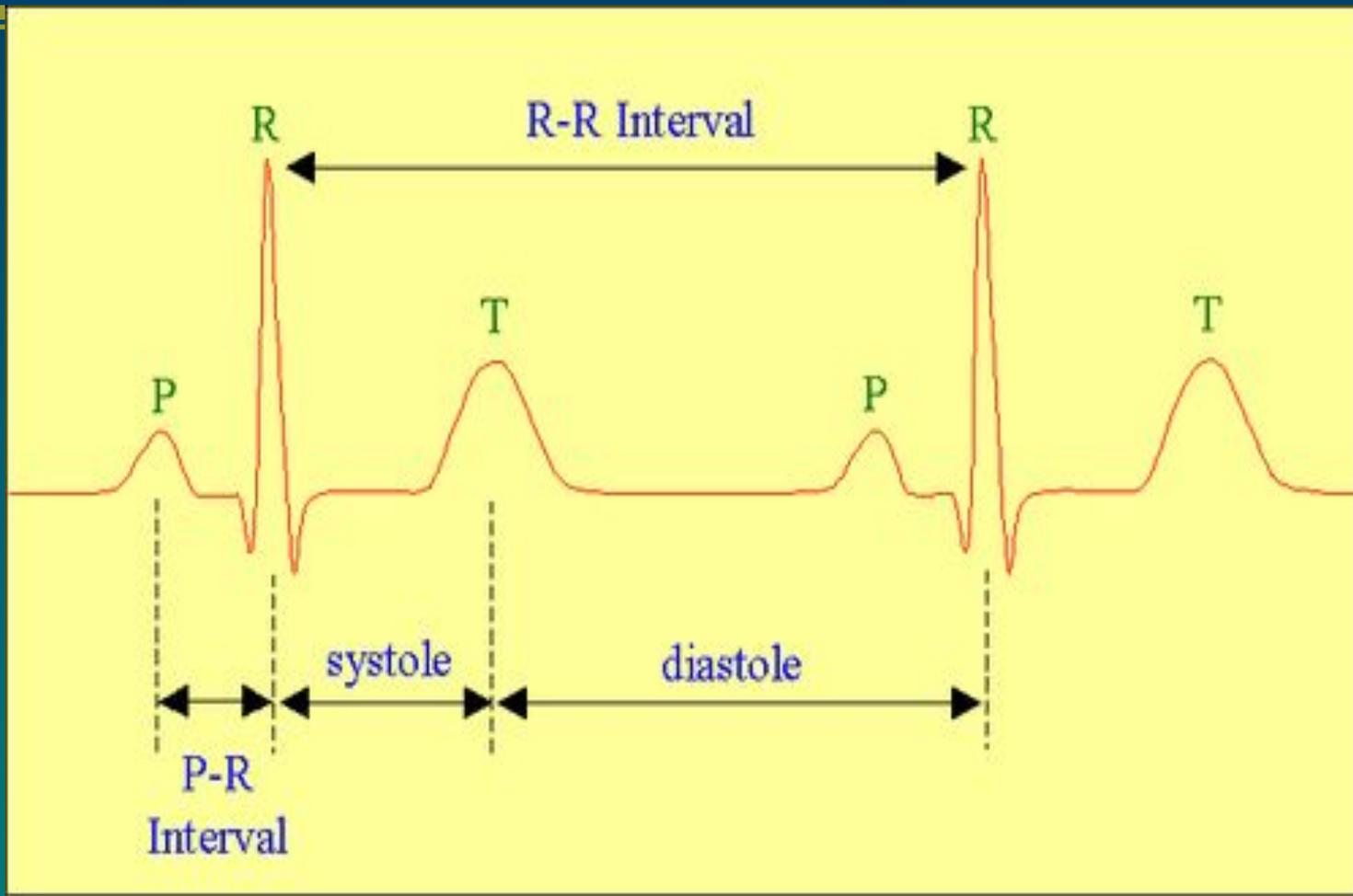


# Как выглядит ЭКГ в разных отведениях?

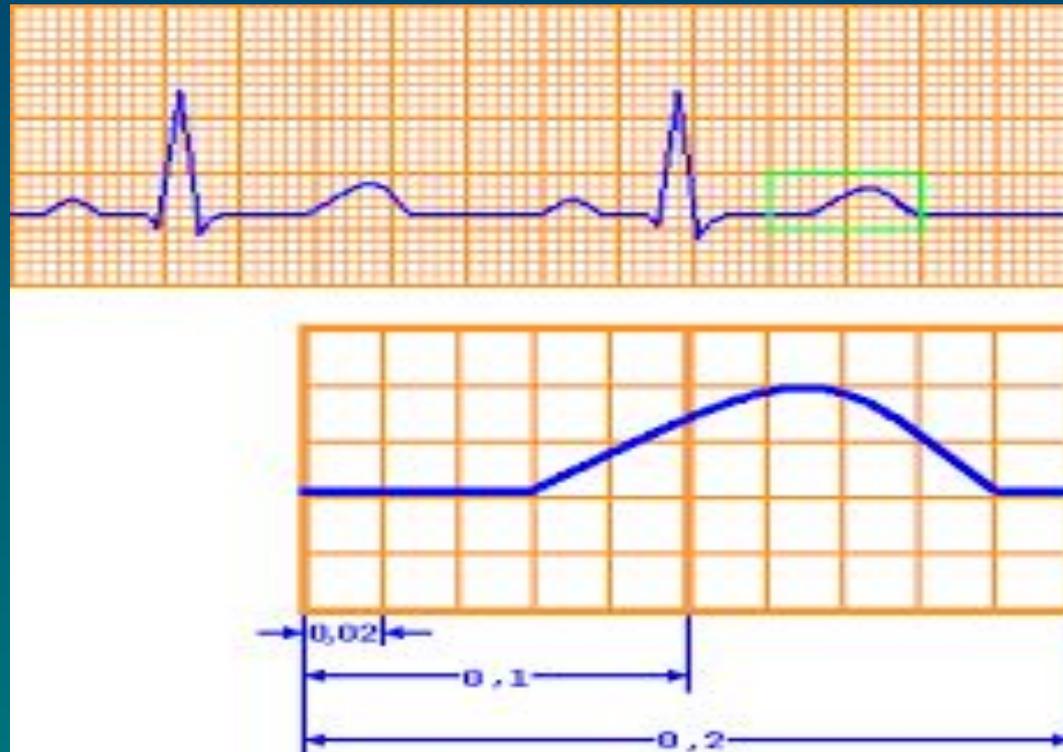
---

- Если в процессе деполяризации вектор диполя направлен в сторону «+» электрода, то на ЭКГ мы получим отклонение вверх от изолинии – положительные зубцы
- Если в сторону «-» электрода – отрицательные зубцы
- Если перпендикулярно – регистрируются два одинаковых по амплитуде но разных по направлению зубца, алгебраическая сумма которых равна нулю

# Нормальная ЭКГ-кривая



При скорости движения ленты 50 мм/сек  
1 большая клетка-0,1 сек.  
1 маленькая клетка-0,02 сек.



# Нормальная ЭКГ

**Зубец P** – не более 2,5 мм, длительность - не более 0,1 с  
интервал P—Q(R) - на изолинии, 0,12-0,20 с

**Комплекс QRS** – более 5 мм в стандартных отведениях,  
более 8 мм в грудных отведениях, не более 0,06-0,08 (0,1) с

**Зубец Q**- менее 15% зубца R, не более 0,03 с

**Сегмент S—T** – на изолинии

**Зубец T** – обычно имеет такое же направление, что и QRS, в стандартных отведениях не более 5-6 мм в грудных отведениях не более 8 мм, может быть отрицательным в V1.

**Интервал QT** –электрическая систола желудочков, длительность 0,35-0,44 с

# Интервал P – Q

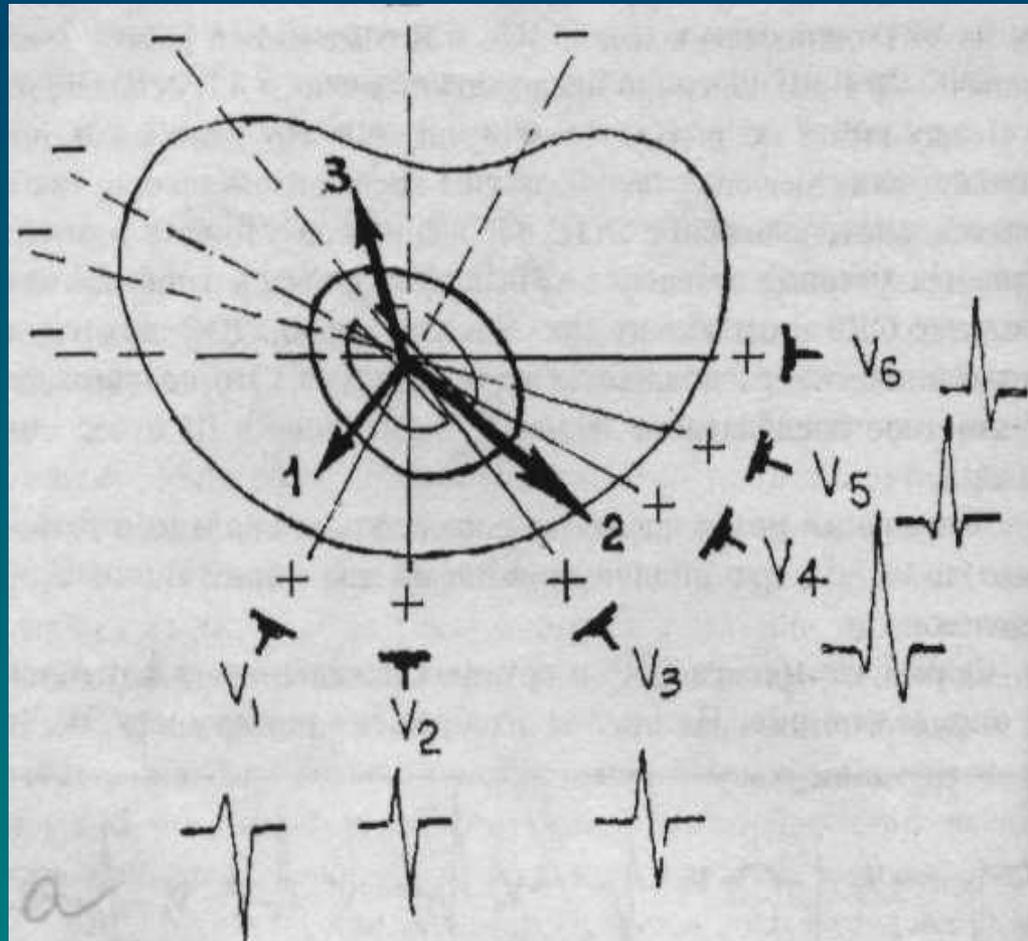


- **Интервал P – Q**
- рассчитывается
- путём подсчёта количества делений ЭКГ
- от начала зубца P до начала зубца Q
- и умножением на соответствующую цену деления

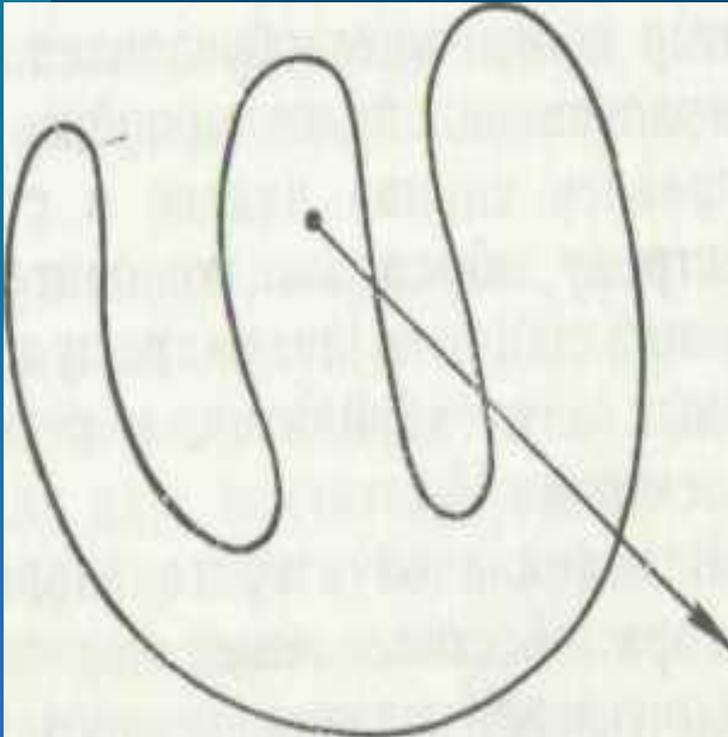


## *Направления векторов деполяризации желудочков в горизонтальной плоскости:*

- 1 — начальный вектор (Q)
- 2 — главный вектор (R)
- 3 — конечный вектор (S)

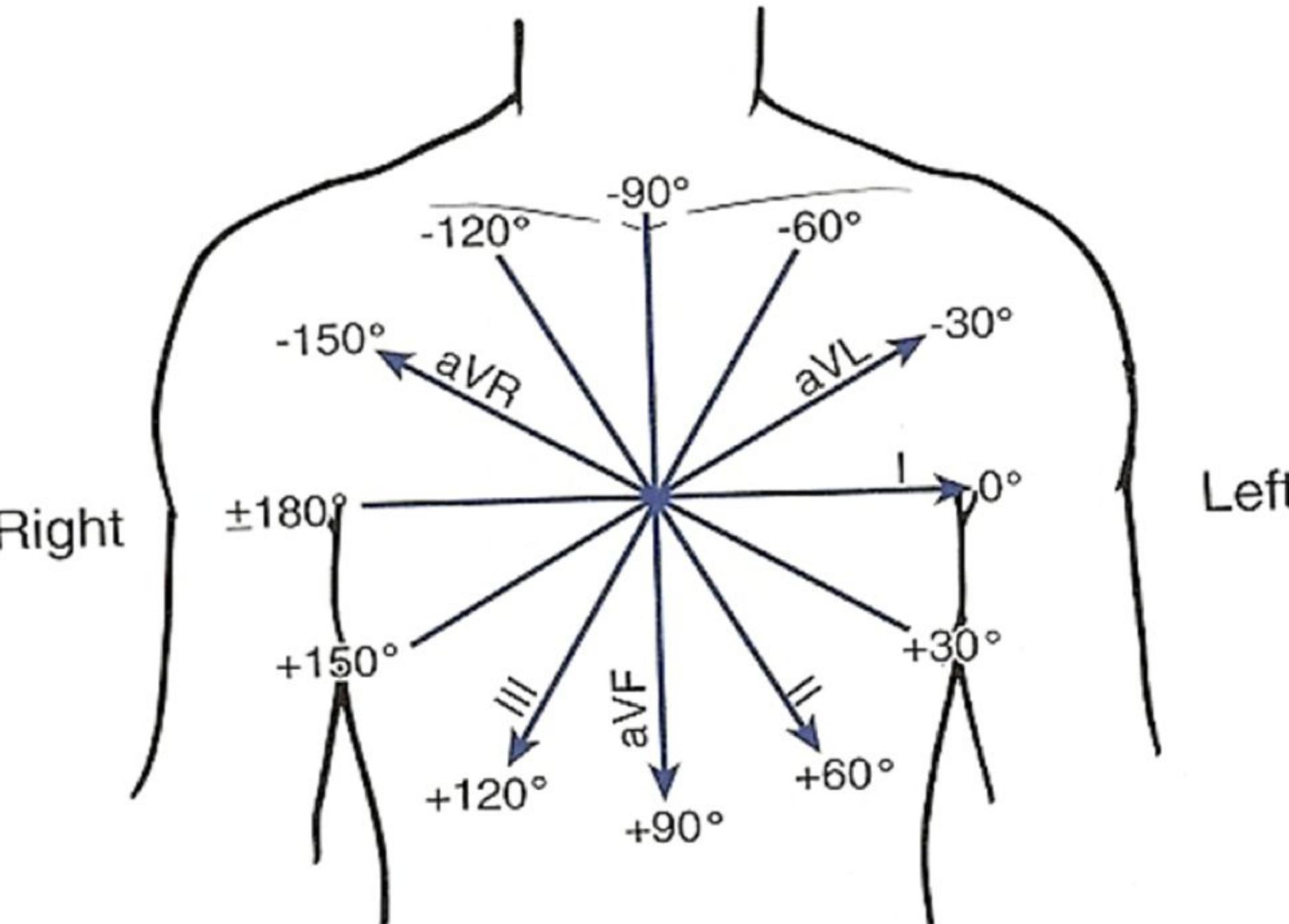


# Ход возбуждения в целом миокарде.



Суммарный вектор всего периода деполяризации, полученный путем сложения всех отдельных векторов.

указывает на среднее направление ЭДС сердца в течение деполяризации – **электрическая ось сердца**



## УГОЛ АЛЬФА

- ◆ Угол, образованный направлением результирующего вектора и осью I стандартного отведения, есть **угол  $\alpha$** .
- ◆ Величину угла  $\alpha$  находят по специальным таблицам, предварительно определив на ЭКГ алгебраическую сумму зубцов желудочкового комплекса (Q+R+S) в I и III стандартных отведениях.



Рис. 27. Угол альфа

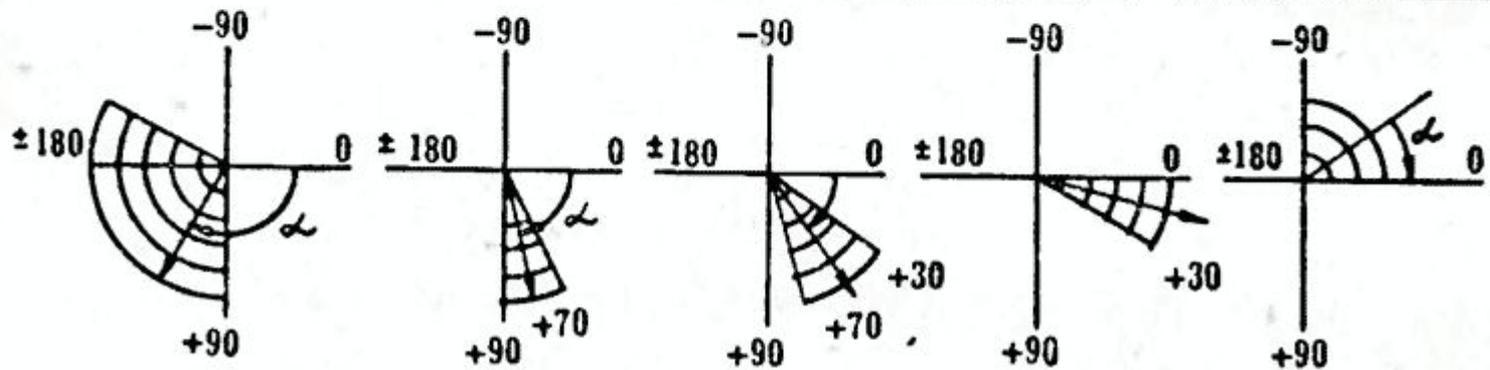
# Варианты положения ЭОС в соответствии с величиной угла альфа



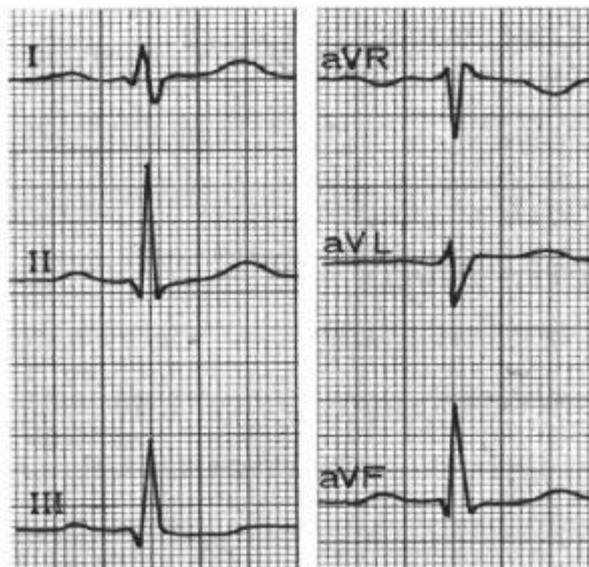
# Визуальное определение ЭОС

| Положение ЭОС                       | Результат анализа зубцов  |
|-------------------------------------|---|
| Нормальное положение                | $R_{II} > R_I > R_{III}, R_{III} \geq S_{III}$                    |
| Вертикальное положение              | $R_{II} > R_{III} > R_I, R_I \geq S_I$                            |
| Горизонтальное положение            | $R_I > R_{II} > R_{III}, r_{III} < S_{III}, R_{AVF} \geq S_{AVF}$ |
| Отклонение электрической оси вправо | $R_{III} > R_{II} > R_I, r_I < S_I$                               |
| Отклонение электрической оси влево  | $R_I > R_{II} > R_{III}, r_{III} < S_{III}, r_{AVF} < S_{AVF}$    |

|     | ОТКЛОНЕНИЕ<br>ВПРАВО | ВЕРТИКАЛЬ-<br>НОЕ ПОЛОЖЕ-<br>НИЕ | НОРМАЛЬНОЕ<br>ПОЛОЖЕНИЕ | ГОРИЗОНТАЛЬ-<br>НОЕ ПОЛОЖЕ-<br>НИЕ | ОТКЛОНЕНИЕ<br>ВЛЕВО |
|-----|----------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|
| I   |                      |                                  |                         |                                    |                     |
| II  |                      |                                  |                         |                                    |                     |
| III |                      |                                  |                         |                                    |                     |



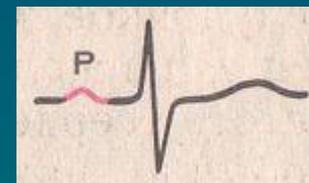
## Вертикальное положение ЭОС

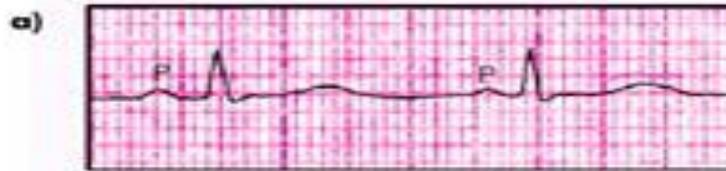


# ЭКГ-критерии синусового ритма

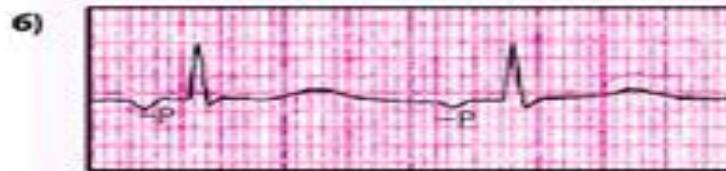
Признаками синусового ритма на ЭКГ являются:

- наличие зубца *P* перед каждым комплексом *QRS*;
- зубец *P* положительный в отведениях I, II и отрицательный в *aVR*;
- постоянный и нормальный интервал *P–Q* (0,12–0,20 с).

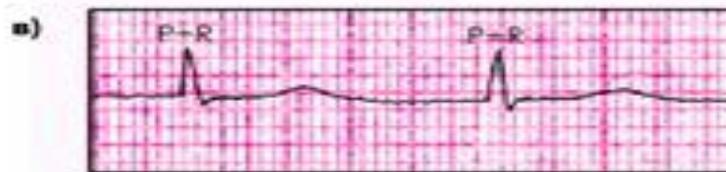




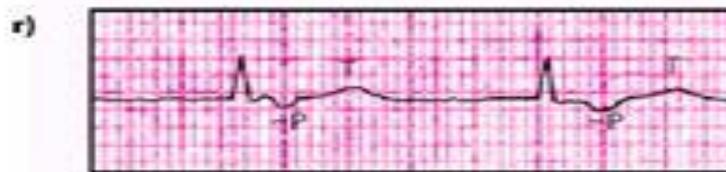
Источник возбуждения



Источник возбуждения



Источник возбуждения



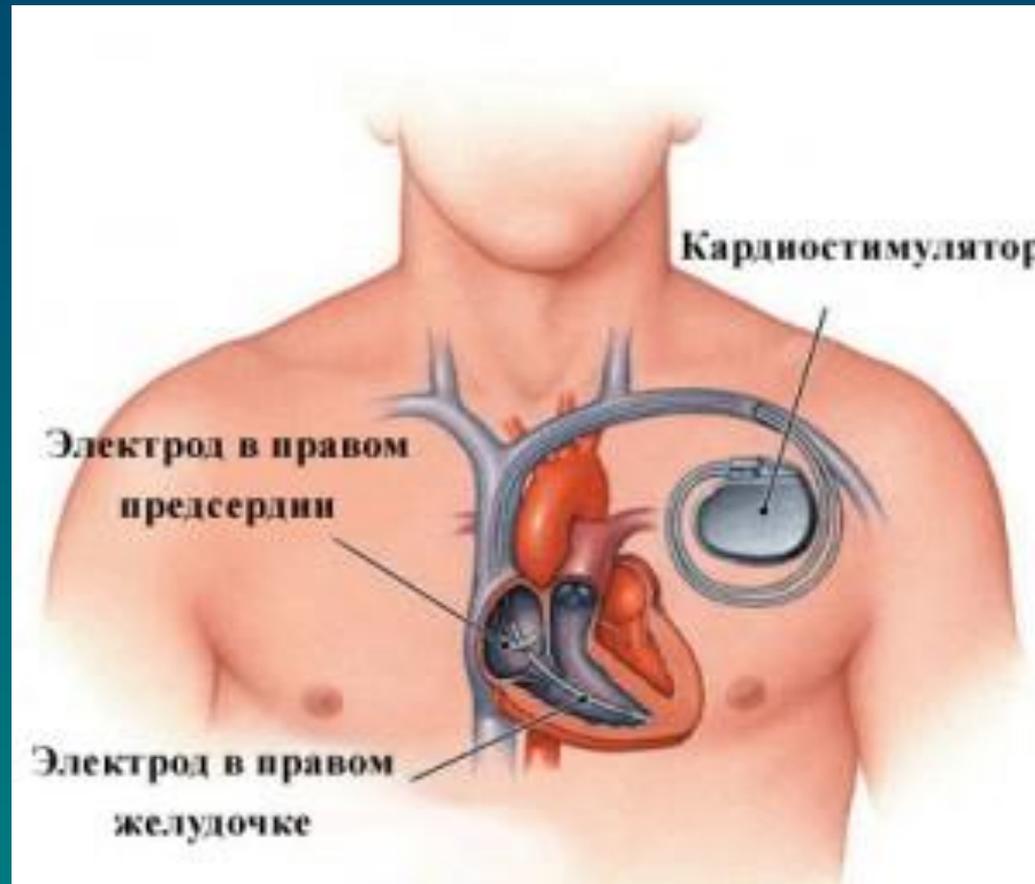
Источник возбуждения



Источник возбуждения

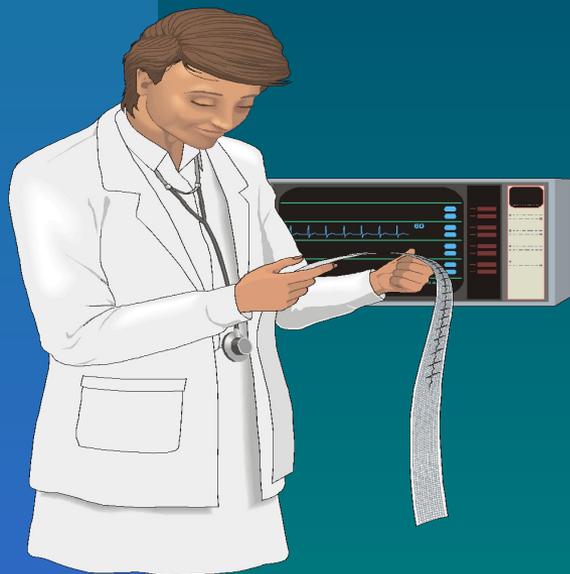


# Искусственный водитель ритма (ЭКС).

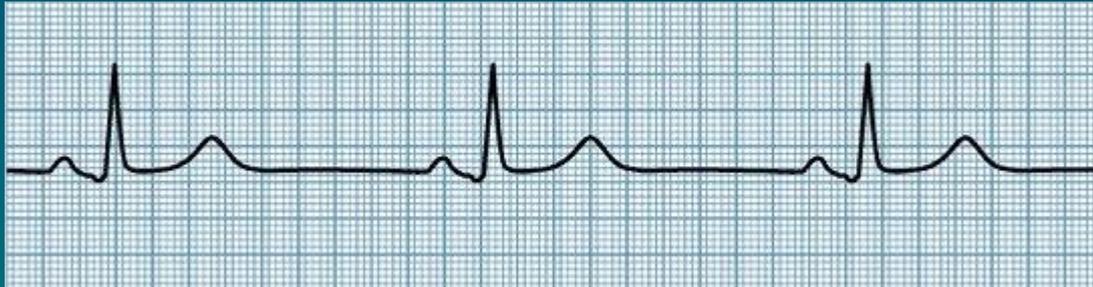


## Подсчет частоты сердечных сокращений

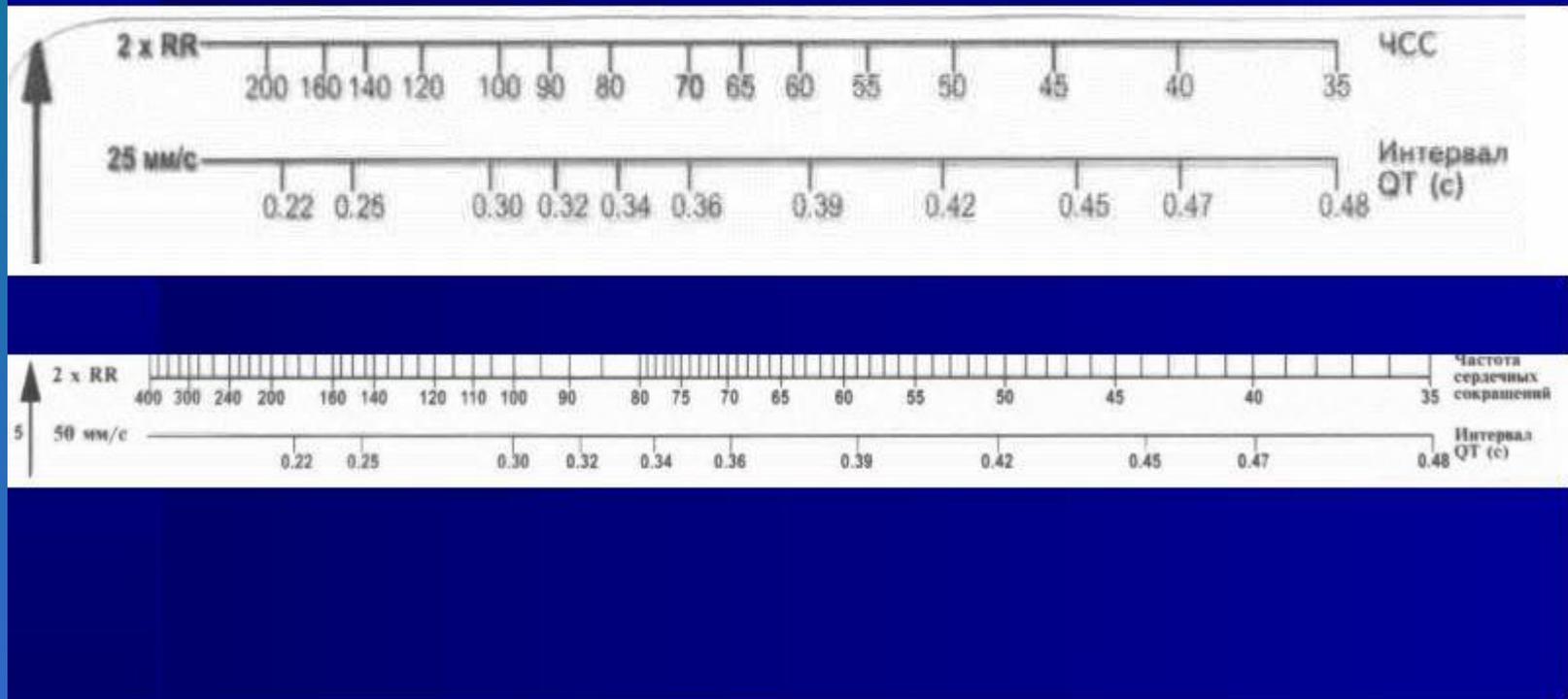
$$\text{ЧСС} = \frac{60}{R - R \text{ (сек)}}$$



- с помощью таблиц
- с помощью специальных линеек



# ЧСС – по ЭКГ линейке

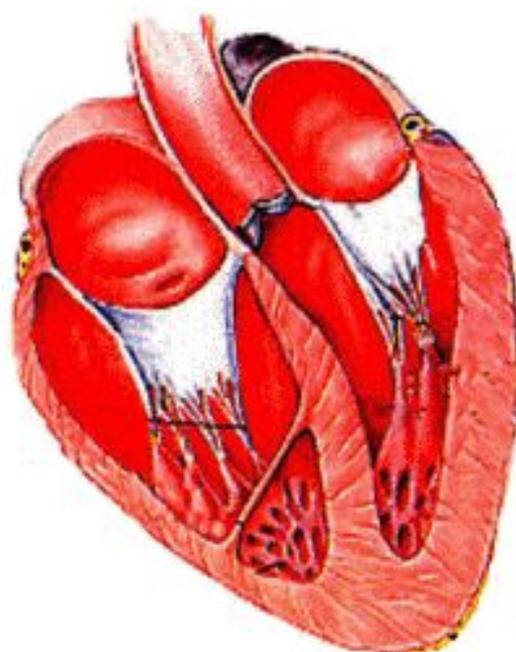


# Общая схема (план) расшифровки ЭКГ

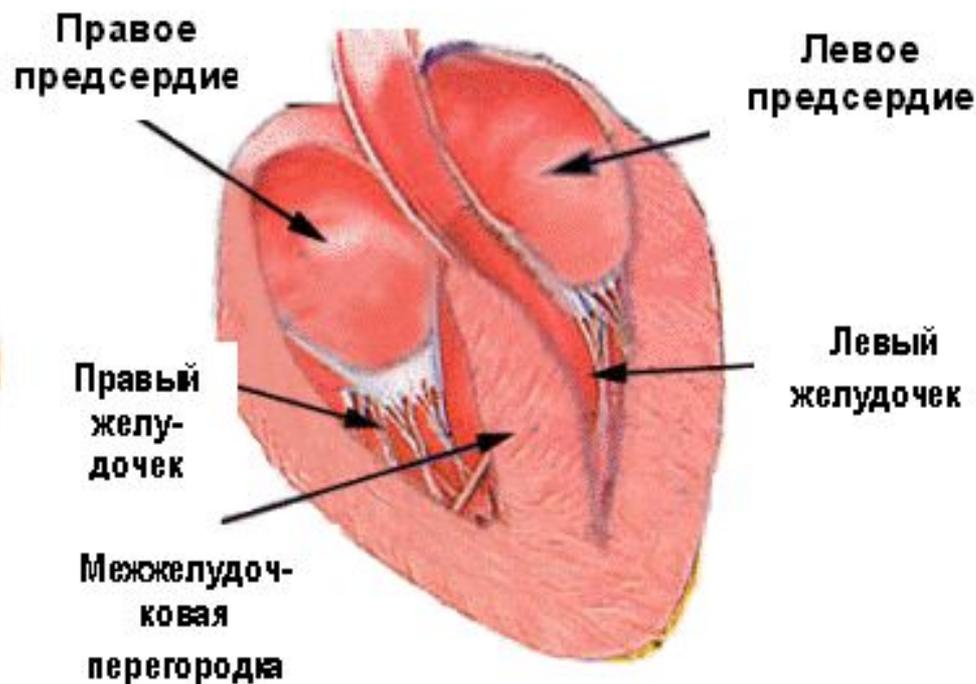
---

- Анализ сердечного ритма (синусовый, правильный).
- Подсчет ЧСС
- Определение электрической оси
- Определение вольтажа зубцов
- Анализ зубцов, интервалов и сегментов.
- Заключение

# ЭКГ при гипертрофии



Нормальное сердце



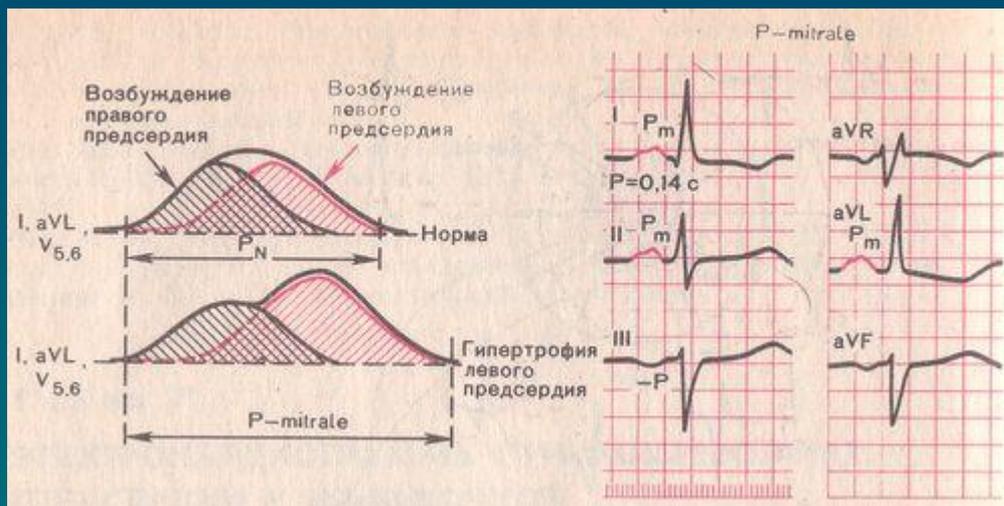
Гипертрофированное сердце

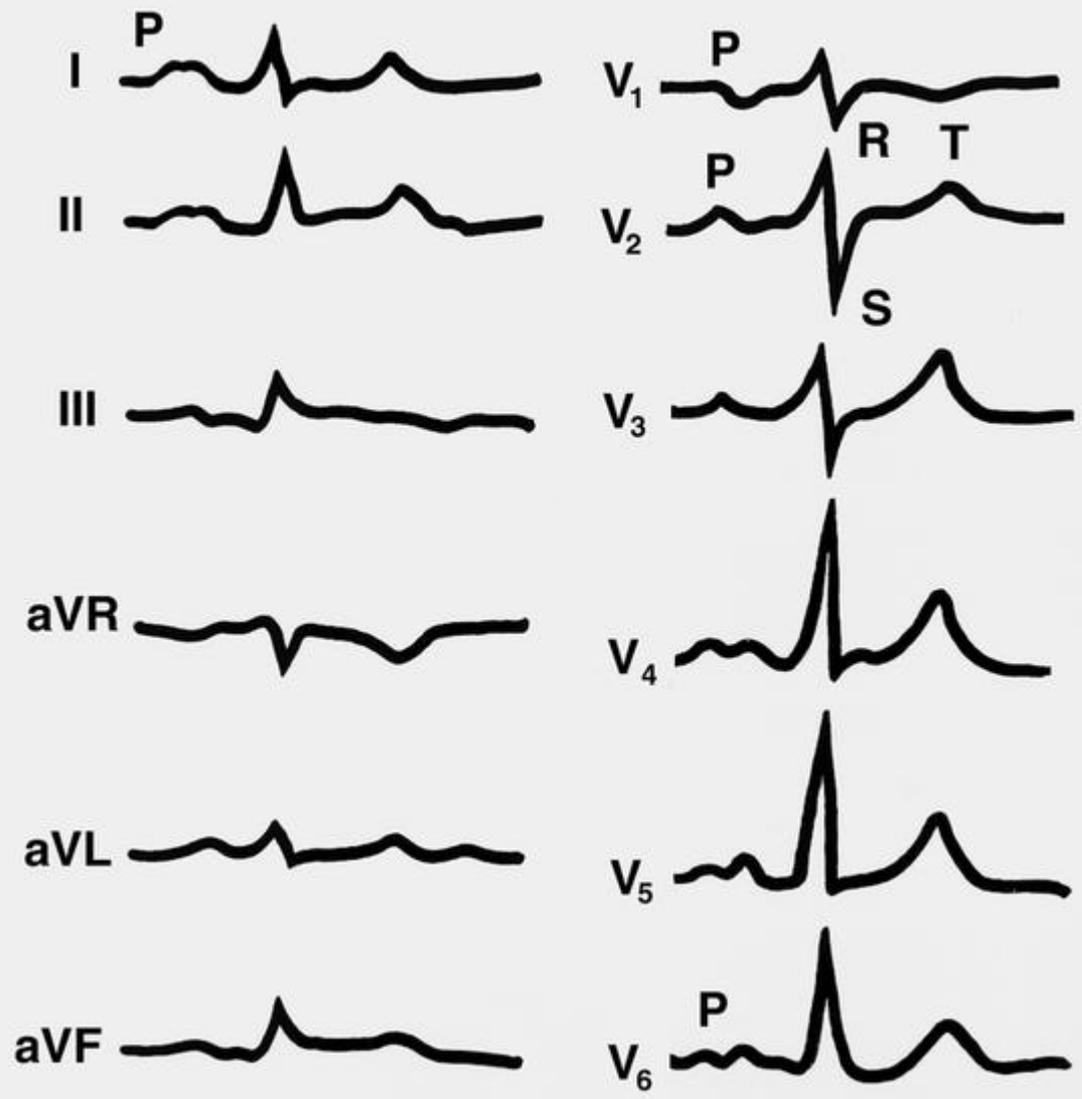
Гипертрофия- это компенсаторная (приспособительная) реакция миокарда на перегрузку (давлением или объемом), которая проявляется утолщением и удлинением мышечных клеток, увеличением количества внутриклеточных структур в них и увеличением общей массы миокарда. Этот процесс носит название **гипертрофии миокарда**. В результате увеличения массы миокарда возрастает потребность его в кислороде, но она не удовлетворяется имеющимися коронарными артериями, что приводит к кислородному голоданию мышечных клеток (гипоксии).

# Гипертрофия левого предсердия

---

- Широкий двугорбый зубец P - P-mitrale, т. к. часто формируется при митральных пороках сердца.
- Уширение зубца P более 0,12 с.

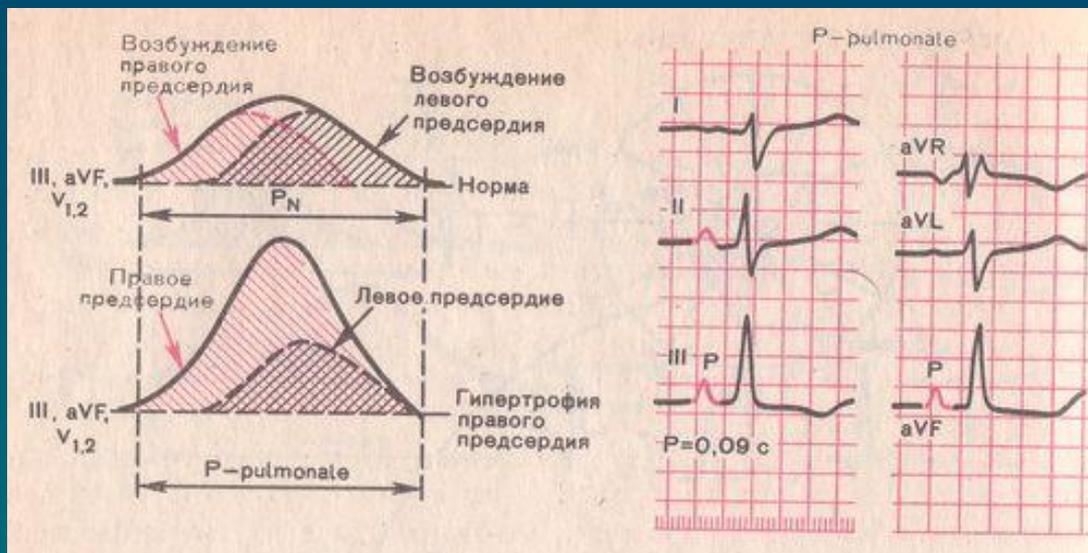




# Гипертрофия правого предсердия

---

- Увеличение амплитуды и заостренность зубца Р - Р-pulmonale т.к. формируется при заболеваниях легких;
- Амплитуда Р более 2,5 мм

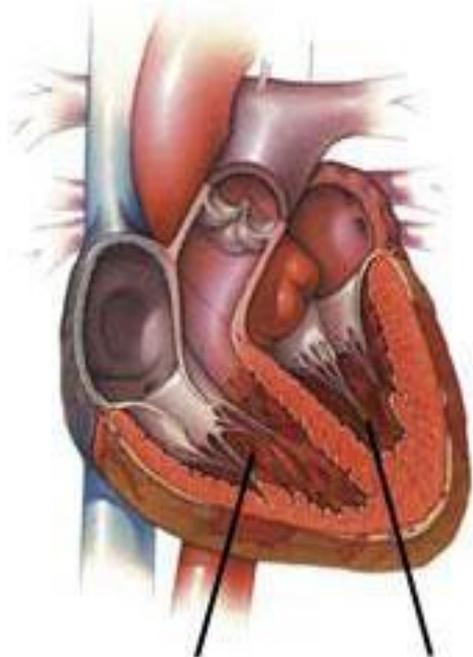


# Гипертрофия левого желудочка

---

Гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ) является одной из основных реакций сердца на усиление гемодинамической нагрузки (давлением, объемом или тем и другим вместе) как при физической активности, так и при патологических процессах. Так, по данным Фрамингемского исследования, гипертрофия ЛЖ встречается у 16-19 % населения и не менее, чем у 60% больных артериальной гипертонией

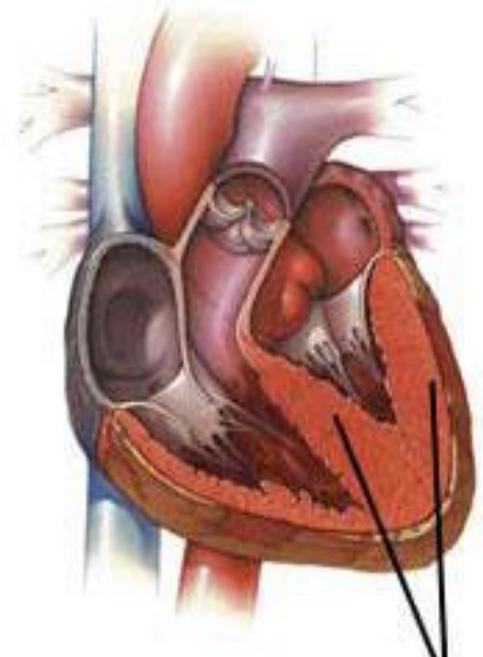
**Здоровое сердце**



**Правый  
желудочек**

**Левый  
желудочек**

**Больное сердце**



**Утолщение**

# Гипертрофия левого желудочка

---

- Отклонение электрической оси сердца влево
- Смещение переходной зоны в верх (в  $V_2$  или  $V_1$ ).

# Гипертрофия левого желудочка

---

- Увеличение амплитуды зубца R в левых отведениях - I, aVL, V5 и V6.
- Смещение сегмента ST ниже изолинии
- Инверсия или двуфазность зубца T в левых отведениях - I, aVL, V5 и V6.

# Гипертрофия левого желудочка

---

## Вольтажные критерии

$Sv1 + Rv5 \geq 35\text{mm}$ ,

$Rv5$  ,  $v6 > 26\text{mm}$ , (Sokolow, Lyon).

- $RI > 10$  мм;
- $RaVL > 11$  мм;
- Корнельский вольтажный индекс, специфичный по полу:  $RaVl + Sv3 > 28$  мм для мужчин,  $> 20$  мм для женщин.

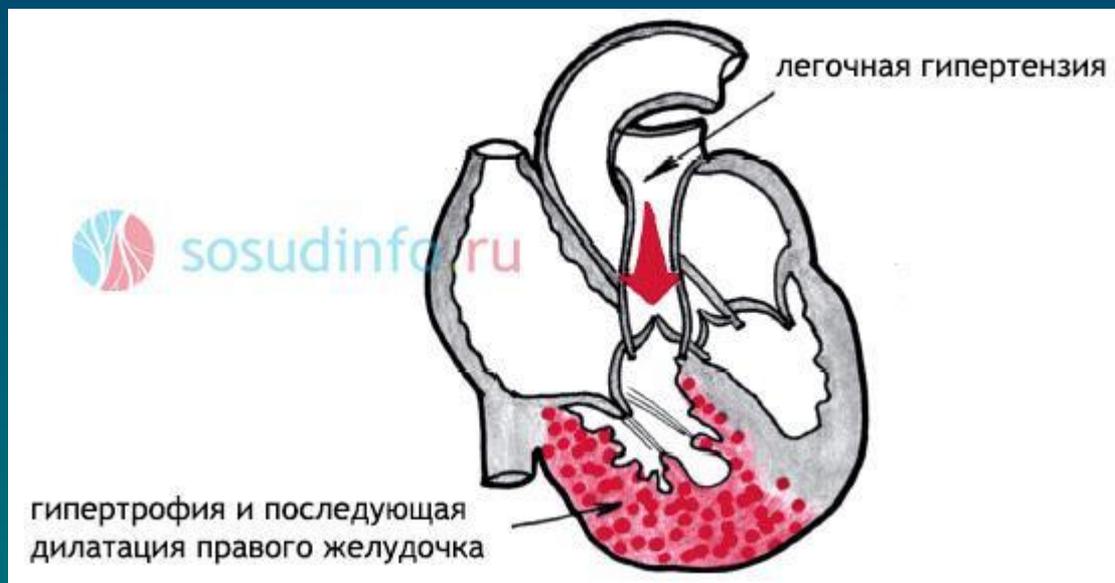


# ГЛЖ как фактор риска ССО

---

- увеличение индекса Sokolow- Lyon на 1 мм повышает риск возникновения сердечно-сосудистых событий, смертности и инсультов для женщин на 1.6-3.9%, а для мужчин – на 1.4-3.0% При сочетании ЭКГ-критериев с факторами риска (повышение индекса массы тела, курение, высокий уровень систолического АД) риск смерти еще больше возрастает у лиц обоих полов

# Гипертрофия правого желудочка



# Гипертрофия правого желудочка

---

- Увеличение амплитуды зубца R в правых отведениях III, aVF, V1 и V2. Чем больше RV1, тем больше ГПЖ
- В отведениях V5, V6 – глубокий и широкий зубец S.
- Смещение сегмента ST ниже изолинии III, aVF, V1 и V2

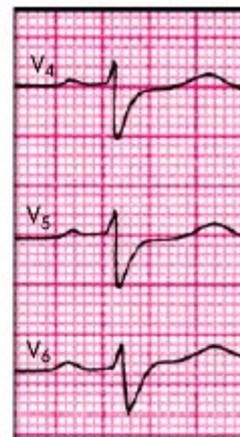
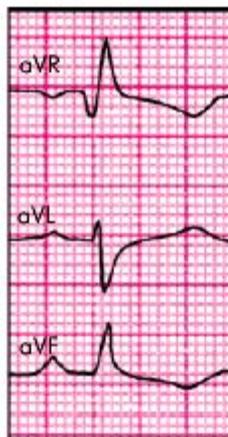
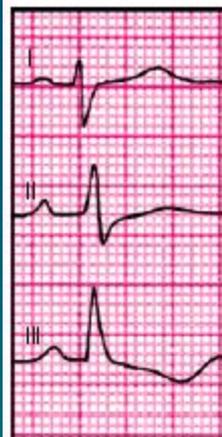
# Гипертрофия правого желудочка

---

- Нарушение проводимости - блокады ПНПГ.
- Отклонение электрической оси сердца вправо.
- Смещение переходной зоны Вниз (V4 или V5).
- Инверсия или двуфазность зубца Т в правых отведения - I I I , aVF, V1 и V2.

# Гипертрофированный ПЖ больше левого

- ЭКГ в правых грудных отведениях V1, V2 может иметь вид qR или R.
- ST в V1, V2 ниже изолинии с дугой, обращенной выпуклостью кверху, зубец T отрицательный асимметричный.
- ЭКГ в отведениях V5, V6 иметь вид rS, когда  $SV5, V6 > rV5, V6$ , или RS, где  $RV6 = SV6$ .



## Умеренно выраженная ГПЖ

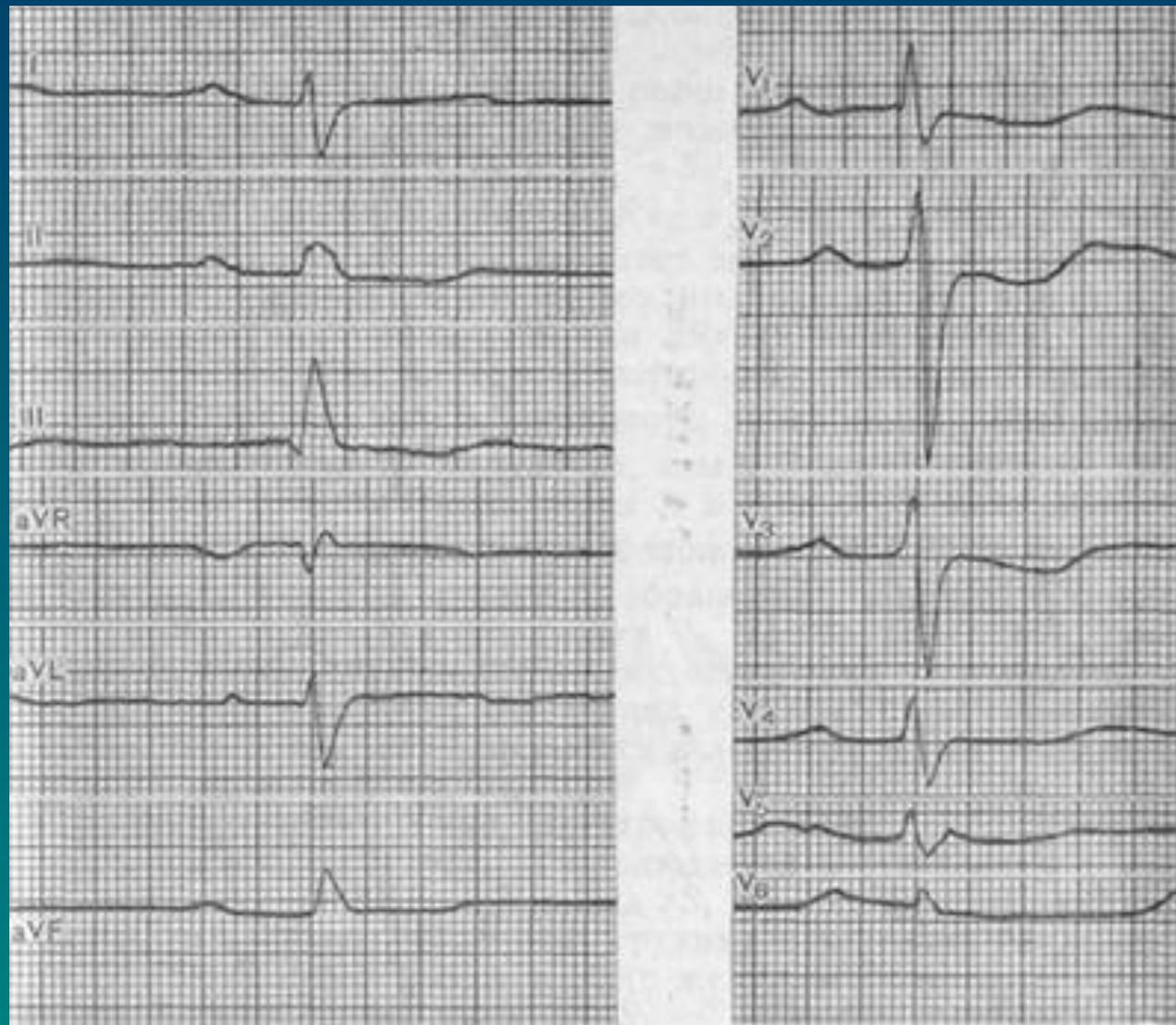
---

- При выраженной гипертрофии правого желудочка с замедлением проведения возбуждения в нем в отведениях V1, V2 регистрируется ЭКГ типа rsR или rSR, или rR.

# Гипертрофированный ПЖ меньше ЛЖ

- При умеренной ГПЖ – в V1, V2 - RS, Rs, rS, где  $R=S$ ,  $R>S$  или  $R<S$ .
- Уменьшение высоты зубца R V5, V6. Чем больше ГПЖ, тем больше глубина зубца SV5, V6 и тем меньше высота зубца R в этих отведениях, и наоборот.
- Сегмент STV5, V6 обычно расположен на изолинии или изредка несколько выше ее с другой, обращенной выпуклостью книзу. Зубец T в отведениях V5, V6 положительный.
- Переходная зона смещается к левым грудным отведениям,

# ГПЖ



# Гипертрофия правого желудочка

---

- S-тип - выраженный зубец S в отведениях с V1 по V6. ЭКГ имеет вид rS, RS или Rs с выраженным зубцом S и в правых, и в левых грудных отведениях.
- S-тип ГПЖ сочетается с электрической осью сердца типа SI–SII–SIII.
- S-тип ГПЖ чаще бывает у больных эмфиземой легких, заболеваниями легких, легочным сердцем и т.д.

# Гипертрофия правого желудочка

---

- $RVI > 7$  мм.
- $SVI, V2 < 2$  мм.
- $SV5 > 7$  мм.
- $RV5, V6 < 5$  мм.
- $RVI + SV5$  или  $RVI + SV6 > 10,5$  мм.
- $RaVR > 4$  мм.
- Отрицательный  $TVI$  и снижение  $STVI, V2$  при  $RVI > 5$  мм и отсутствии коронарной недостаточности.

- 
- Спасибо за внимание

