

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

# Электрокардиография (ЭКГ)

метод графической регистрации электрических процессов, протекающих в сердце при его возбуждении.

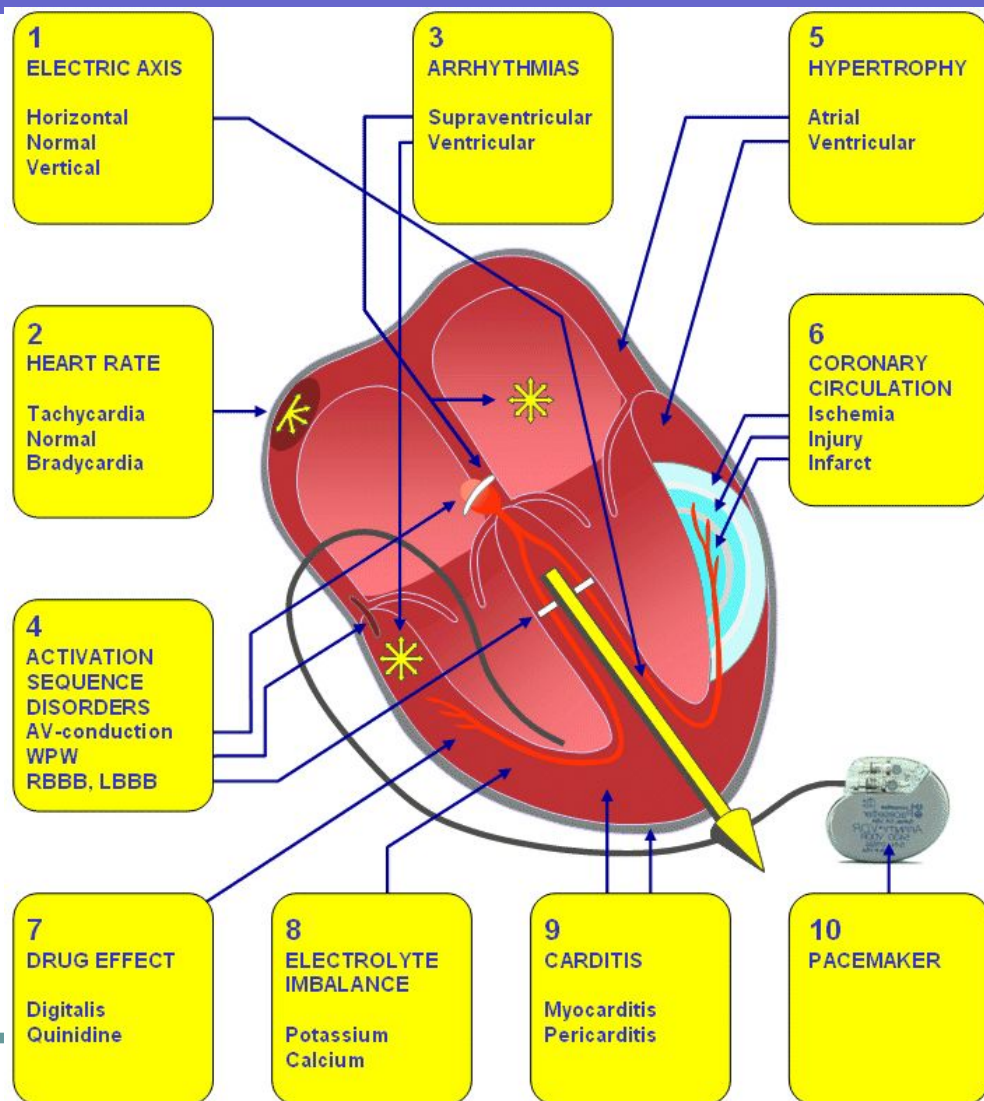
Электрокардиография  
– метод исследования биоэлектрической активности сердца



# Определение

- **Электрокардиография** – регистрация разности потенциалов между двумя точками в электрическом поле сердца.
- **Электрокардиограмма** - графическая запись проекции электродвижущей силы сердца (ЭДС) на оси отведений.

# Возможности ЭКГ



**ЭКГ является незаменимым методом в диагностике нарушений ритма и проводимости сердца, ишемической болезни сердца, гипертрофии миокарда и других заболеваний сердца.**

# История возникновения метода

1858 год – немецкие ученые Р. Келликер и И.Мюллер обнаружили наличие электрических явлений в сердечной мышце.

1873 год- сконструирован первый электрометр, позволивший регистрировать электрические потенциалы с поверхности тела.

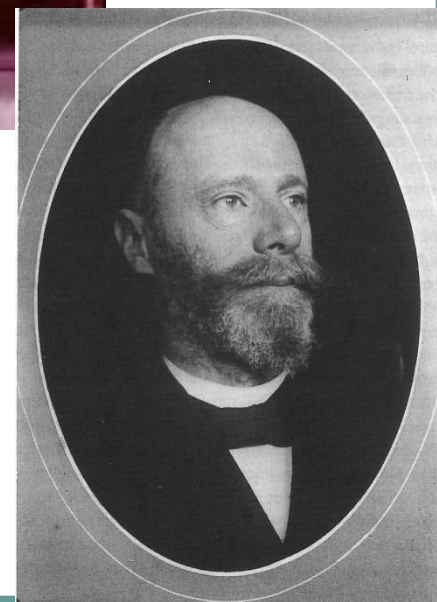
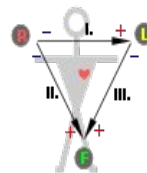
# История возникновения метода

Август Уоллер - английский физиолог. В 1887 году обнаружил, что измерение биопотенциалов сердца возможно с помощью электродов, наложенных на поверхность тела.



Уильям Эйнтховен - голландский физиолог. В 1893г. предложил термин *электрокардиограмма*. В 1903 сконструировал первый электрокардиограф. Разработал большую часть современной ЭКГ-номенклатуры .

Разработал основы векторного анализа ЭКГ



**1913 год – В.Эйнтховен предложил технику регистрации ЭКГ, располагая электроды на конечностях, ввел понятие «отведение ЭКГ».**

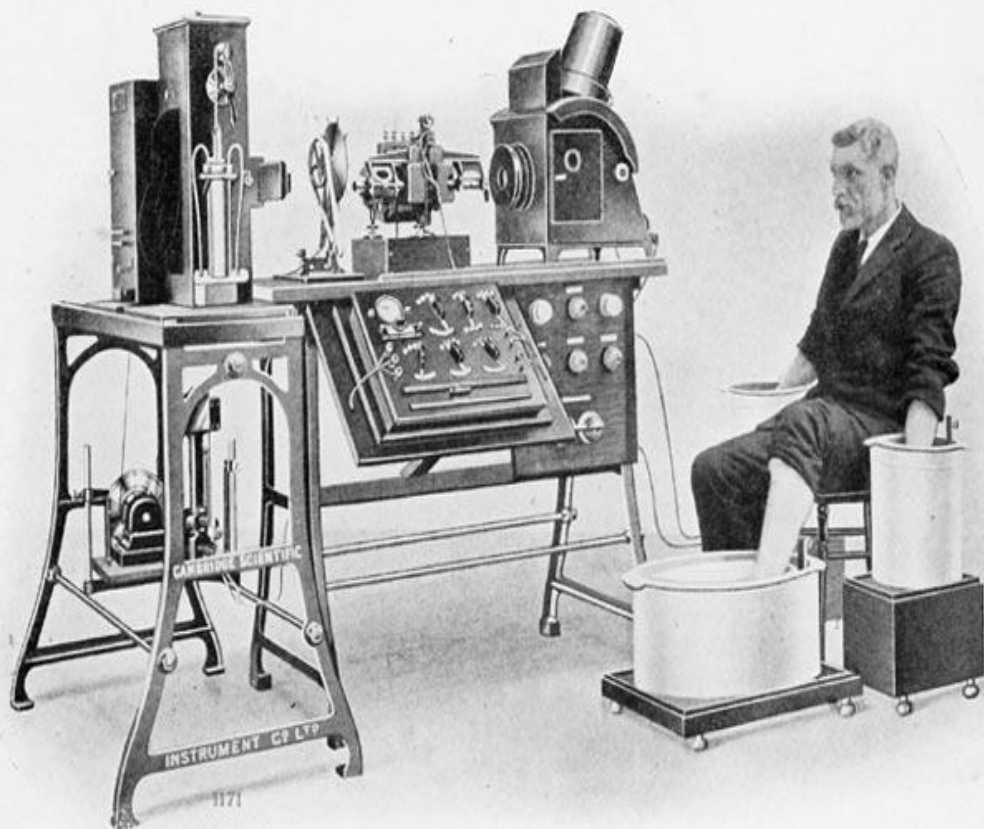
**1924 год – В. Эйнтховену присуждена Нобелевская премия по медицине за внедрение в практическое здравоохранение метода ЭКГ диагностики.**

**1936 год – Вильсоном были предложены грудные отведения.**

**1942 год- Гольдбергер – введены однополюсные усиленные отведения от конечностей.**



# Модели электрокардиографов



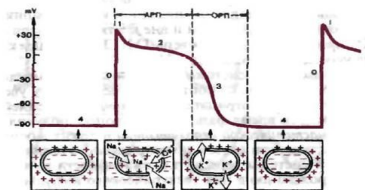
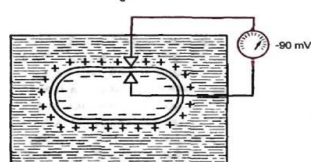
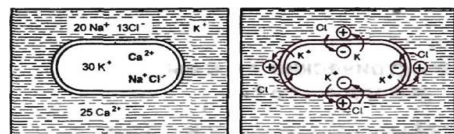
PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSSED IN JARS OF SALT SOLUTION

**Первый ЭКГ аппарат имел вес 270 кг и в его обслуживании были задействованы 5 человек.**

**В настоящее время применяются портативные ЭКГ аппараты, которые работают от аккумулятора.**

**С помощью современных ЭКГ аппаратов можно передавать ЭКГ из отдаленных районов в ведущие клиники страны.**

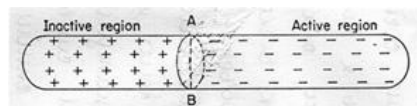
# Основы ЭКГ:



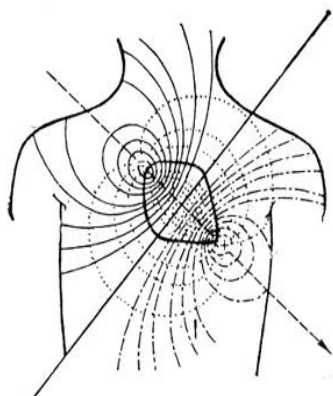
## Мембранная теория

Рис. 1.2. Трансмембранный потенциал действия (ТМПД). Объяснение в тексте.

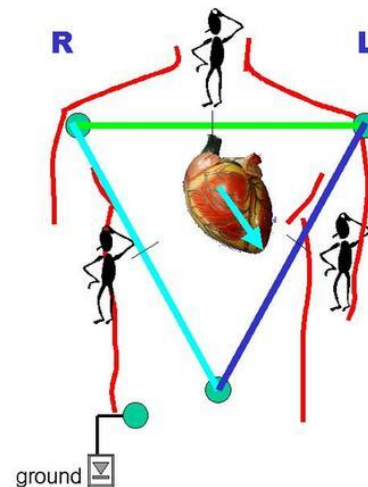
АРП и ОРП — абсолютный и относительный рефрактерный периоды.



## Дипольная теория



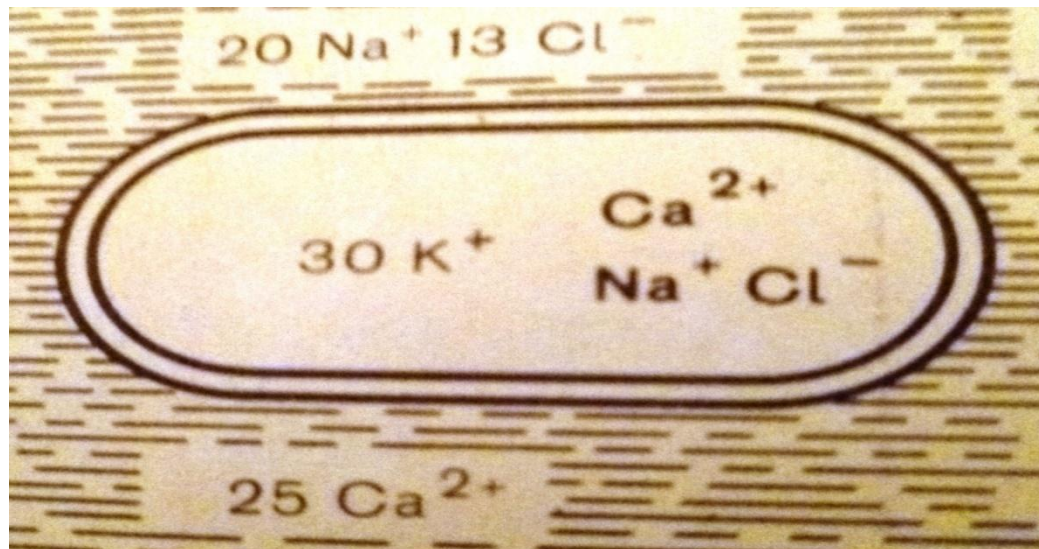
## Векторная теория



## Мембранная теория ЭКГ

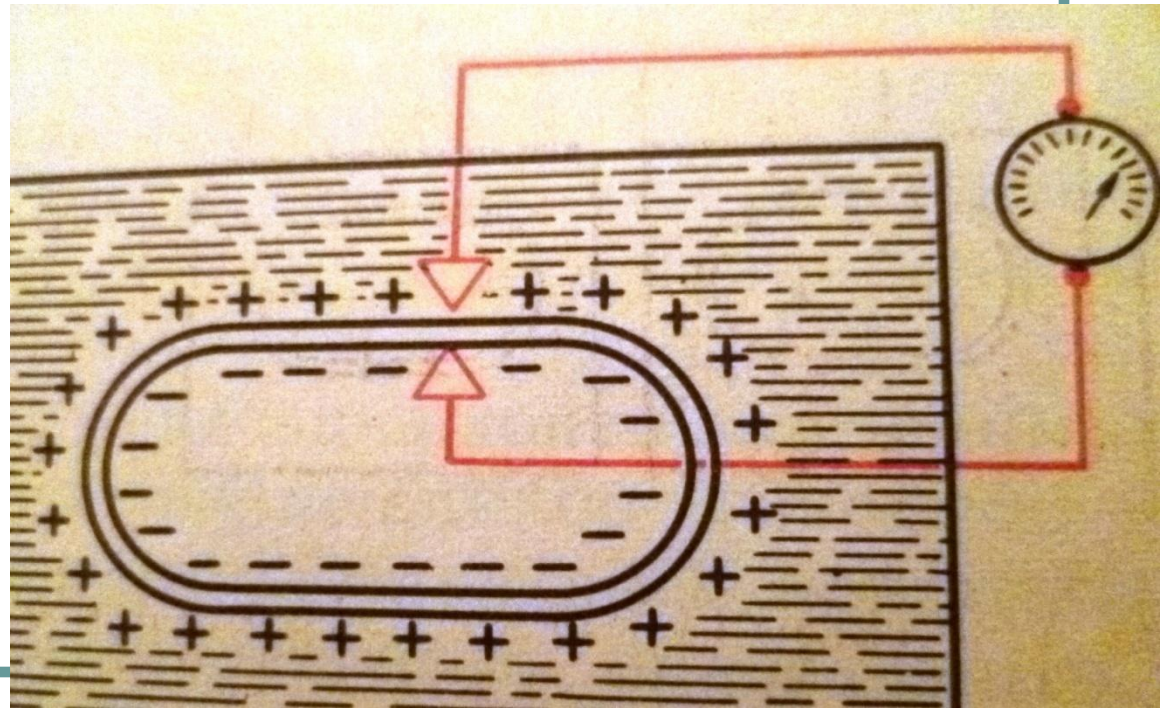
В основе возникновения электрических явлений в сердце лежит проникновение ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  через мембрану мышечной клетки.

В невозбужденном состоянии в силу концентрационного градиента ионы  $K^+$  стремятся выйти из клетки, а ионы  $Cl^-$  проникнуть в клетку.





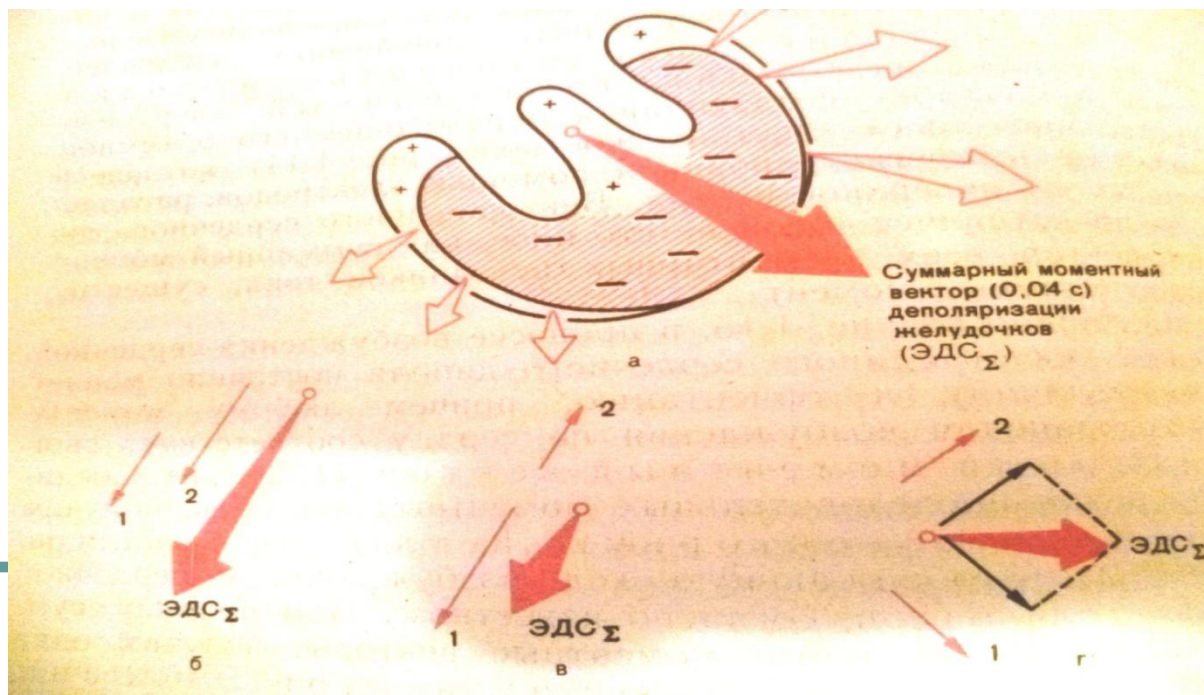
На поверхности клеточной мембраны  
возникает разность потенциалов и  
электрический ток.



## **Дипольная теория**

Возбужденные и невозбужденные кардиомиоциты предложено рассматривать как два разноименно заряженных полюса сердца, между которыми возникает разность потенциалов и электрический ток.

Потенциал действия всех кардиомиоцитов суммируется, возникает суммарная ЭДС сердца. ЭДС сердца направлена от эндокарда к эпикарду.





**Суммарная ЭДС сердца складывается из 3 векторов:**

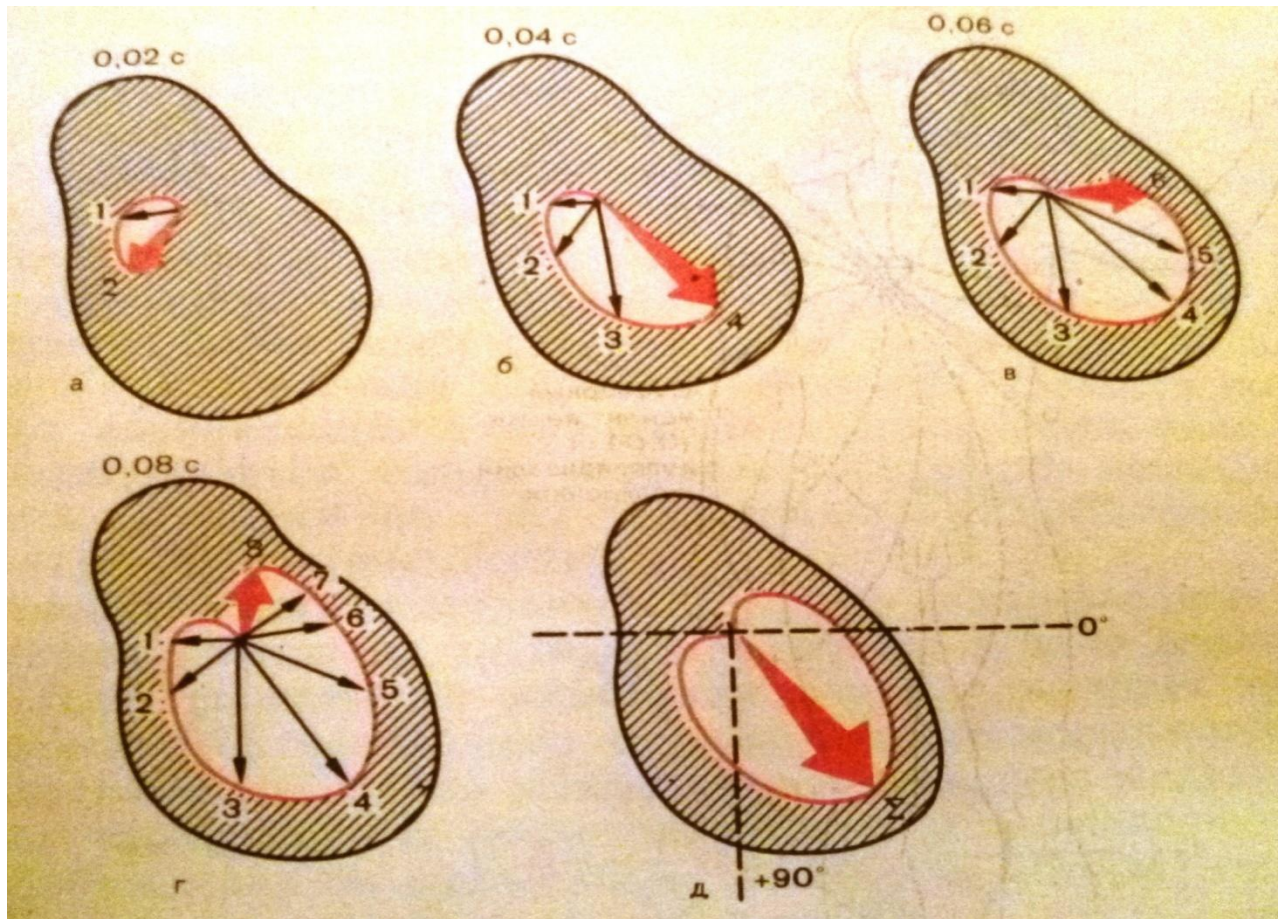
- вектор возбуждения перегородки;**
- вектор возбуждения миокарда левого желудочка;**
- вектор возбуждения миокарда базальных отделов сердца**

## Векторная теория

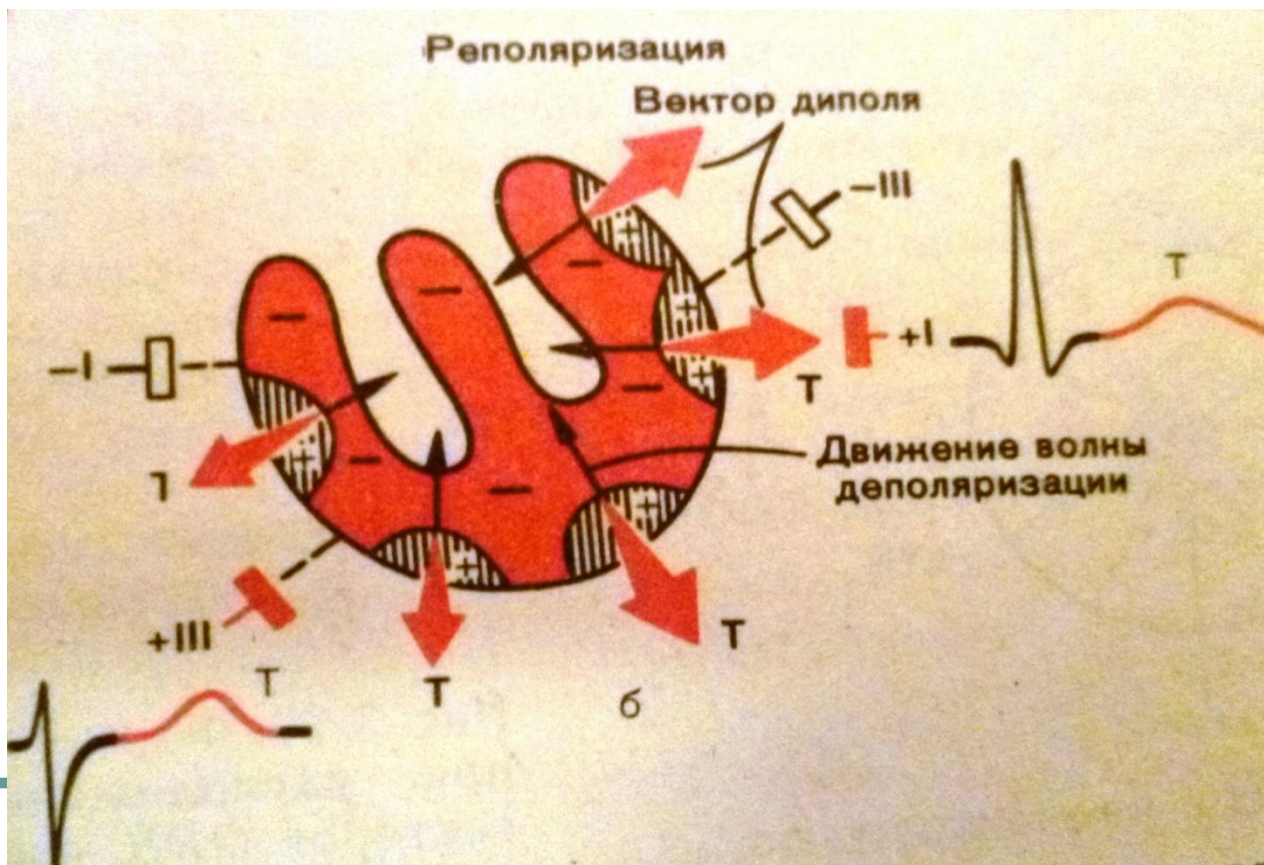
ЭДС – векторная величина (величина и направление).

Вектор ЭДС направлен сзади вперед, сверху вниз и справа налево. Направление вектора ЭДС – электрическая ось сердца .

# Суммарная ЭДС



## Суммарная ЭДС сердца направлена от эндокарда к эпикарду



**Вектор ЭДС направлен сзади вперед, сверху вниз и справа налево.**

**Направление вектора ЭДС – электрическая ось сердца .**

**В норме ЭОС расположена под углом  $30^\circ + 70^\circ$  градусов, что совпадает с анатомической осью сердца.**

# ЭКГ отведения

**В настоящее время в практике наиболее широко используется запись ЭКГ в 12 отведениях:**

**3 - стандартных двухполюсных отведений от конечностей (I,II,III),**

**3 - усиленных однополюсных отведений от конечностей (aVR, aVL avF );**

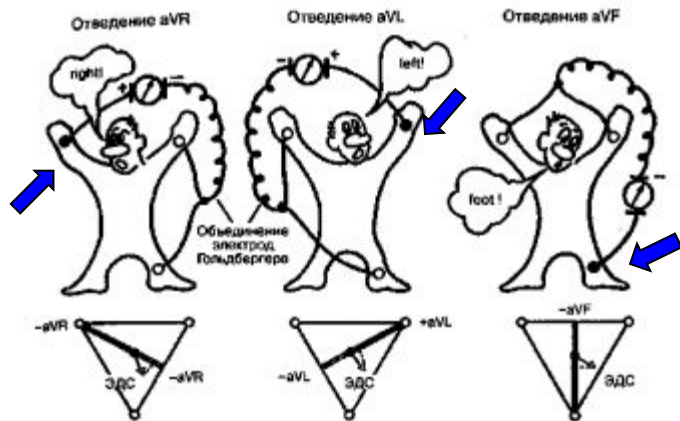
**6 грудных отведений (v1-v6 ).**



# Регистрация ЭКГ

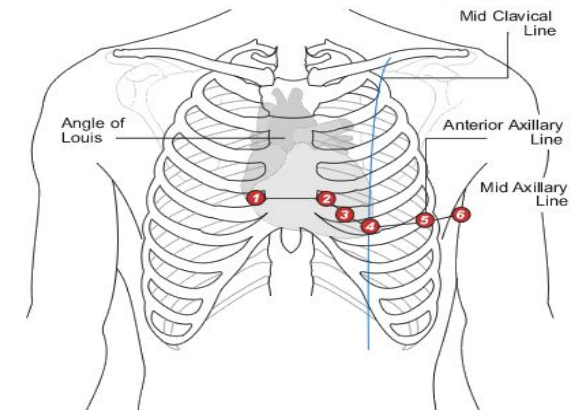
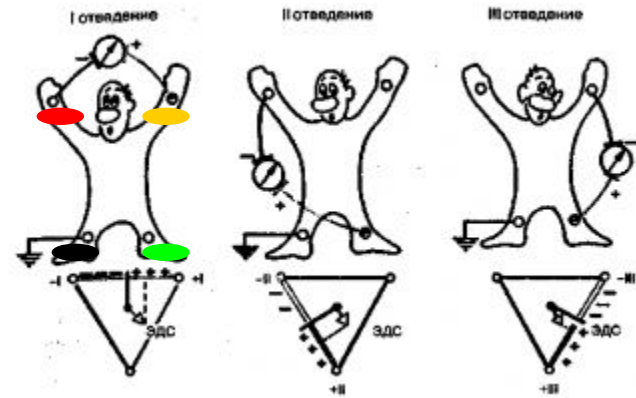
Стандартная ЭКГ записывается в **12 отведениях**:

- **3 усиленных от конечностей** (aVR, aVL, aVF),



- **6 грудных** (V1, V2, V3, V4, V5, V6).

**3 стандартных (I, II, III)**



# Стандартные двухполюсные отведения от конечностей

## Стандартные двухполюсные отведения от конечностей (I, II, III отведения)

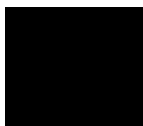
- предложены в 1913 году В. Эйнтховеном – фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля, удаленными от сердца (на конечностях) и расположенными во фронтальной плоскости.



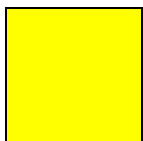
# Правила наложения электродов на конечности для снятия ЭКГ



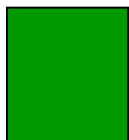
- Правая рука



- Правая нога

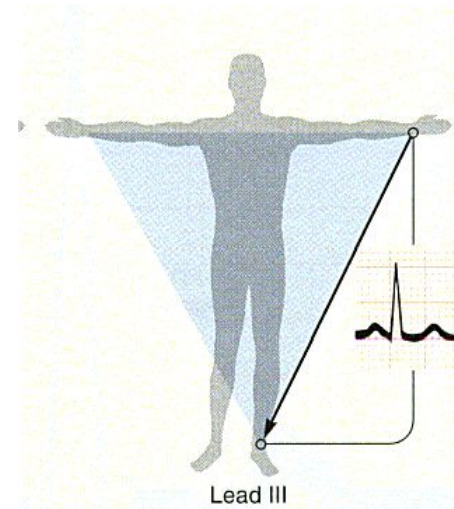
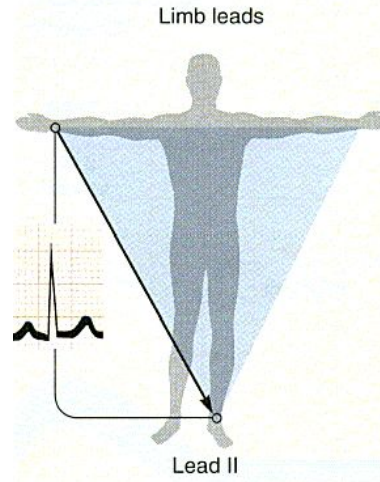
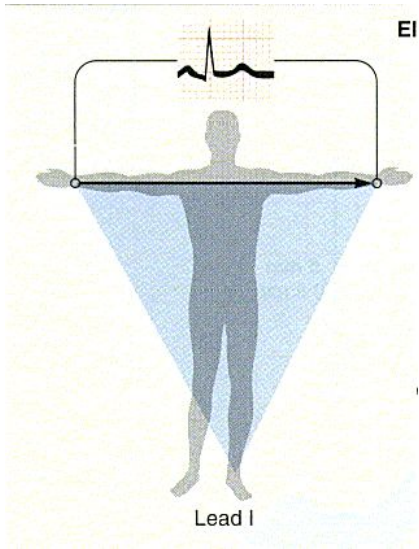


- Левая рука



- Левая нога

# Стандартные двухполюсные отведения от конечностей



## Усиленные однополюсные отведения от конечностей

Усиленные однополюсные отведения от конечностей были предложены в 1942 году Гольдбергером.

отведения  $aVR$ ,  $aVL$ ,  $aVF$

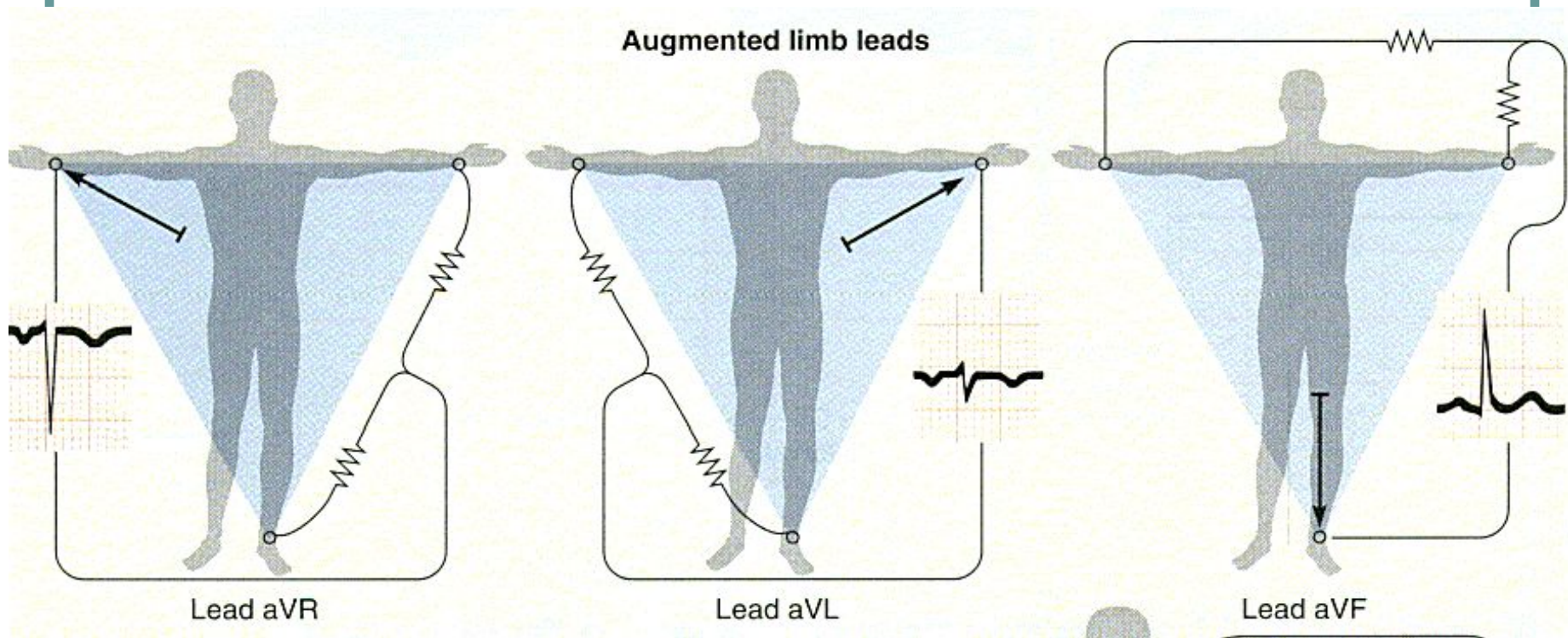
Точки наложения электродов:

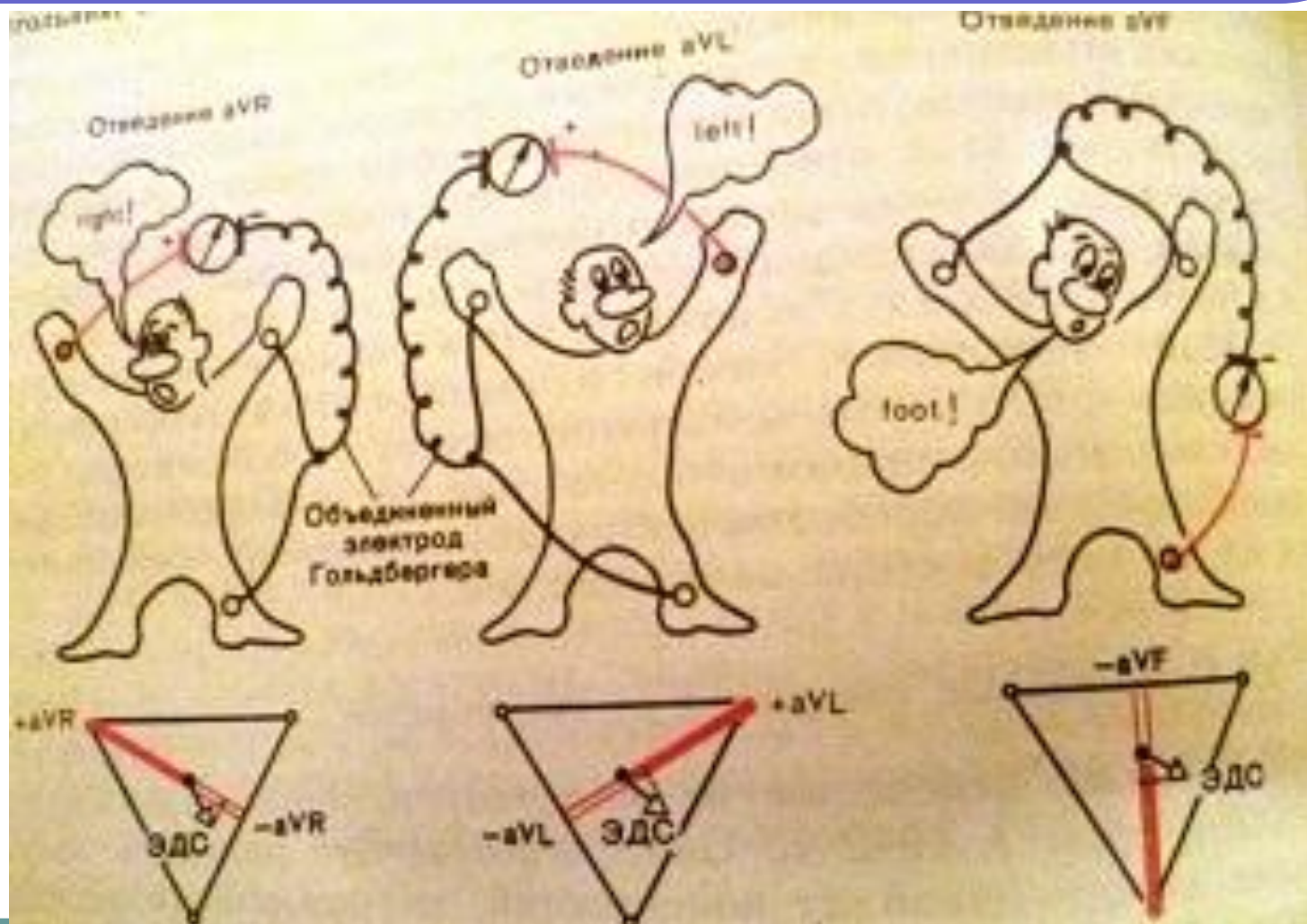
$aVR$  – правая рука

$aVL$  – левая рука

$aVF$ - левая нога

# Усиленные однополюсные отведения от конечностей





# Грудные отведения

**Грудные отведения предложены Вильсоном в 1934 году**

**- регистрируют разность потенциалов между активными положительными электродами на поверхности грудной клетки и отрицательным электродом Вильсона (разность потенциалов от трех конечностей )**

## Точки наложения грудных электродов :

**V1 – 4 межреберье справа от грудины**

**V2- 4 межреберье слева от грудины**

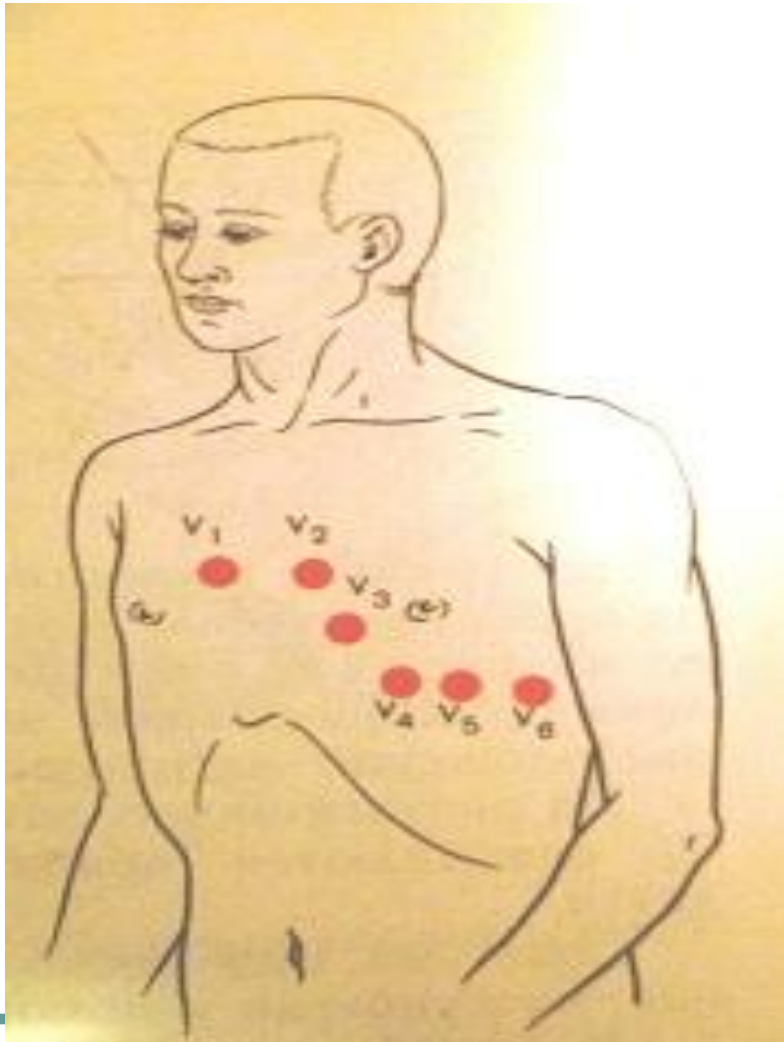
**V3- расстояние между V2 – V4**

**V4- 5 межреберье по левой средне-ключичной линии**

**V5- на уровне V4 по передней подмышечной линии**

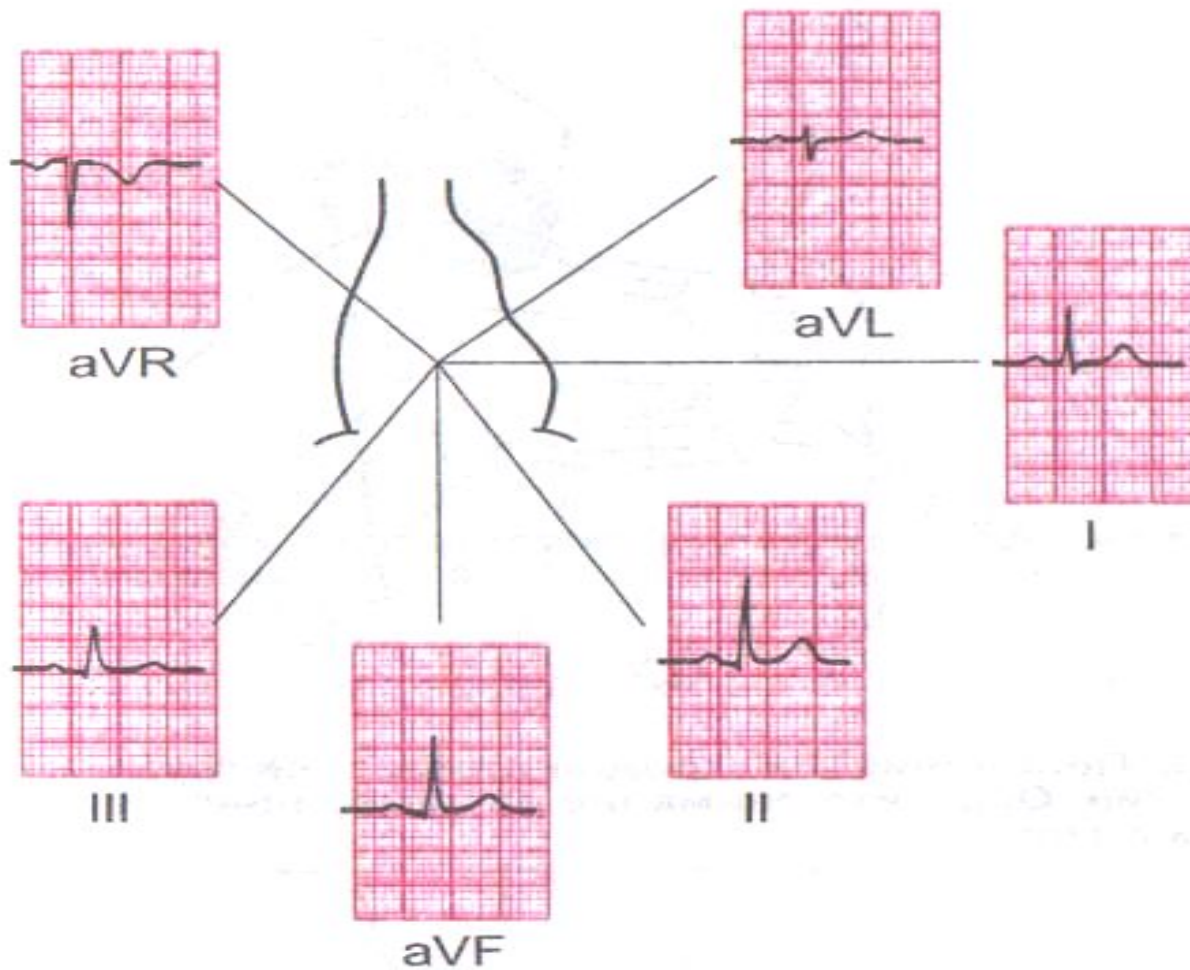
**V6- на уровне V4 по средней подмышечной линии**



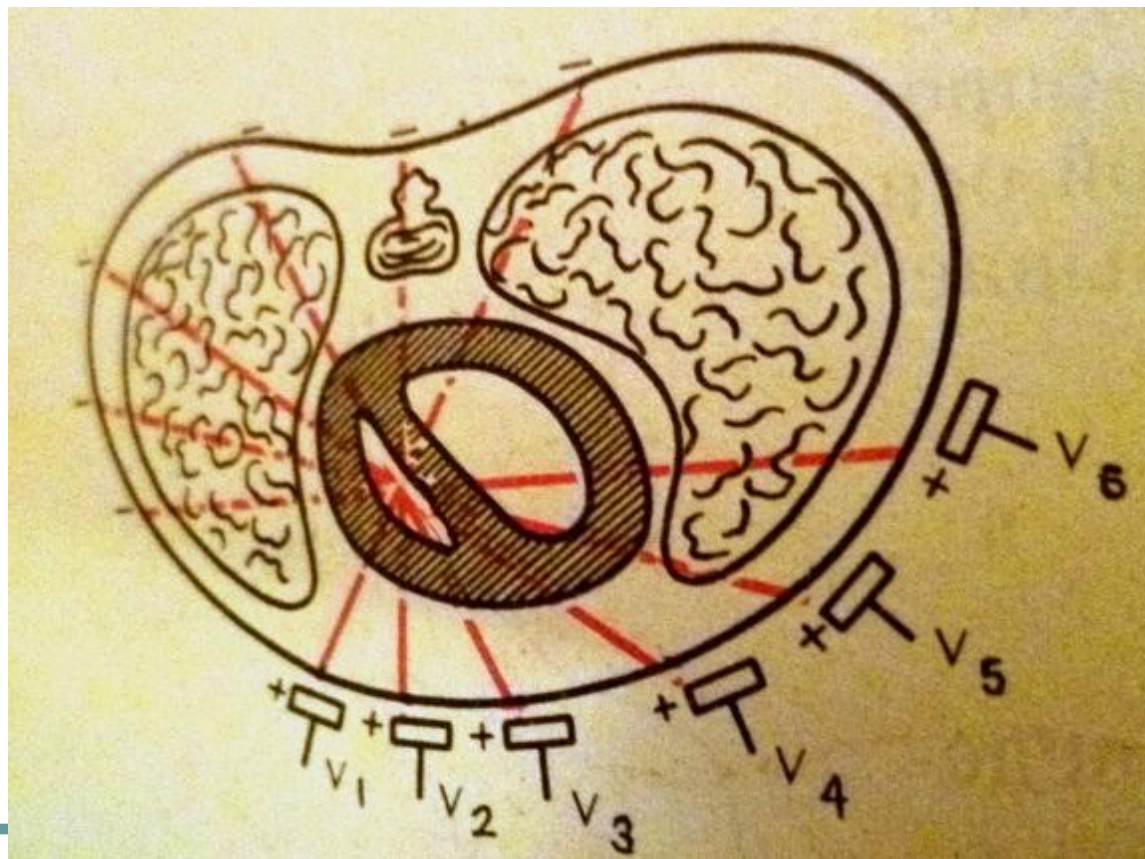




# Форма комплексов ЭКГ в стандартных отведениях



**Грудные отведения позволяют оценить изменения ЭКГ в горизонтальной плоскости.**



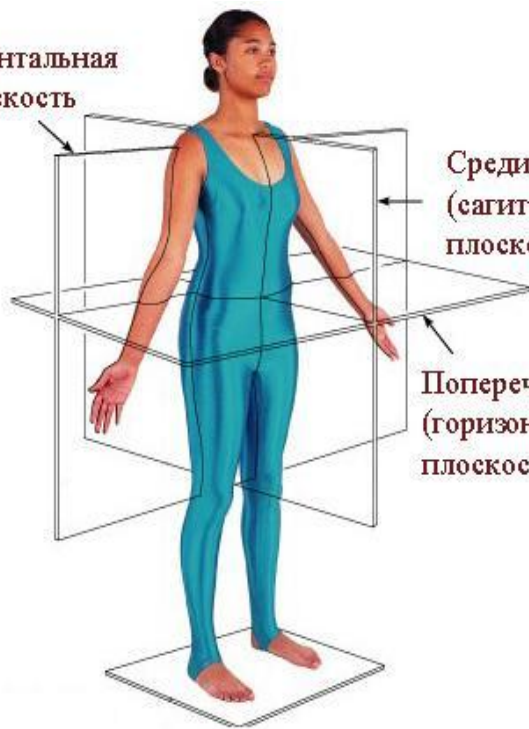
# Топическая диагностика

Отведения	Отделы миокарда
I, II, aVL	Передняя стенка
II, III, aVF	Задне-базальные отд.
V1, V2	Передняя стенка
V3	Межжелудочковая перегородка
V4	Верхушка
V5, V6	Боковая стенка

# Электрическая ось сердца

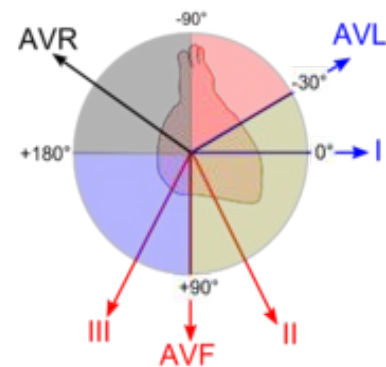
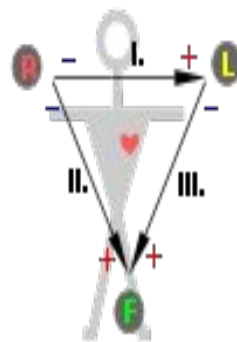
**Электрическая ось сердца** — это проекция суммарного электрического вектора ЭКГ-комплекса QRS на фронтальную плоскость.

Фронтальная плоскость



Срединная (сагиттальная) плоскость

Поперечная (горизонтальная) плоскость



# Электрическая ось сердца

Варианты положения электрической оси сердца:

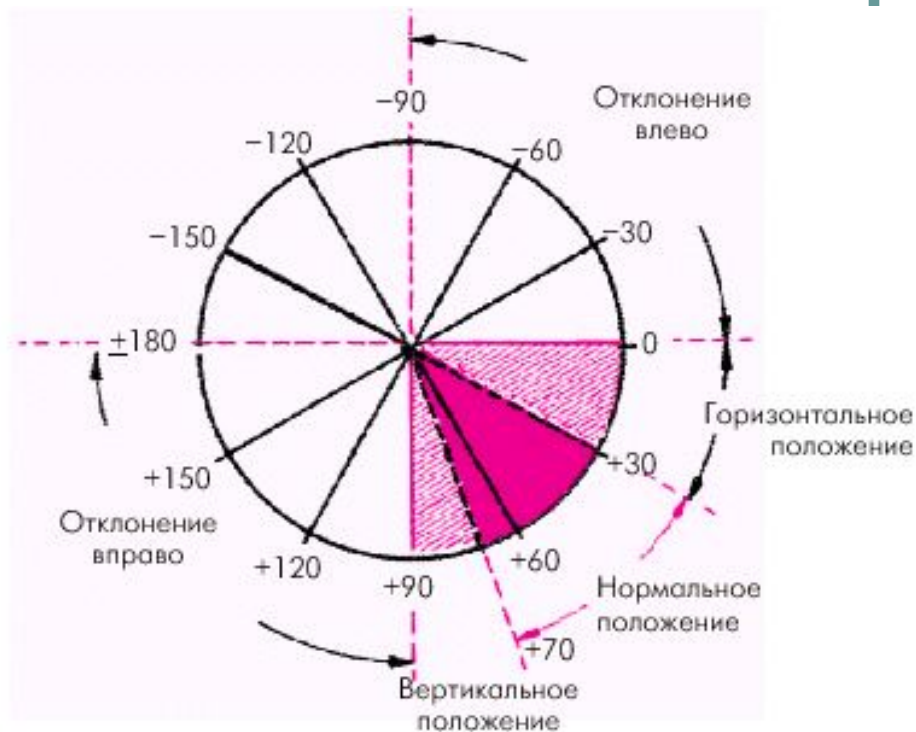
**нормальное:**  $30^\circ > \alpha < 69^\circ$ ,

**вертикальное:**  $70^\circ > \alpha < 90^\circ$ ,

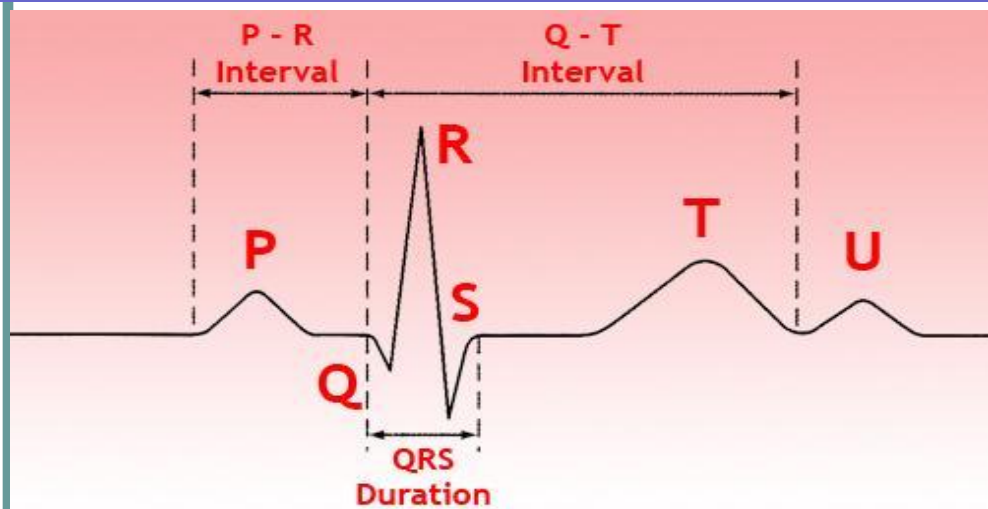
**горизонтальное:**  $0^\circ > \alpha < 29^\circ$ ,

**резкое отклонение оси вправо:**  $91^\circ > \alpha < \pm 180^\circ$ ,

**резкое отклонение оси влево:**  $0^\circ > \alpha < -90^\circ$ .



# Элементы нормальной ЭКГ



## ИНТЕРВАЛЫ

состоят из **зубца (комплекса зубцов)**  
и **сегмента**:

**PQ, QT**

## ЗУБЦЫ

**P** (сокращение предсердий),

**Q, R, S** (сокращение  
желудочков),

**T** (расслабление желудочков),

**U** (непостоянный зубец,  
регистрируется редко).

## СЕГМЕНТЫ

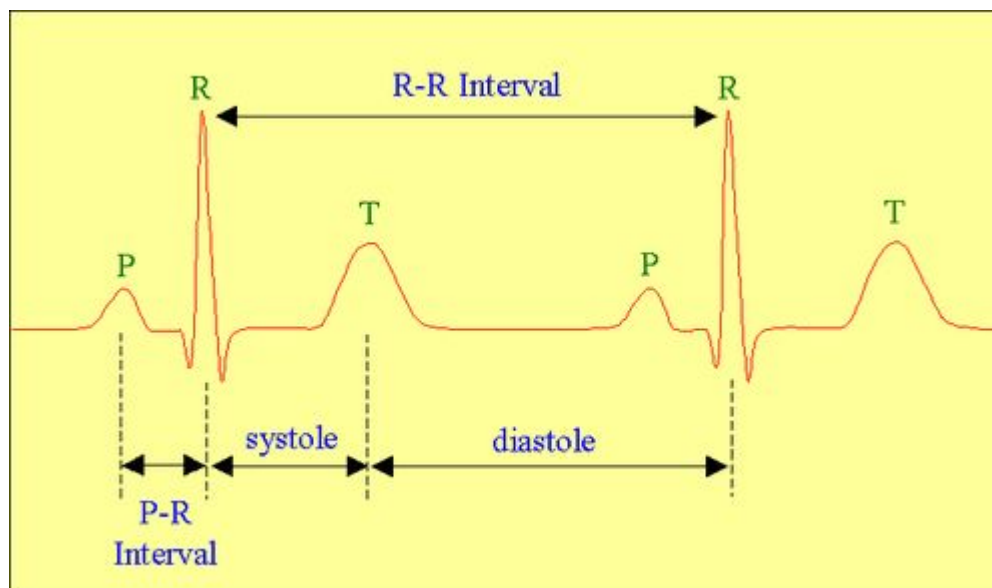
участки **прямой**  
**линии** (изолинии) между двумя  
соседними зубцами:

**PQ, ST, TP**



# Элементы нормальной ЭКГ

- Соотношение интервалов ЭКГ с фазами сердечного цикла (систола и диастола желудочков)



# Анализ ЭКГ

- Проверка правильности регистрации ЭКГ.
- Анализ сердечного ритма и проводимости:
  - оценка регулярности сердечных сокращений,
  - подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС),
  - определение источника возбуждения,
  - оценка проводимости.
- Определение электрической оси сердца.
- Анализ предсердного зубца P и интервала P - Q.
- Анализ желудочкового комплекса QRST:
  - анализ комплекса QRS,
  - анализ сегмента RS - T,
  - анализ зубца T,
  - анализ интервала Q - T.
- Электрокардиографическое заключение.



# Анализ ЭКГ

## Шаг 1. Проверка правильности регистрации ЭКГ



## 2. Оценка регулярности сердечных сокращений

Регулярность ритма оценивается по интервалам R-R. Допускается разброс длительности отдельных интервалов R-R не более  $\pm 10\%$  от средней их длительности.

## 3. Подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС) $ЧСС = 60 / R-R \text{ (сек)}$

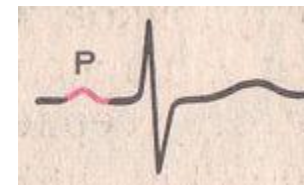
## 4. Определение источника возбуждения:

Определение водителя ритма

### СИНУСОВЫЙ ритм:

- во II стандартном отведении зубцы P всегда положительные и находятся перед каждым комплексом QRS,

- зубцы P в одном и том же отведении имеют постоянную одинаковую форму.



# Анализ ЭКГ

## Шаг 1. Проверка правильности регистрации ЭКГ

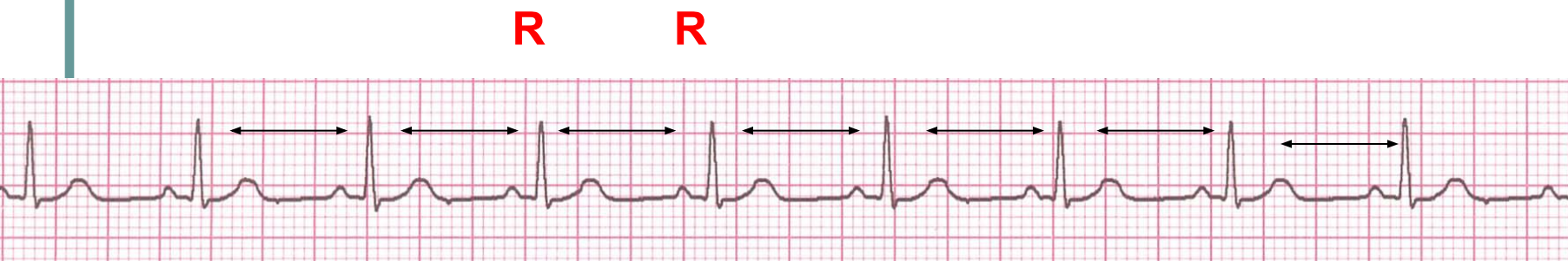
Контрольный милливольт



# Анализ ЭКГ

## Шаг 2. Оценка регулярности и частоты сердечных сокращений

Регулярность ритма оценивается по интервалам R-R.



Допускается разброс длительности отдельных интервалов R-R не более  $\pm 10\%$  от средней их длительности.

Подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС)

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

# Анализ ЭКГ

## Шаг 3. Определение источника возбуждения:

(Определение водителя ритма)

### СИНУСОВЫЙ ритм:

- - во II стандартном отведении зубцы Р всегда положительные и находятся перед каждым комплексом QRS,
- - зубцы Р в одном и том же отведении имеют постоянную одинаковую форму.

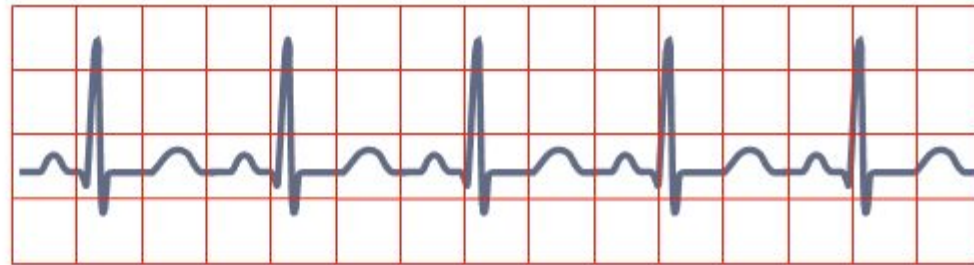
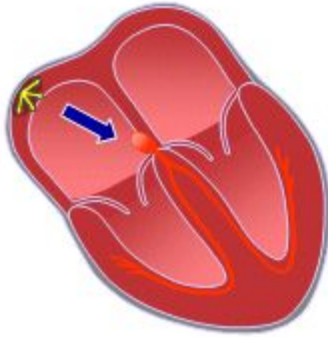
Р Р Р Р Р



# Анализ ЭКГ

## SINUS TACHYCARDIA

Impulses originate at S-A node at rapid rate

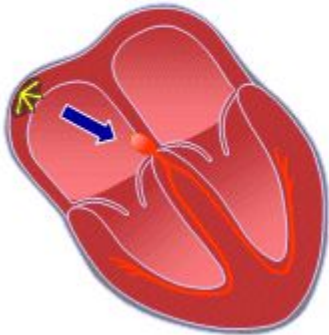


All complexes normal, evenly spaced. Rate >100/min.

# Анализ ЭКГ

## SINUS BRADYCARDIA

Impulses originate at S-A node at slow rate



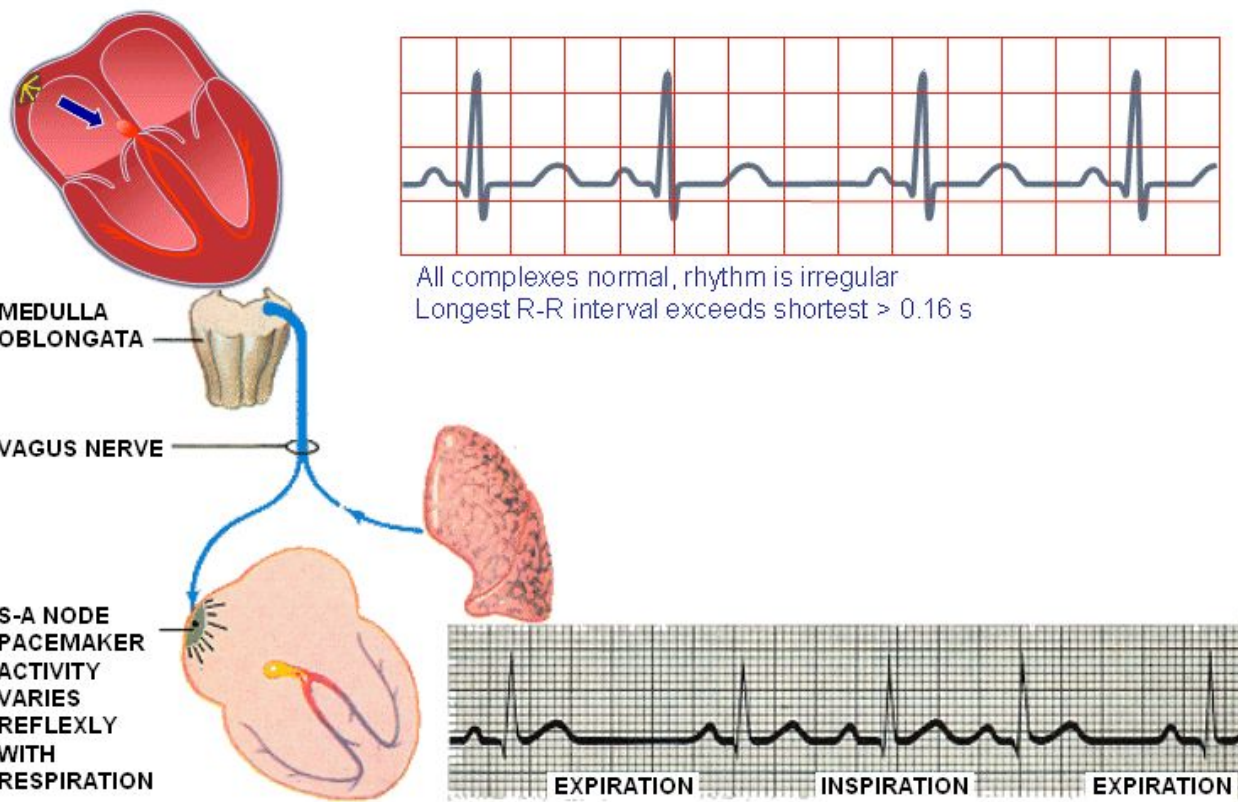
All complexes normal, evenly spaced. Rate < 60/min.



# Анализ ЭКГ

## SINUS ARRHYTHMIA

Impulses originate at S-A node at varying rate



# Анализ ЭКГ

## Шаг 4. Определение электрической оси сердца:

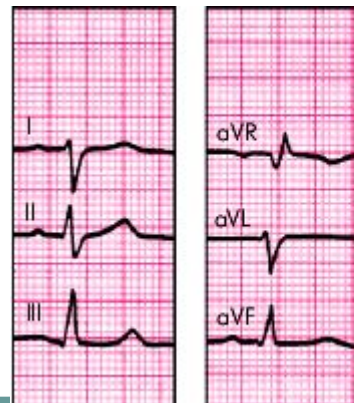
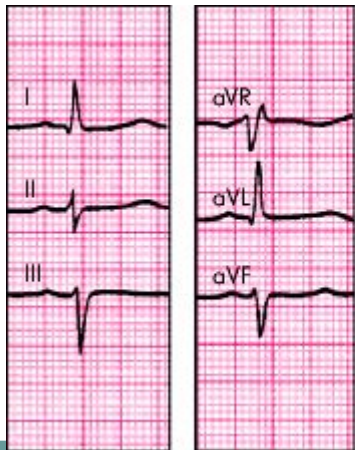
- по углу  $\alpha$ ;

- визуальное определение промежуточного положение ЭОС  $R_{II} > R_I > R_{III}$



отклонение ЭОС влево –  $R_I S_{III}$

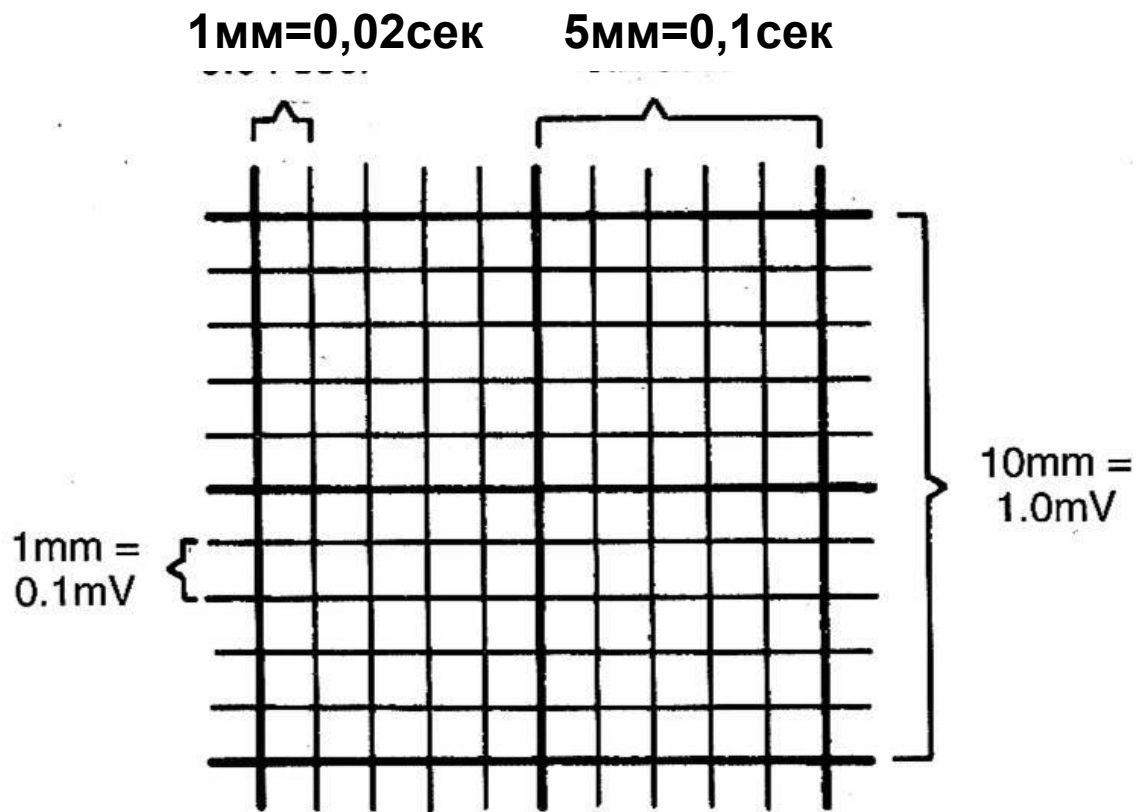
отклонение ЭОС вправо –  $R_{III} S_I$





# Анализ ЭКГ

## Шаг 5. Подсчет зубцов, интервалов



# Анализ ЭКГ

## Анализ предсердного зубца P :

Длительность P  $\leq 0,1$ сек  
амплитуда - 1.5 - 2.5 мм

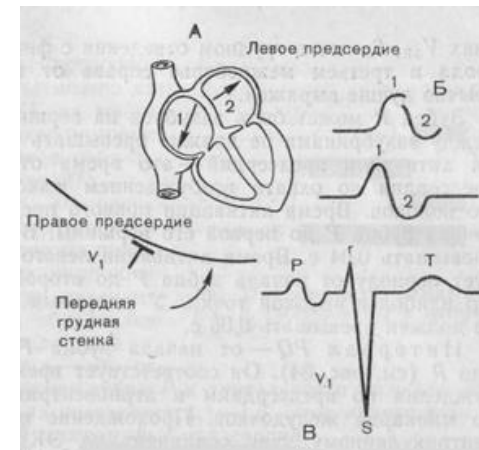
I, II, aVF, V2 - V6 - зубец P всегда положительный.

III, aVL, V1 - зубец P положительный или двухфазный.

aVR зубец P - всегда отрицательный.

## Анализ интервала PQ:

P-Q  $\leq 0.12-0.20$  сек



# Анализ ЭКГ

- **Анализ желудочкового комплекса QRST**

$QRST \leq 0,07-0,09$  сек

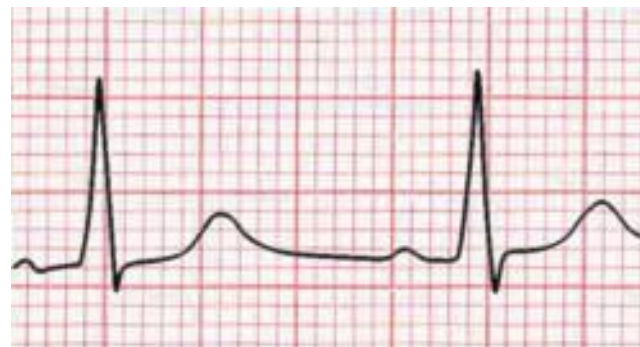
$Q - \frac{1}{4} R, Q \leq 0,03$ сек

$R, S$  (в стандартных отведениях)  $\leq 5$ мм  
(в грудных отведениях)  $\leq 20$ мм

Амплитуда R  $V_1$   $\rightarrow V_{4max}$   $V_6$

Амплитуда S  $V_{1ma}$   $\rightarrow V_{5...V_6} = 0$

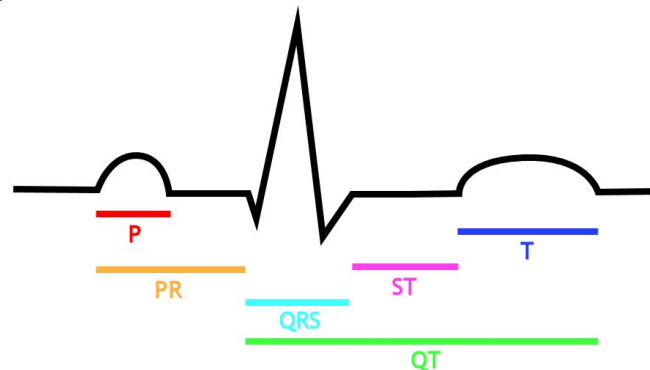
В отведении  $V_3$   $R \approx S$  (переходная зона)



# Анализ ЭКГ

## Анализ сегмента RS – T:

Сегмент RS – T находится на изолинии ( $\pm 1$ мм)



## Анализ зубца T:

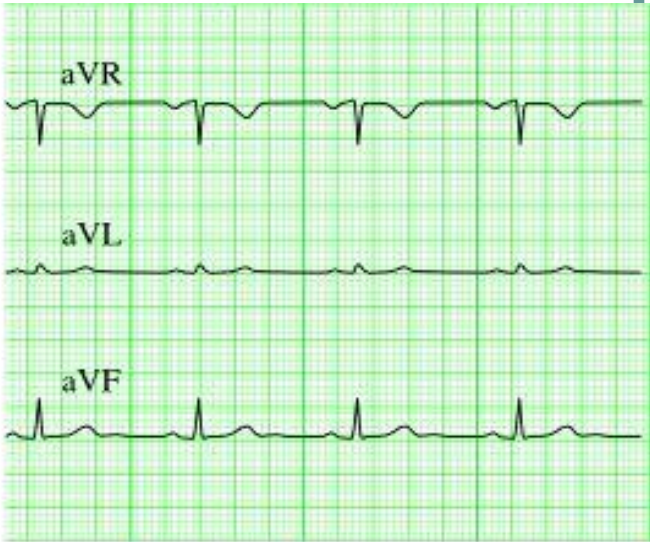
Зубец T отражает процессы реполяризации миокарда.

I, II, aVF, V2-V6 – зубец T всегда положительный,  
причем  $T_I > T_{III}$ , а  $T_{V_6} > T_{V_1}$   
aVR – T всегда отрицательный

## Анализ интервала Q – T:

Интервал Q - T – электрическая систола желудочков

# Анализ ЭКГ



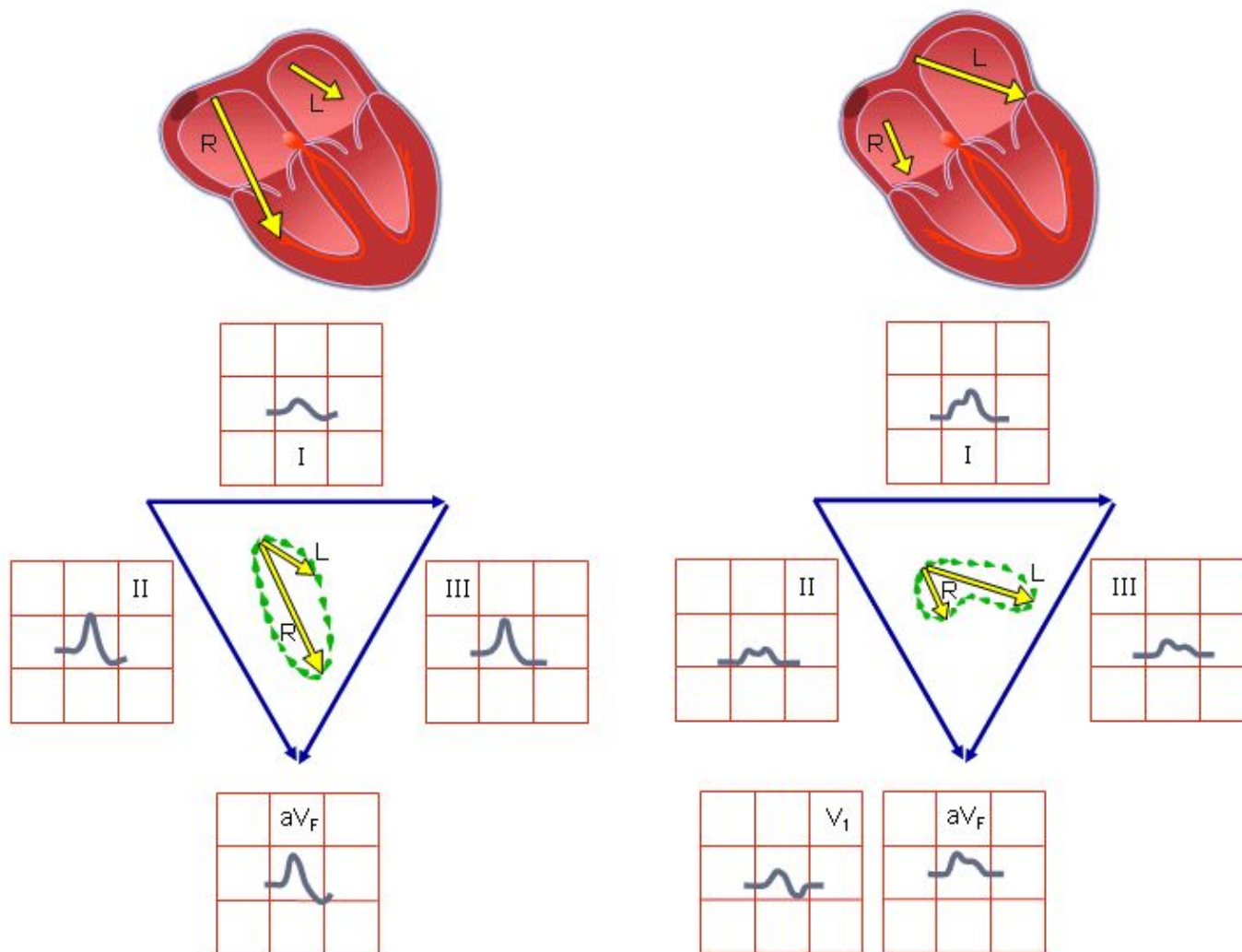


# Гипертрофия предсердий

## RIGHT ATRIAL HYPERTROPHY LEFT ATRIAL HYPERTROPHY

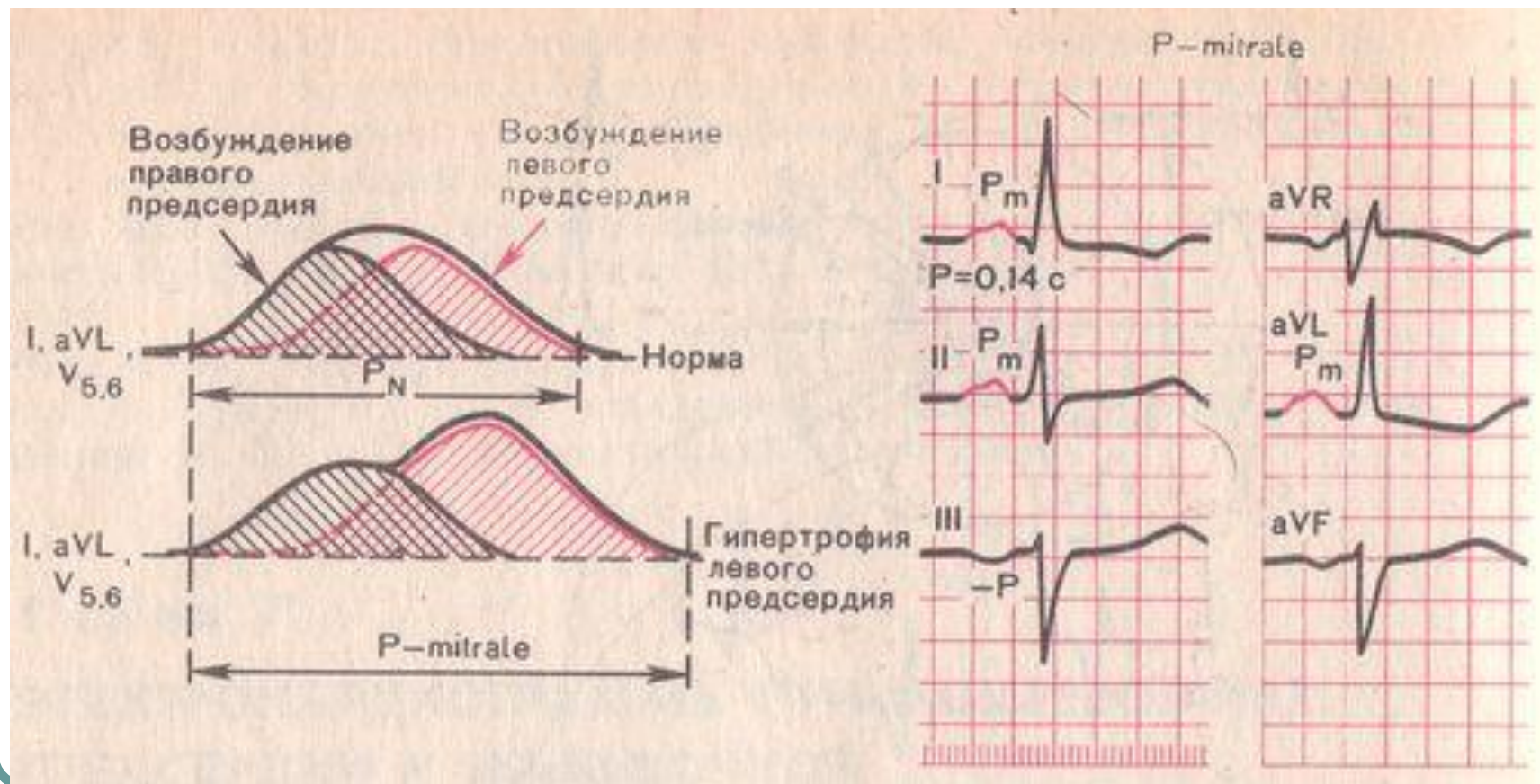
Tall, peaked P wave in leads I and II

Wide, notched P wave in lead II. Diphasic P wave in V1



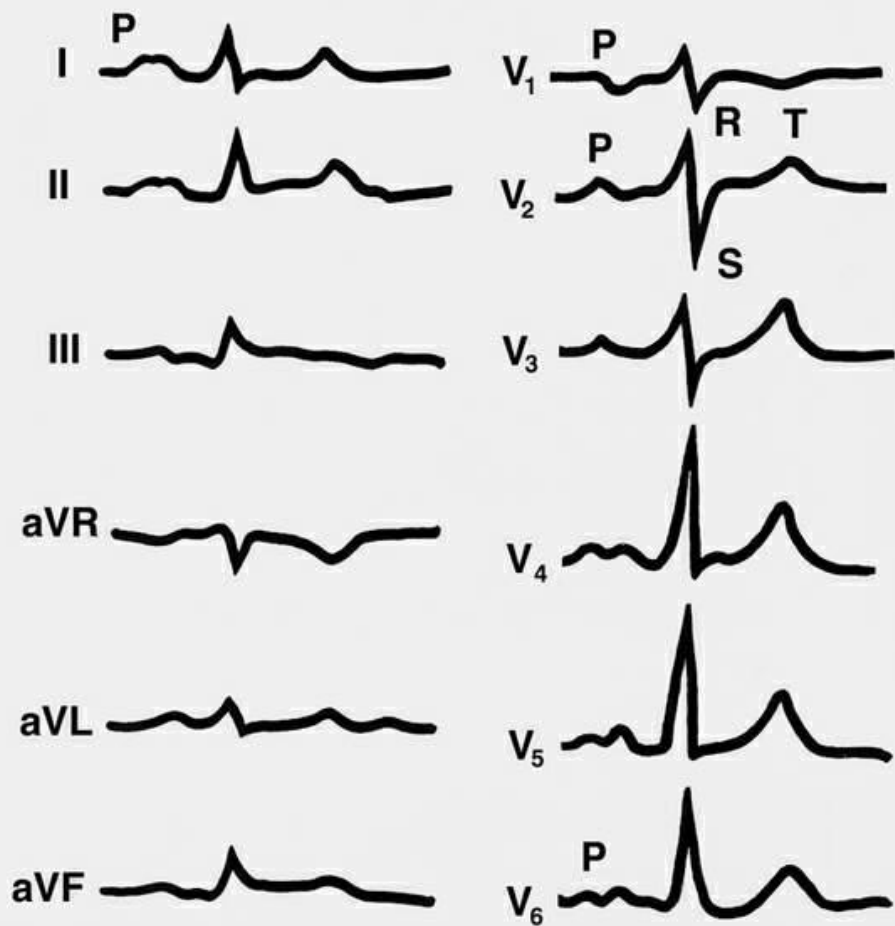
# Признаки гипертрофии ЛП

Формирование зубца P (P-mitrale) при гипертрофии левого предсердия.



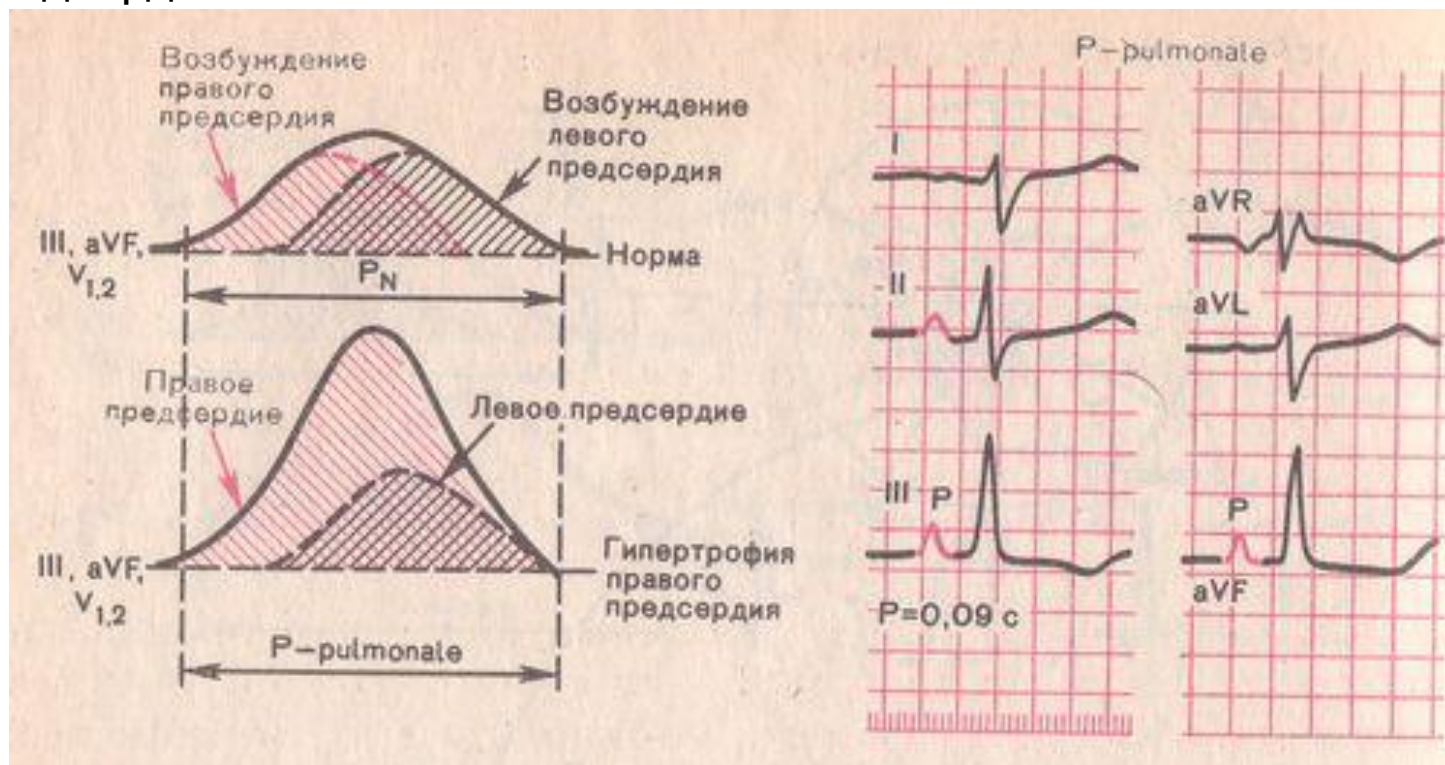


# Гипертрофия ЛП



# Признаки гипертрофии ПП:

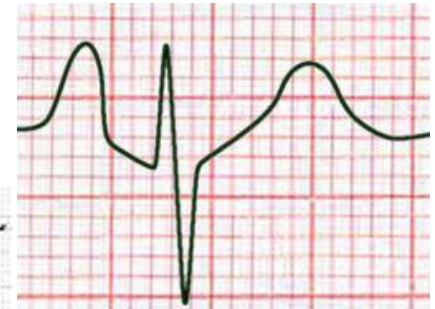
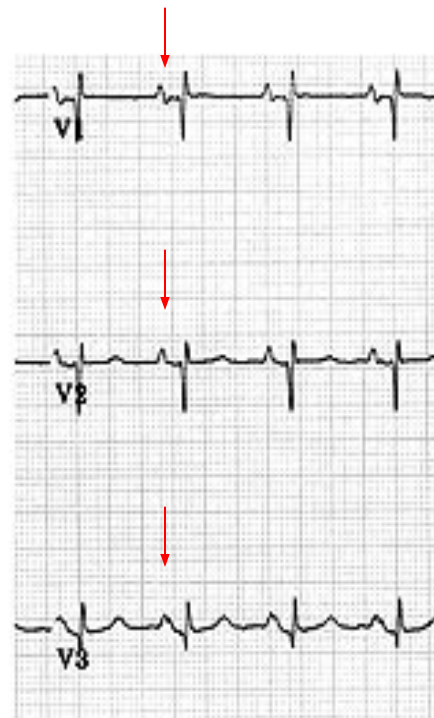
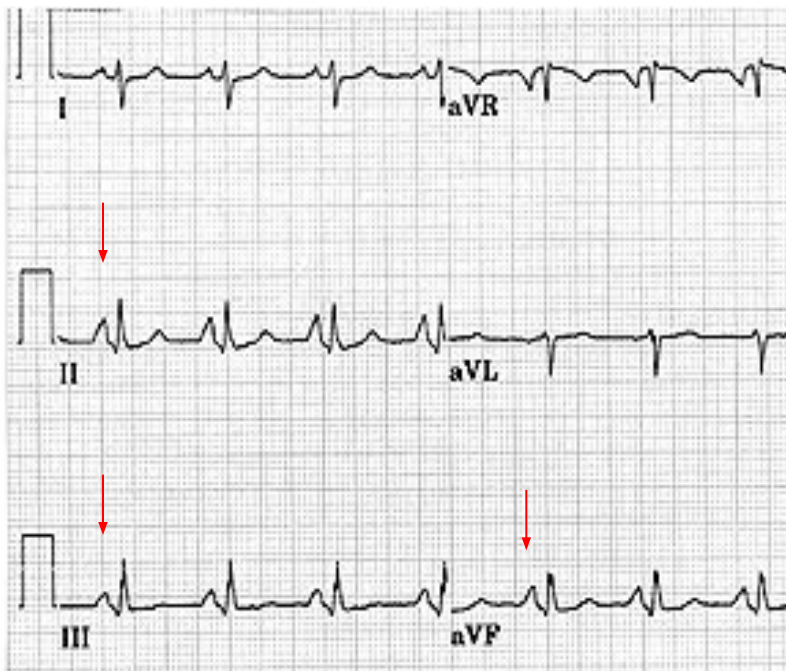
Формирование зубца P (P-pulmonale) при гипертрофии правого предсердия.



P pulmonale - II, III, aVF,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$

# Признаки гипертрофии ПП:

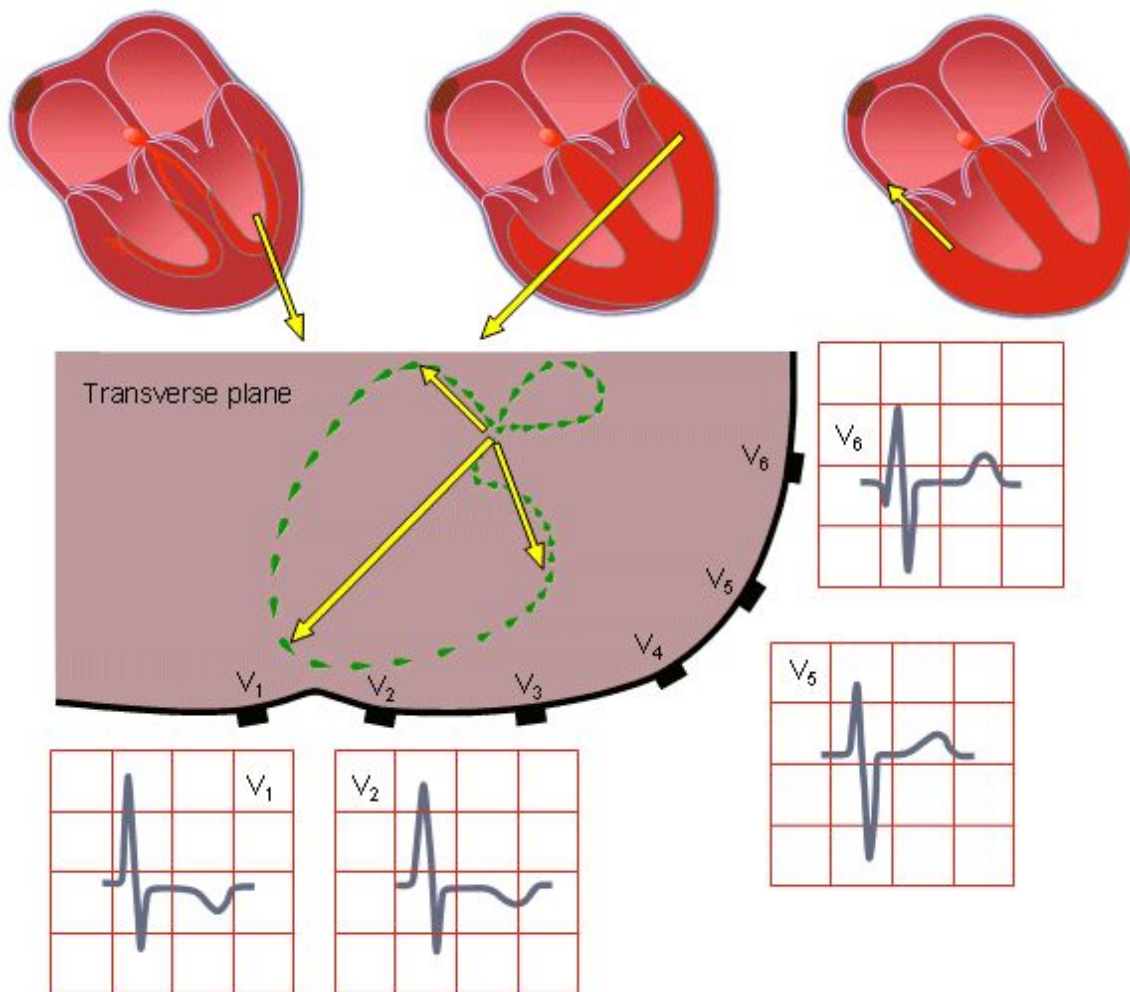
P pulmonale - II, III, aVF, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>



# Признаки гипертрофии ПЖ

## RIGHT VENTRICULAR HYPERTROPHY

Large R wave in leads V1 and V2,  
Wide S wave in leads V1 and V2, wide R wave in V5 and V6



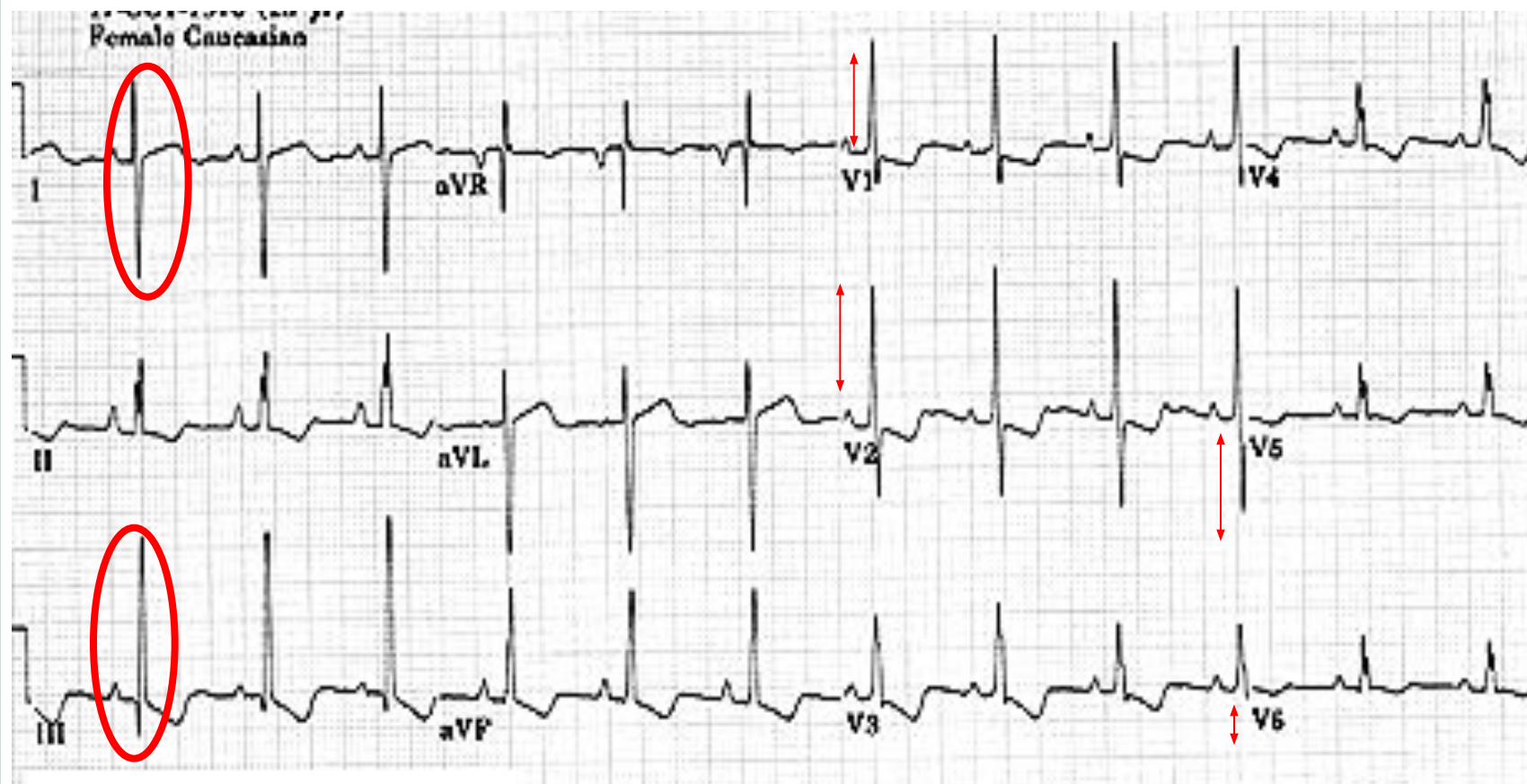
# Признаки гипертрофии ПЖ

## ЭКГ-признаки гипертрофии ПЖ:

- Отклонение ЭОС вправо ( $R_{III}$ ,  $S_I$ ,  $R_{aVF}$ ,  $S_{aVL}$ )
- $V_1$                        $R > 5-7\text{мм}$   
                                     $S < 2\text{ мм}$
- $V_5$ ,  $V_6$                  $R < 5-7\text{ мм}$   
                                     $S > 5-7\text{мм}$
- Переходная зона смещена в  $V_5$
- $R_{V1} + S_{V5} > 10,5\text{ мм}$



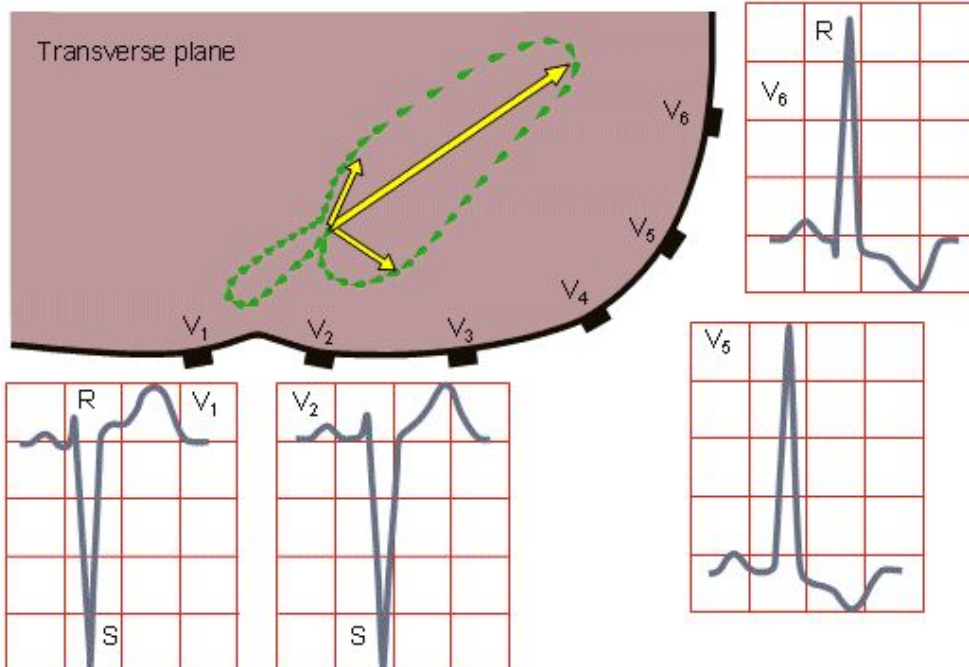
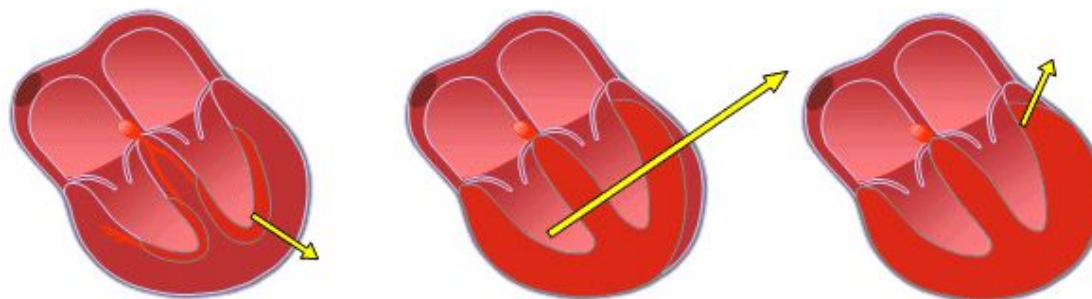
# Признаки гипертрофии ПЖ



# Признаки гипертрофии ЛЖ

## LEFT VENTRICULAR HYPERTROPHY

Large S wave in leads V1 and V2, large R wave in V5 and V6



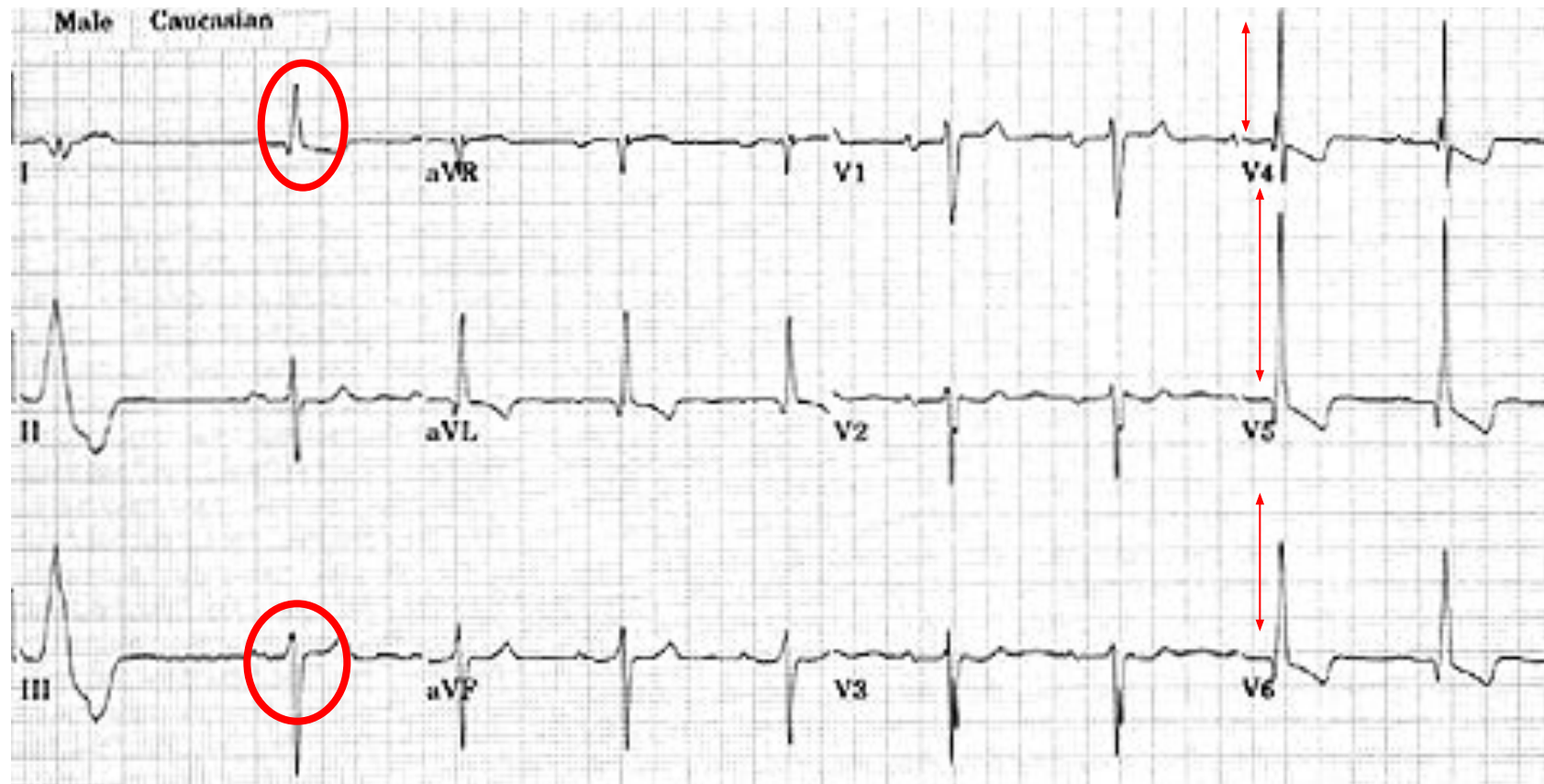


# Признаки гипертрофии ЛЖ

## ЭКГ-признаки гипертрофии ЛЖ:

- Отклонение ЭОС влево ( $R_I, S_{III}, R_{aVL}, S_{aVF}$ )
- $R_I > 10-15$  мм
- $R_I + S_{III} > 20$  мм
- $R_{V_5} > R_{V_4}$
- $V_1$                      $R > 5-7$  мм  
                               $S < 2$  мм
- $V_5, V_6$                  $R < 5-7$  мм  
                               $S > 5-7$  мм
- Переходная зона смещена в  $V_2-V_3$
- $R_{V_1} + S_{V_5} > 10,5$  мм
- $R_{V_5} + S_{V_2} > 30-35$  мм

# Признаки гипертрофии ЛЖ



# Ишемия миокарда

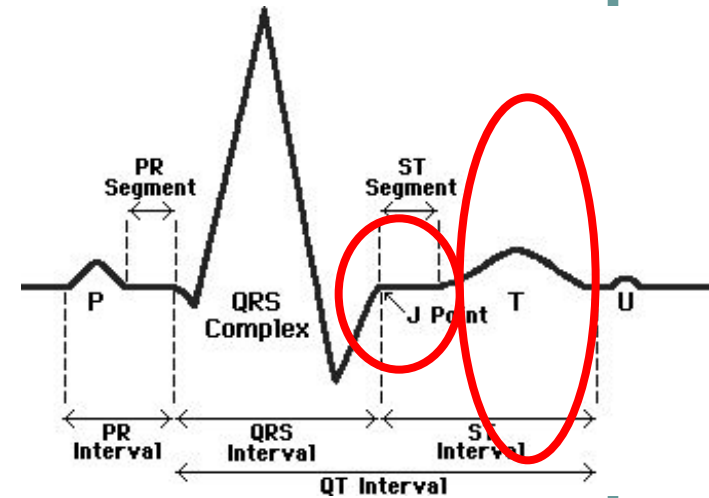
## Признаки ишемии МК:

- Смещение сегмента ST  $>1$  мм
- Изменения зубца T

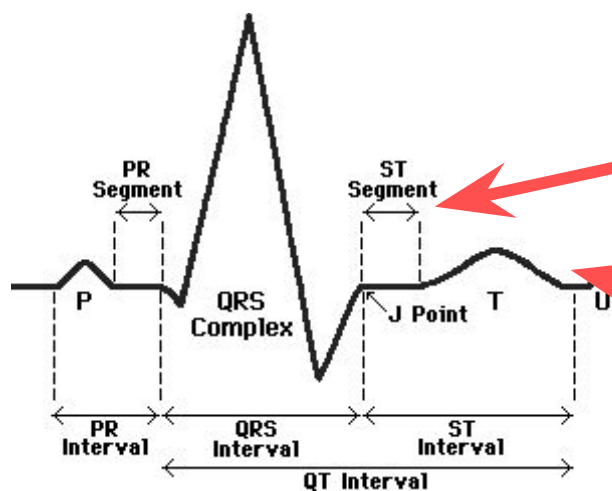
отрицательный

изоэлектрический

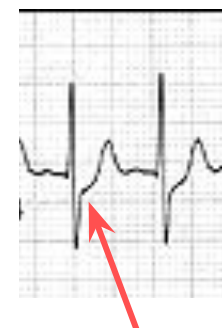
высокий, положительный



# Ишемия миокарда



**Смещение ST**

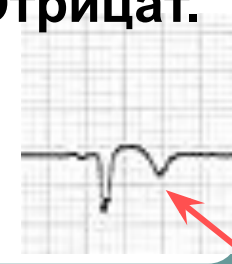
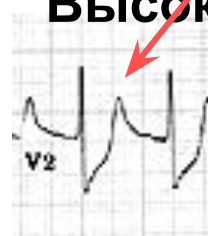


**Зубец T**

**Изоэлектр.**

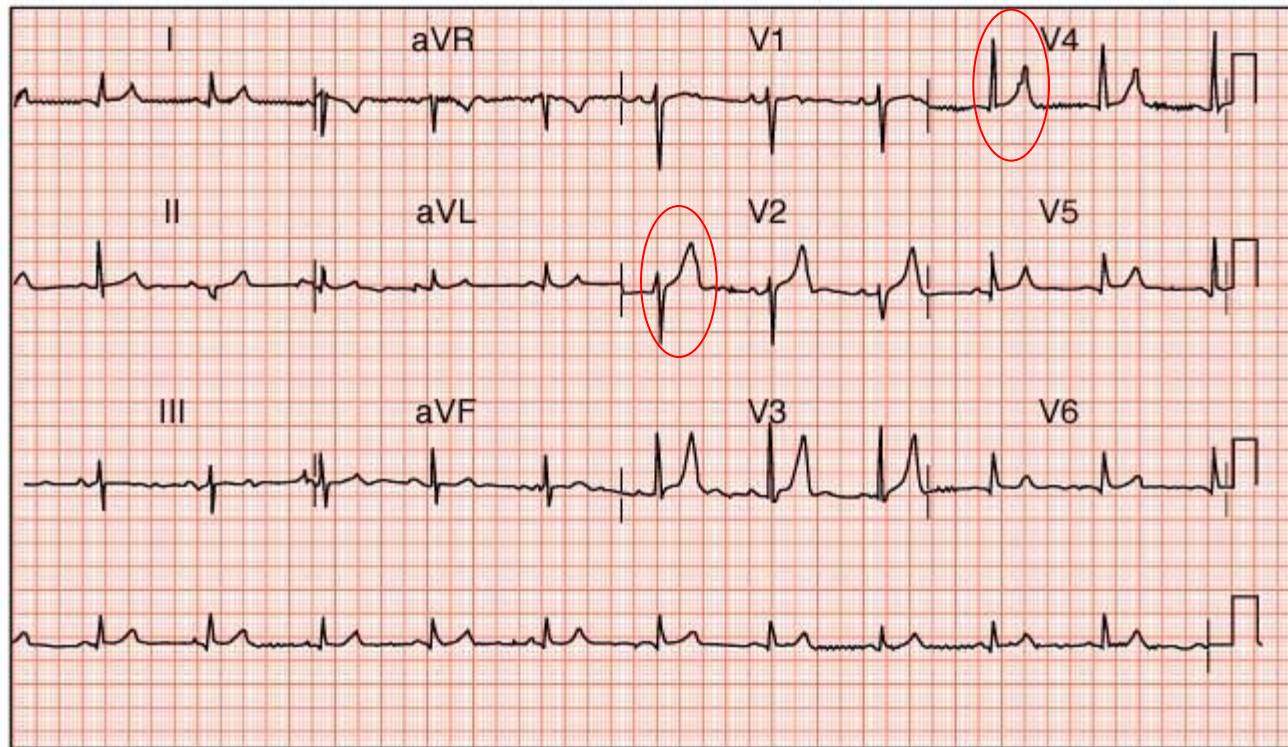
**Высокий**

**Отрицат.**



# Ишемия миокарда

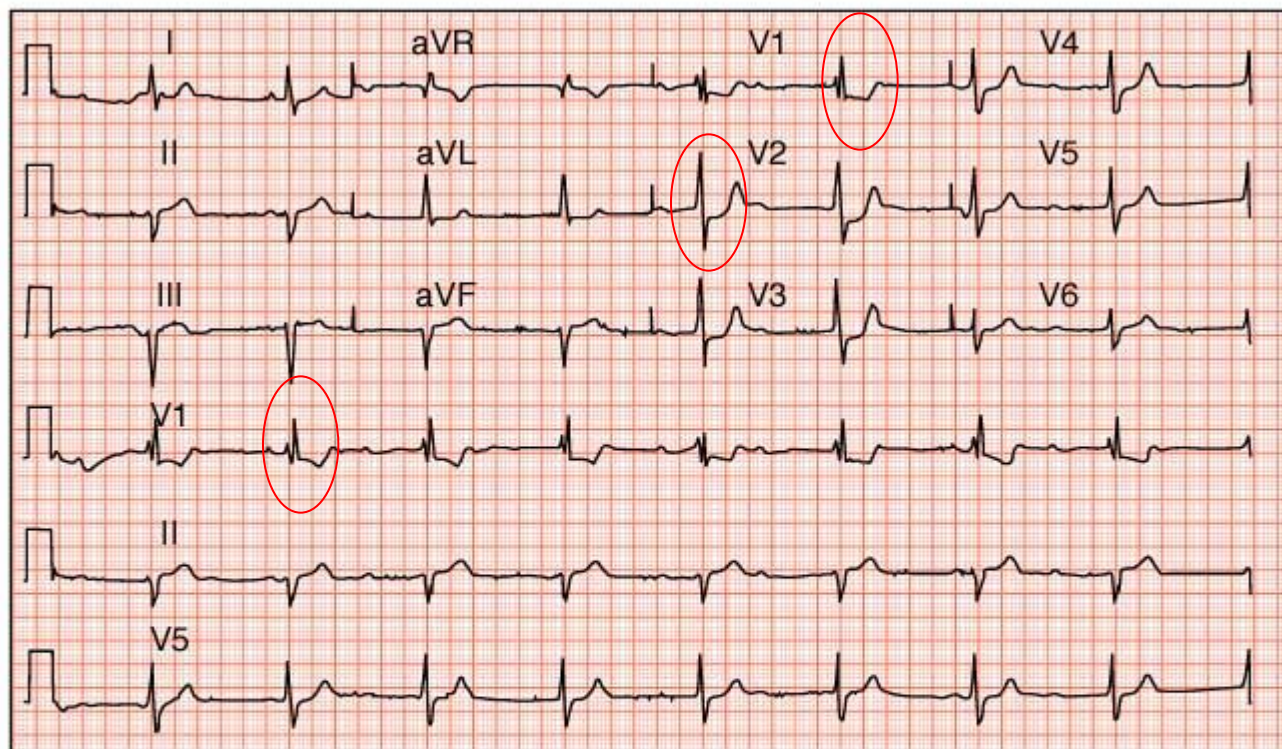
- Ишемия МК, коронарный зубец Т





# Ишемия миокарда

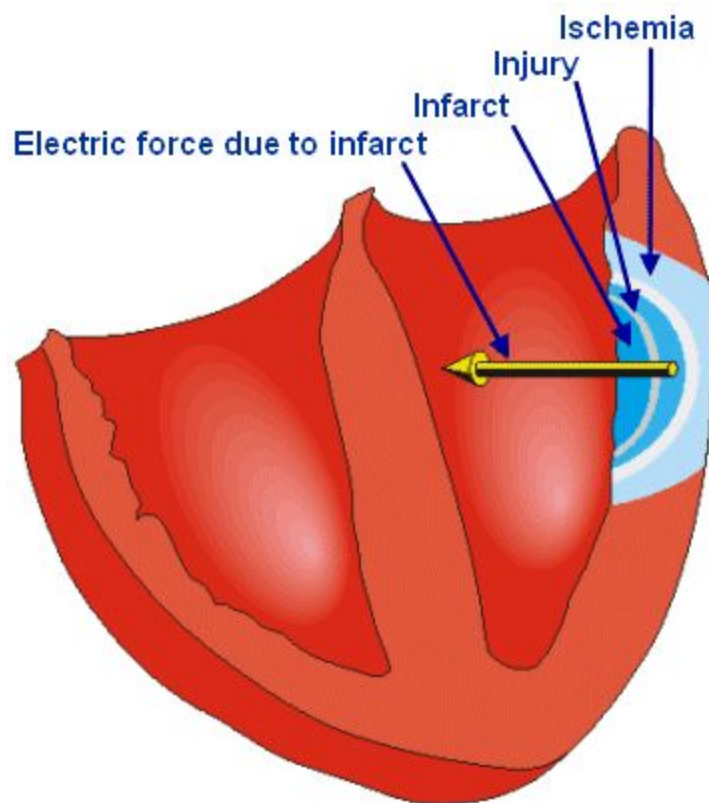
- Ишемия МК, депрессия ST-сегмента



# Инфаркт миокарда

## Зоны поражения миокарда:

- Некроз
- Повреждение
- Ишемия

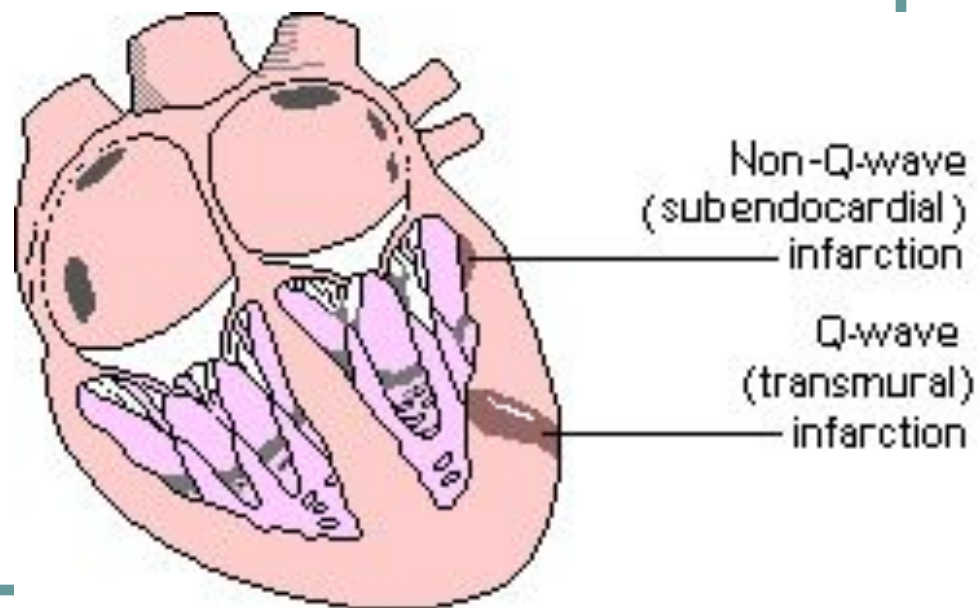




# Инфаркт миокарда

## Варианты поражения:

- Трансмуральный ИМ
- Нетрансмуральный (Q-негативный)

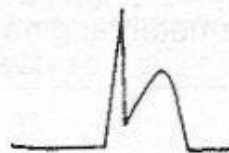


# Инфаркт миокарда

## Стадии ИМ:

**Острейшая**

0-6 час.

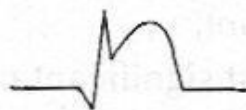


Hyperacute (Acute Injury)

- ↑ ST
- peaked T waves

**Острая**

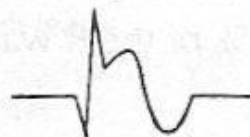
6-24 час.



Acute (Evolving)

- ↑ ST
- ↓ R wave

24-72 час.



Recent (Resolving)

- T inversion
- still ↑ ST but lesser than acute
- deeper Q waves

**Подострая** 72 час.- 6нед.

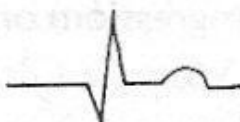


Undetermined (Healing)

- normal ST
- T inversion

**Рубцевание**

>6нед.

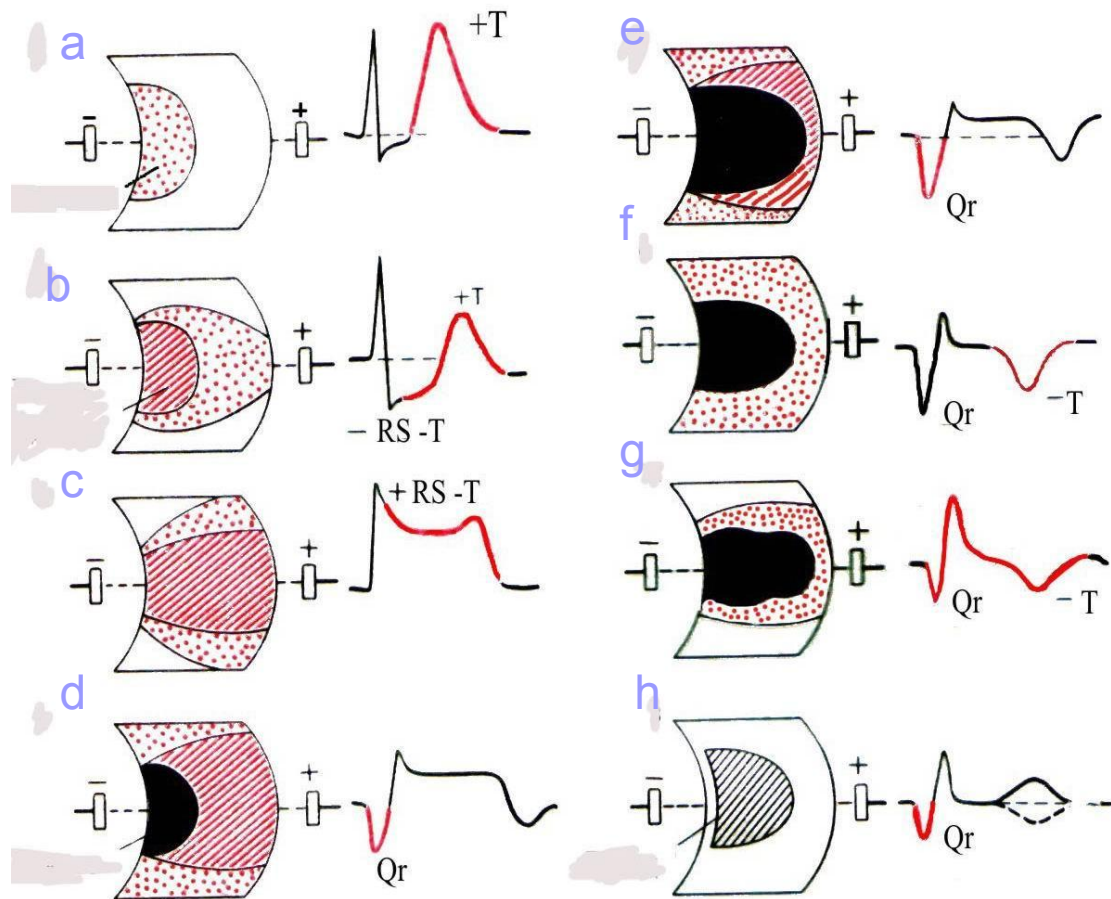


Old (Healed/Scarred)

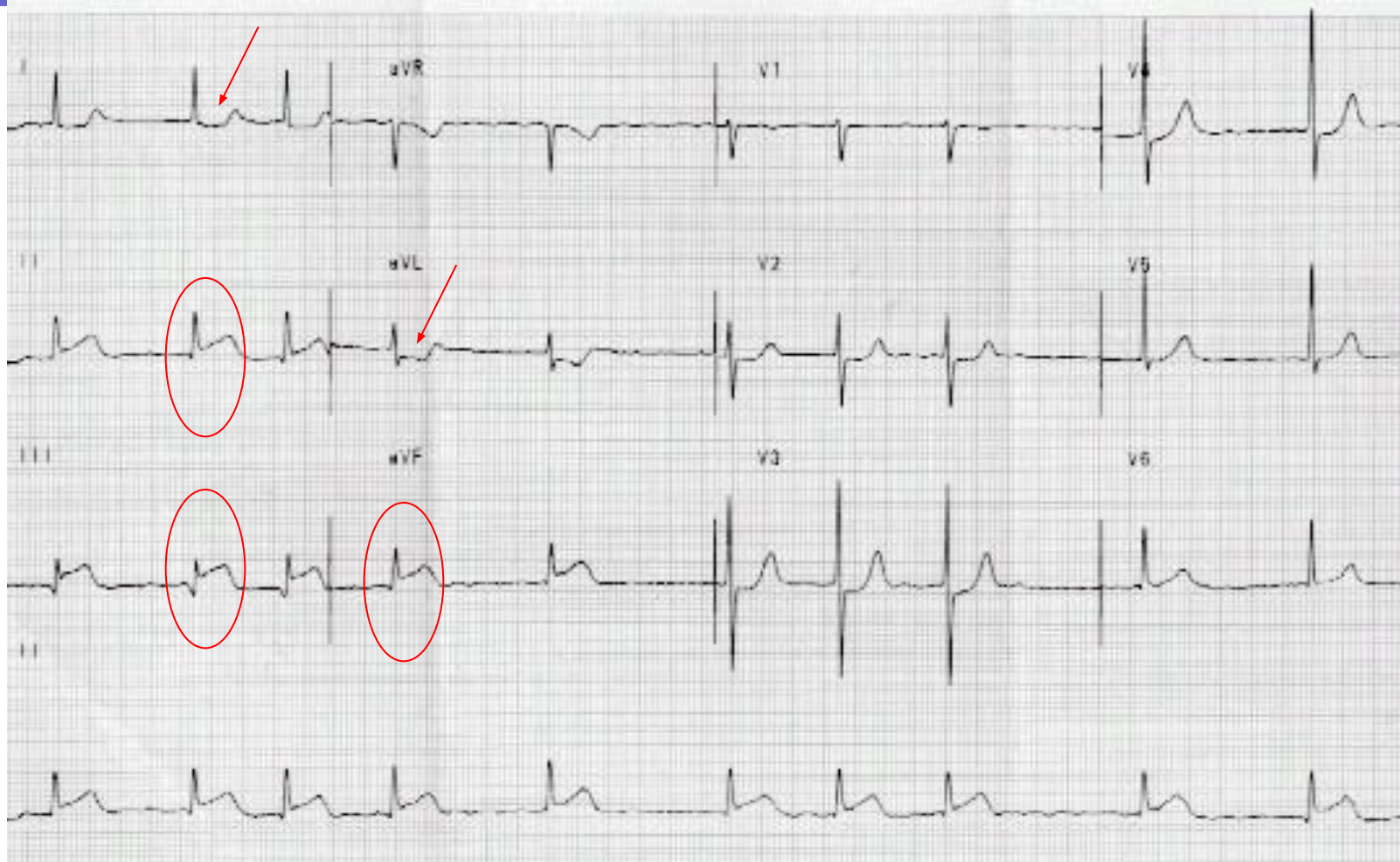
- normal ST and T waves
- Q wave persists

# Инфаркт миокарда

- a. **Ишемия:** депрессия ST и высокий коронарный зубец T
- b. **Повреждение:** продолжающаяся ишемия приводит к депрессии ST.
- c. **Повреждение:** ухудшение состояния и подъем ST
- d. **Некроз:** появление патологического зубца Q и инверсией зубца T
- e/g. **Инфаркт, подострый:** патологический зубец Q и отрицательный зубец T
- h. **Рубец** (месяц спустя) патологический Q при неизменном ST сегменте и зубце T



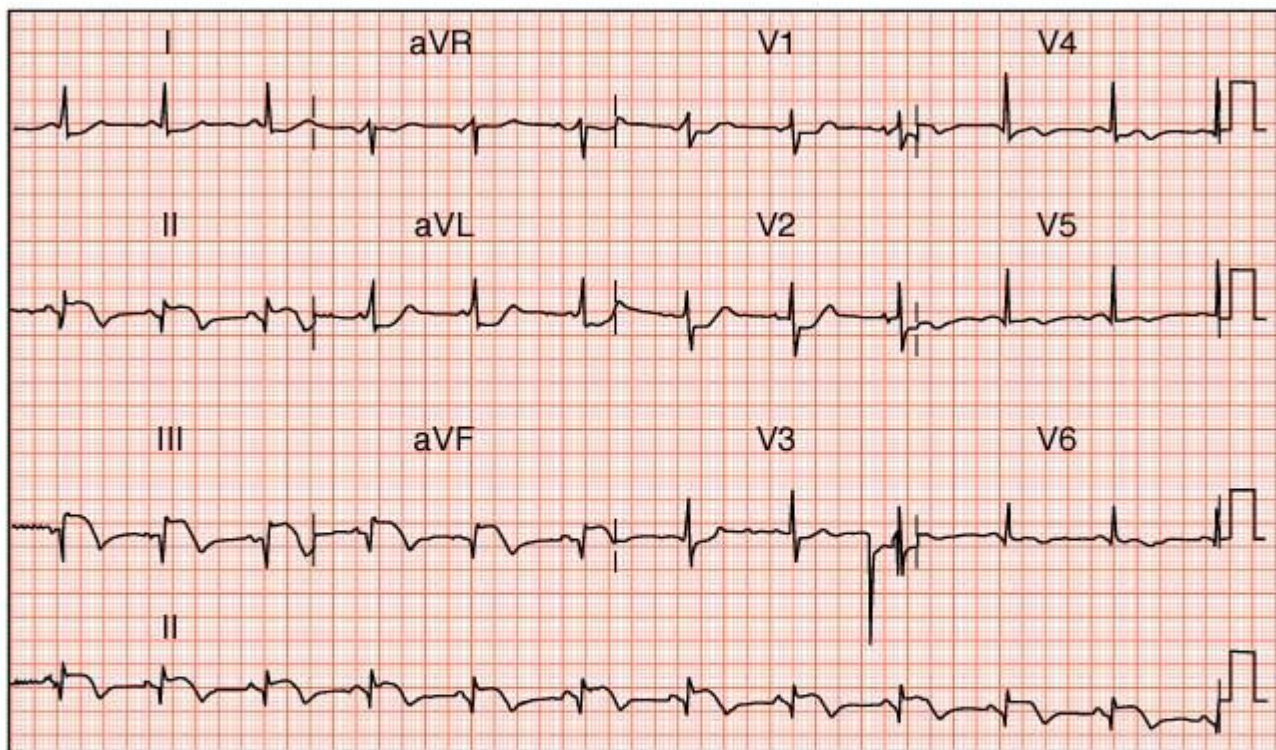
# Инфаркт миокарда





# Инфаркт миокарда

## Заднебазальный ИМ, подострая стадия



# Инфаркт миокарда

**ИМ передне-боковой области, межжелудочковой перегородки, верхушки, стадия рубцевания**

