

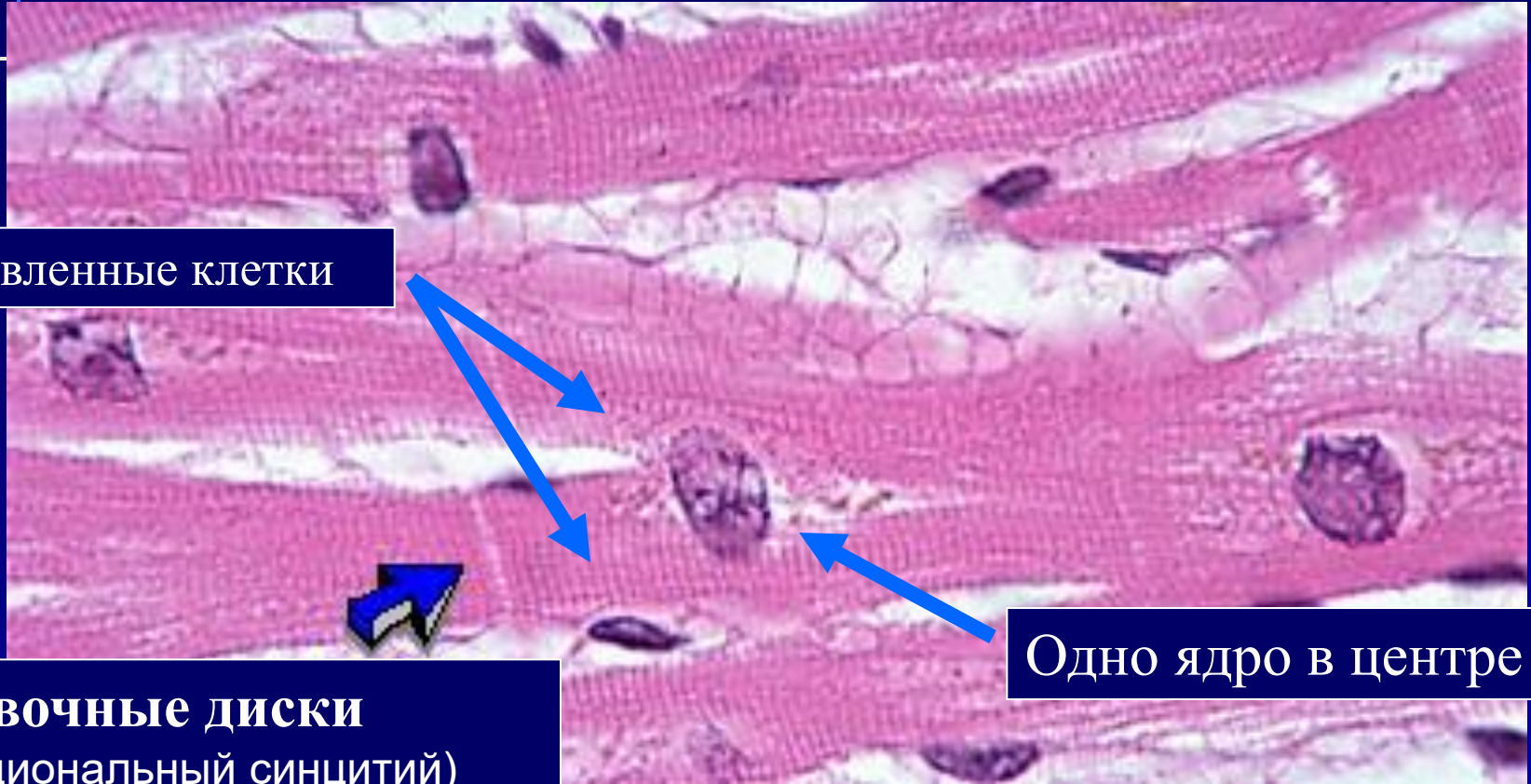
# **ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России**

## **Биосигнальная система организма на примере сердца. Теоретические вопросы клинической электрокардиологии**

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»,  
направленность программы: «Применение искусственного  
интеллекта в физиологии и медицине» (уровень магистратуры)

Бернгардт Эдвард Робертович

# Строение миокарда



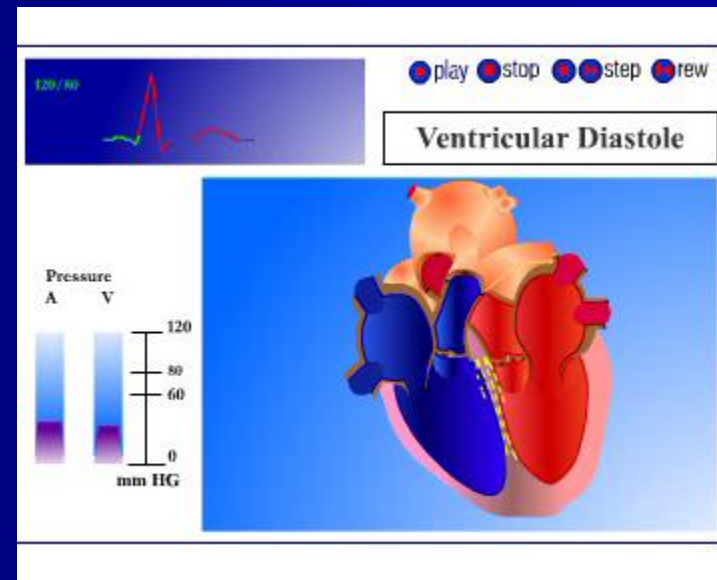
Разветвленные клетки

Вставочные диски  
(функциональный синцитий)

Одно ядро в центре

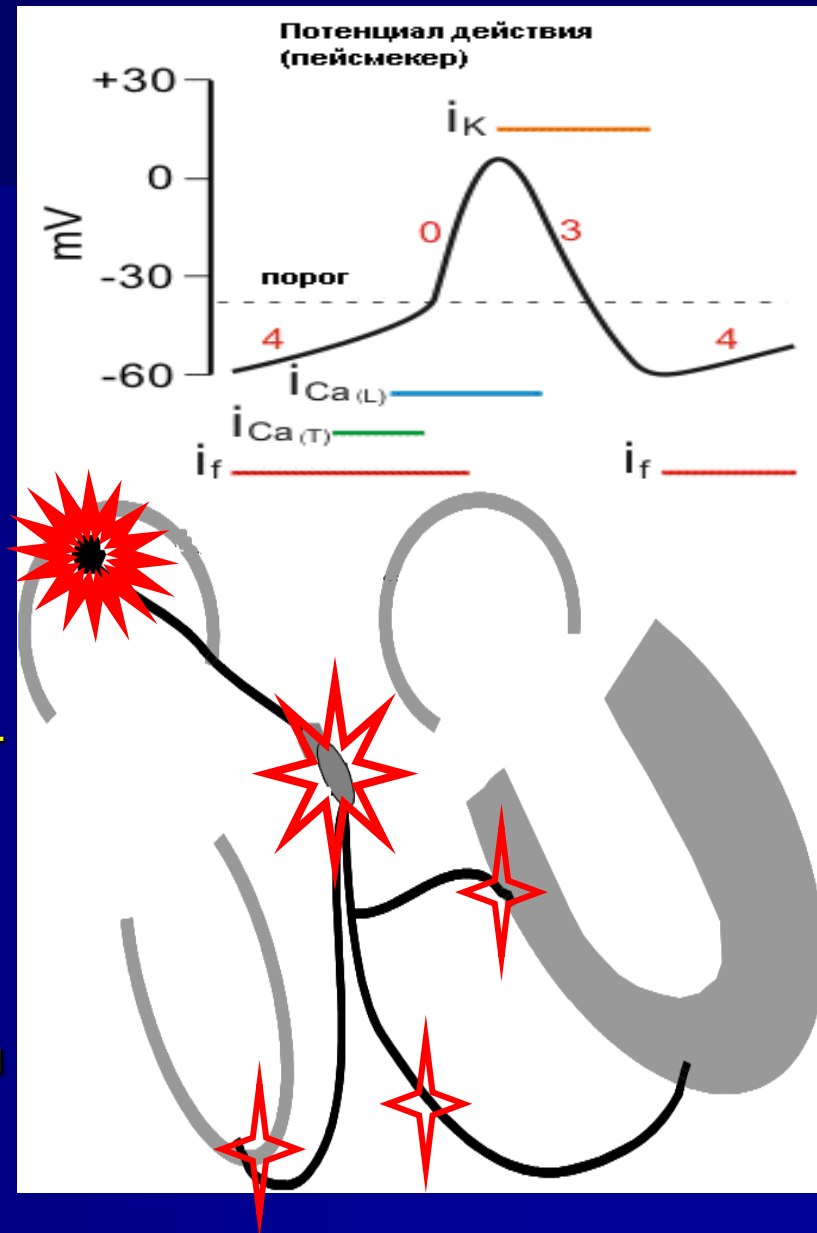
# ФУНКЦИИ СЕРДЦА

- АВТОМАТИЗМ
- ПРОВОДИМОСТЬ
- ВОЗБУДИМОСТЬ
- СОКРАТИМОСТЬ
- ТОНИЧНОСТЬ
- РЕФРАКТЕРНОСТЬ
- АБЕРРАНТНОСТЬ

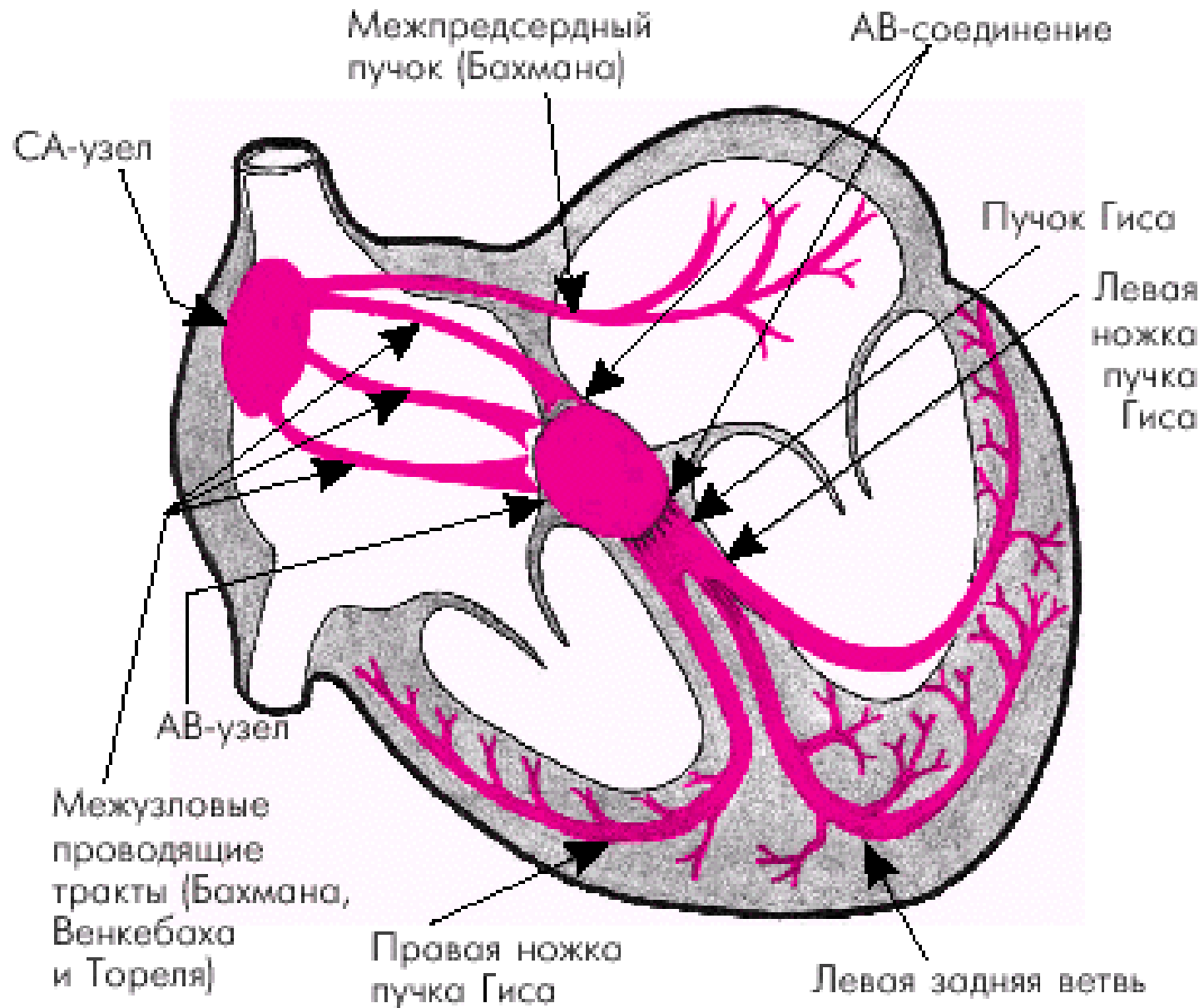


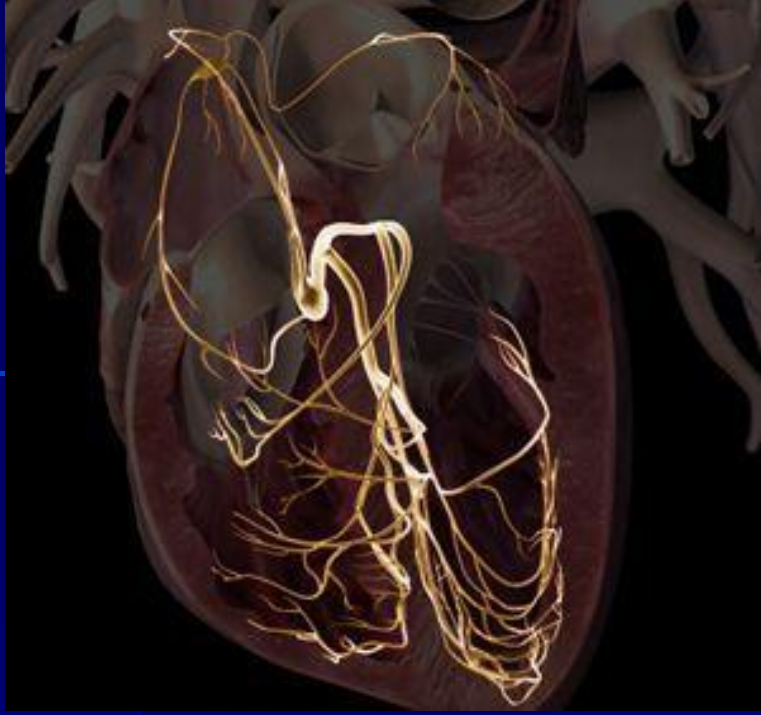
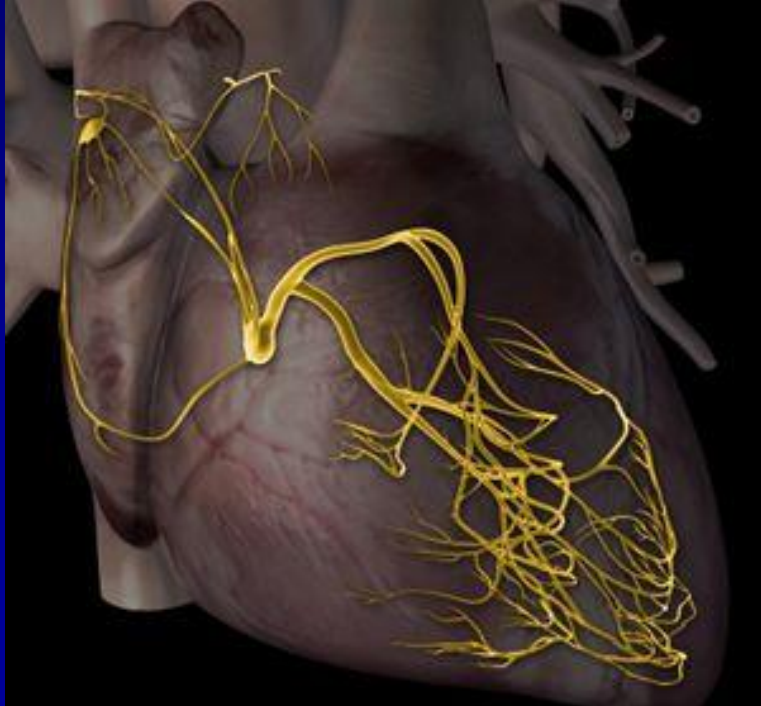
# АВТОМАТИЗМ

- Функция автоматизма — это способность сердца вырабатывать электрические импульсы при отсутствии внешних раздражений. Функцией автоматизма обладают только клетки синоатриального узла (СА-узла) и **проводящей системы предсердий и желудочков (пейсмекеры)**. **Сократительный миокард** лишен функции автоматизма.
- Центр автоматизма первого порядка — это **клетки СА-узла**, вырабатывающие электрические импульсы с частотой около **60–80 в минуту**.
- Центр автоматизма второго порядка — клетки АВ-соединения (**зоны перехода АВ-узла в пучок Гиса и нижние отделы предсердий**), а также пучка Гиса, которые продуцируют импульсы с частотой **40–60 в минуту**.
- Центр автоматизма третьего порядка — **конечная часть, ножки и ветви пучка Гиса**. Они обладают самой низкой функцией автоматизма, вырабатывая около **25–40 импульсов в минуту**.

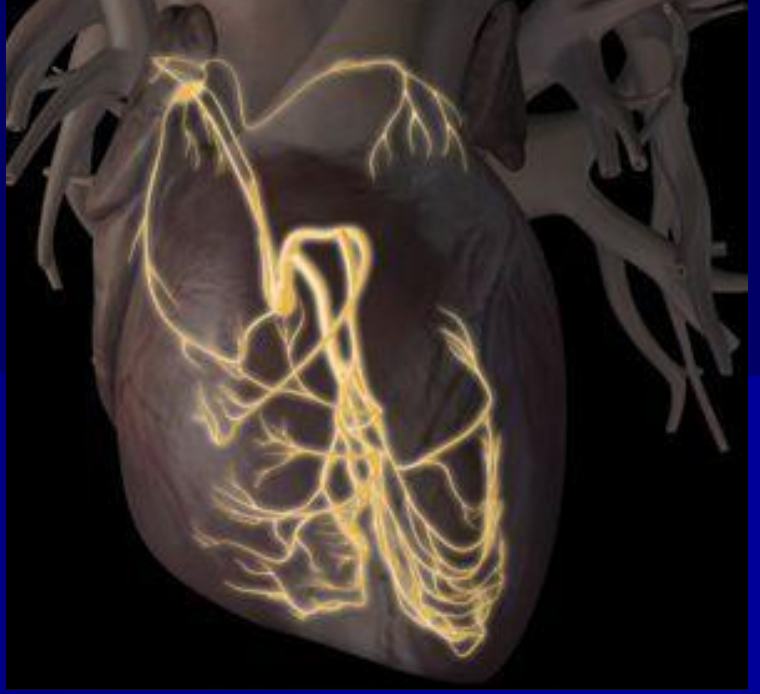


# ПРОВОДИМОСТЬ

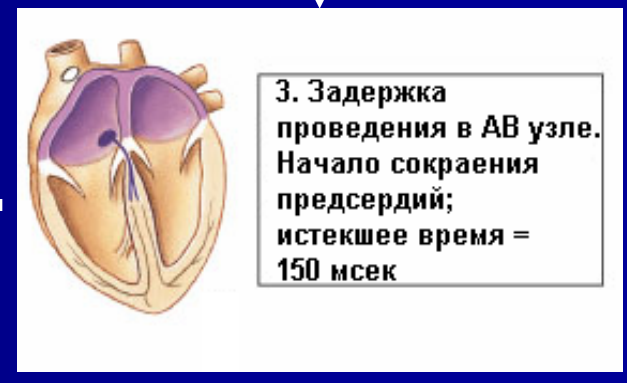
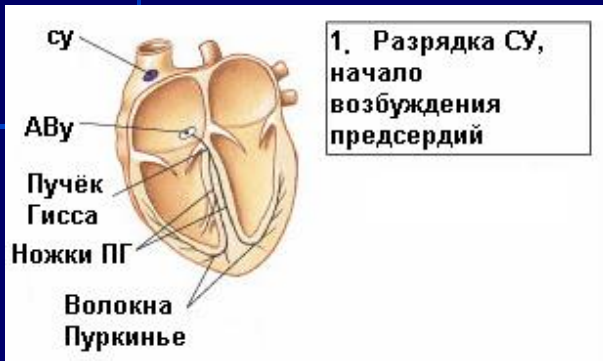




# ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА



# Распространение возбуждения в сердце

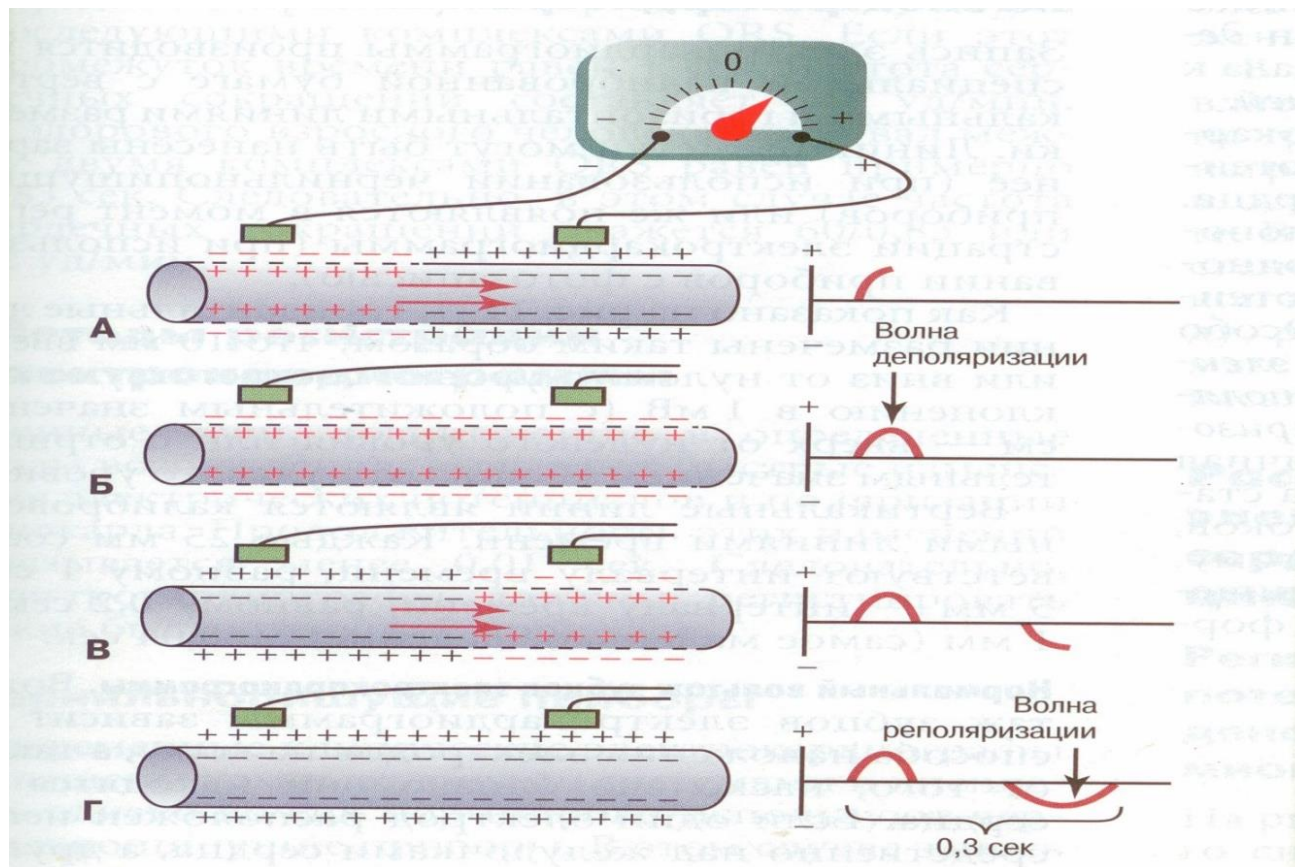


# Скорость распространения волны возбуждения в сердце

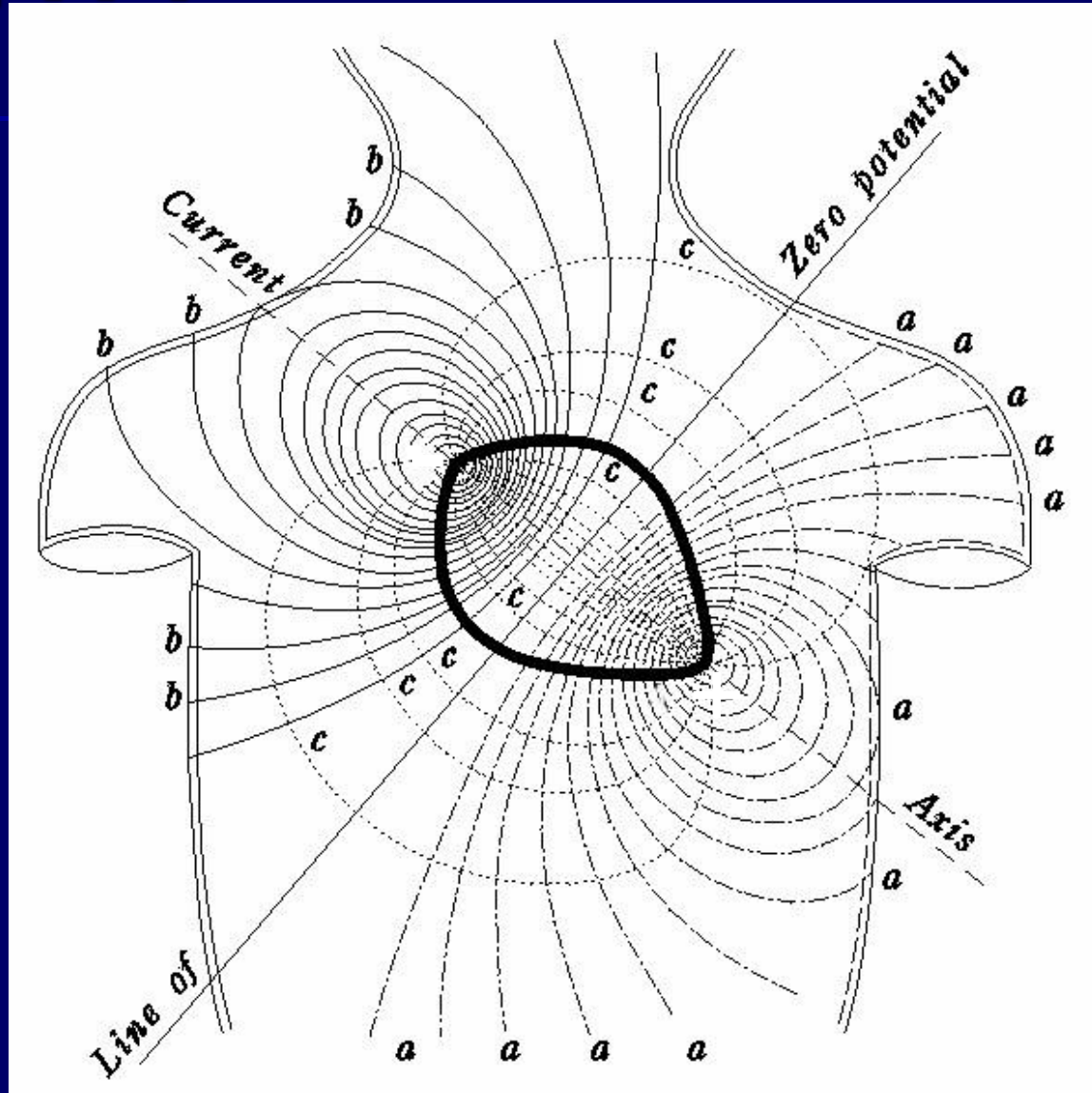
- Мышцы предсердий – 1000 мм/с
- АВ узел – 200 мм/с
- Пучек Гиса – 1500-2000 мм/с
- Волокна Пуркинье – 3000-4000 мм/с
- Миокард желудочков – 400 мм/с

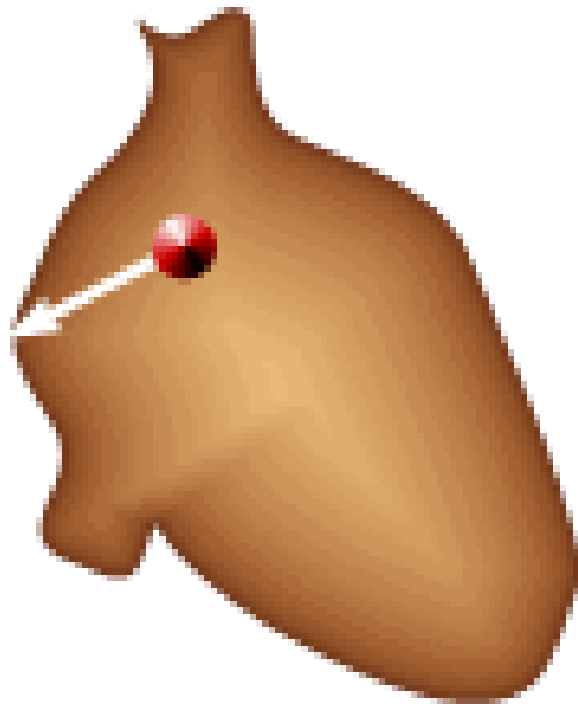
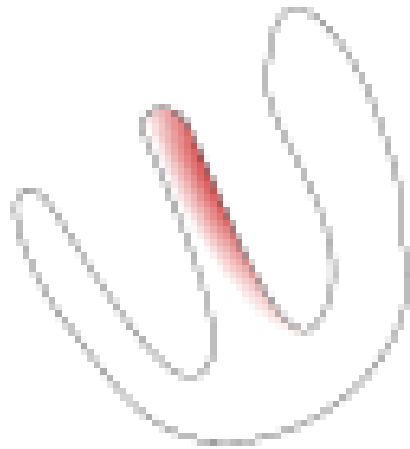


# Электрограмма мышечного волокна

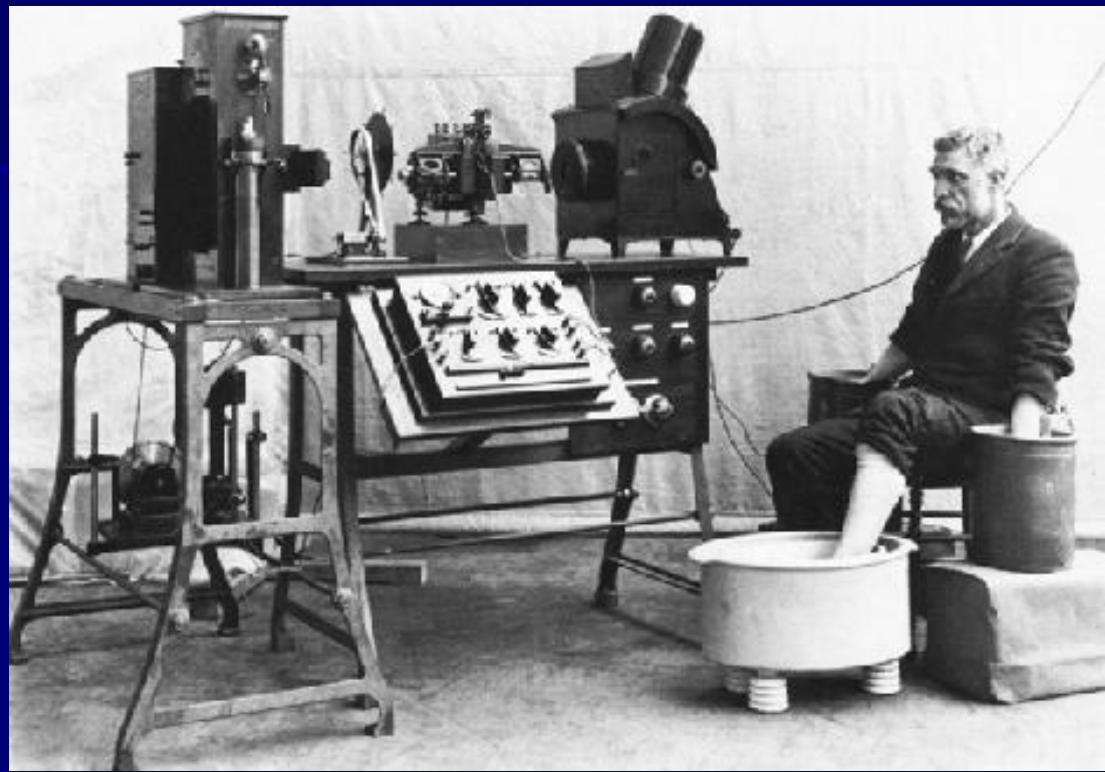
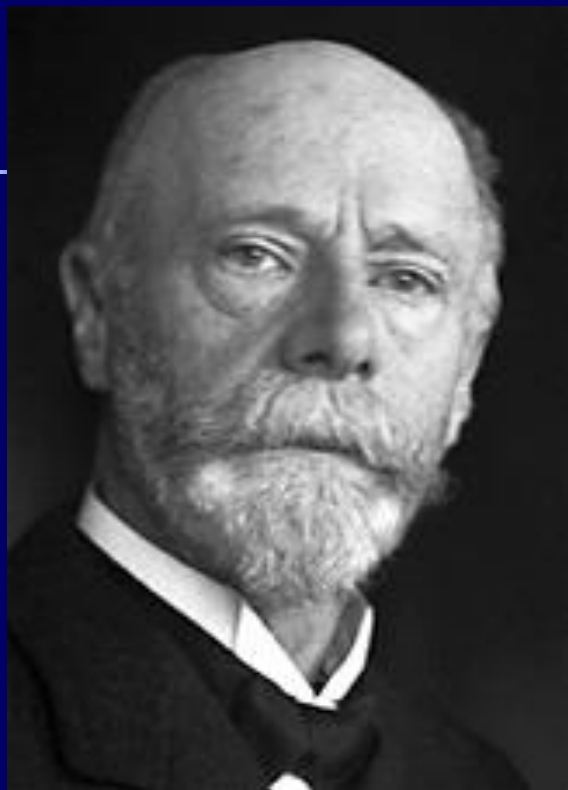


# Электрическое поле сердца





# История ЭКГ



• **ЭЙНТХОВЕН, ВИЛЛЕМ** (Einthoven, Willem)

• 21 мая 1860 г. – 28 сентября 1927 г.

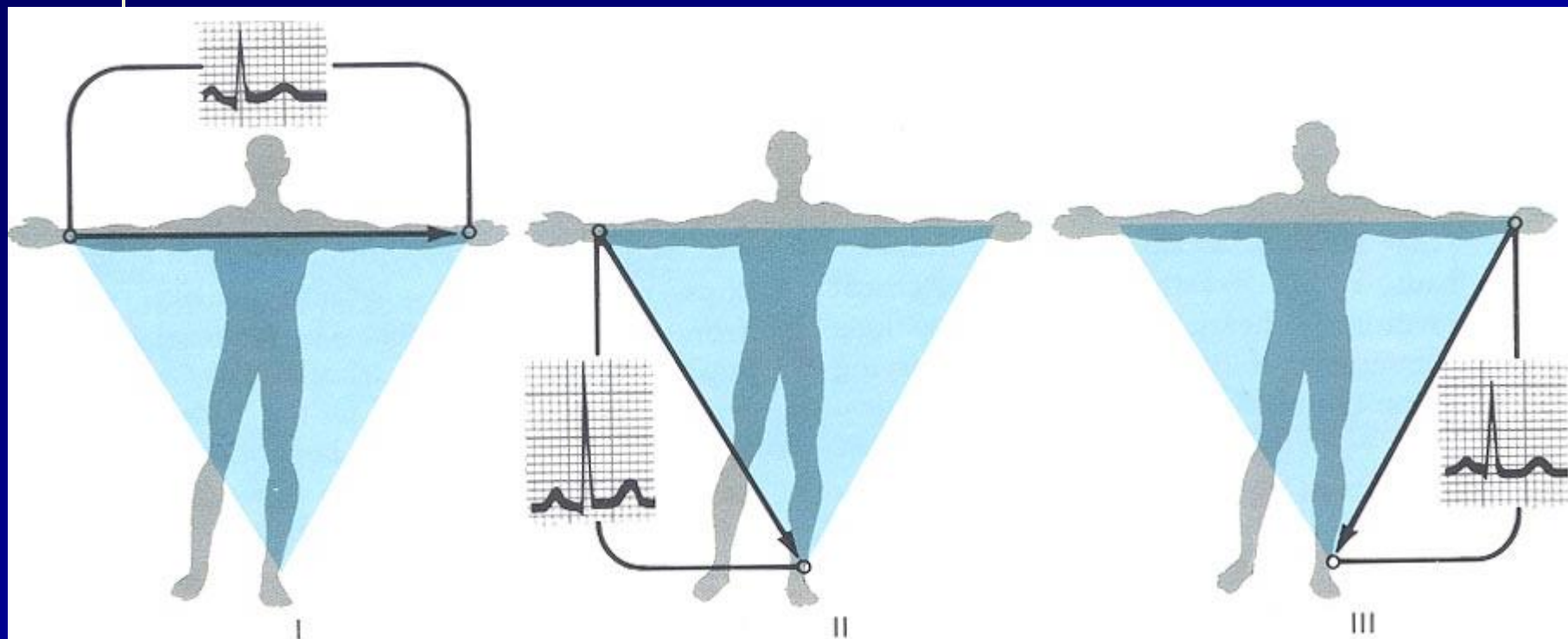
• Нобелевская премия по физиологии и медицине,  
1924 г.

■ **ПОЧЕМУ  
PQRST?**

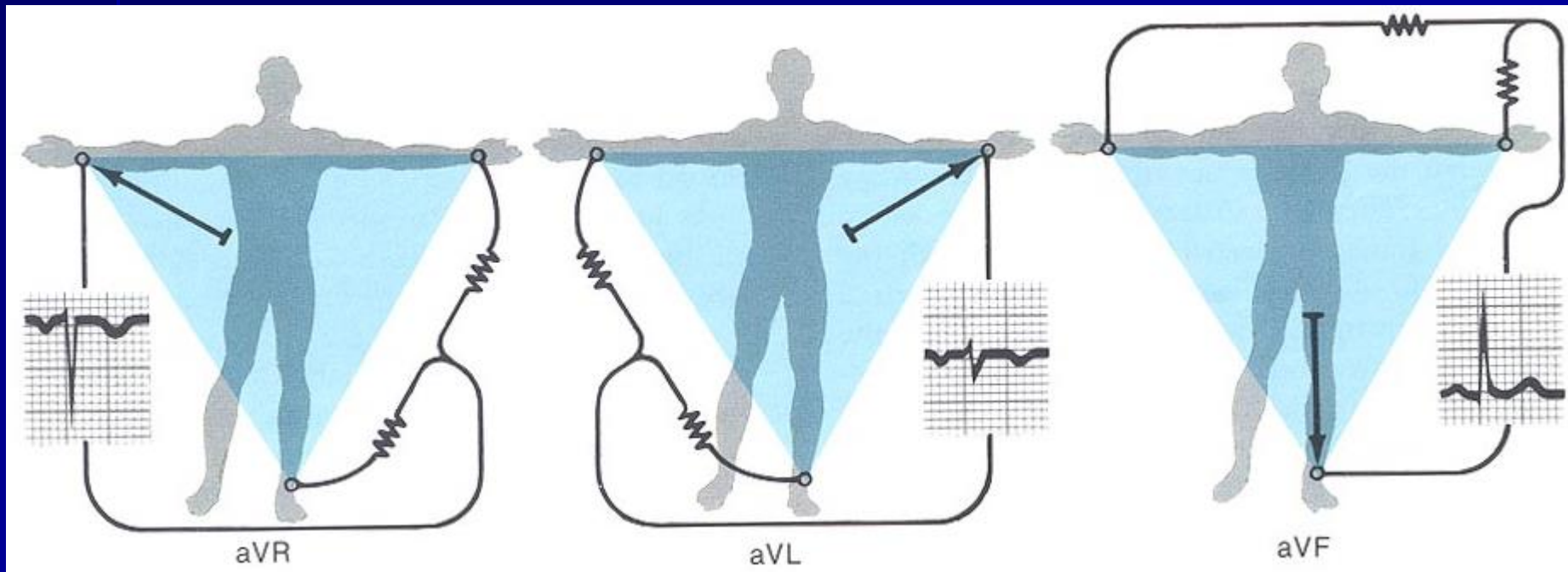
# ЭКГ отведения

- Отведение – две точки тела человека, имеющих разные потенциалы.
- Ось отведения – гипотетическая линия, соединяющая полюсы отведения

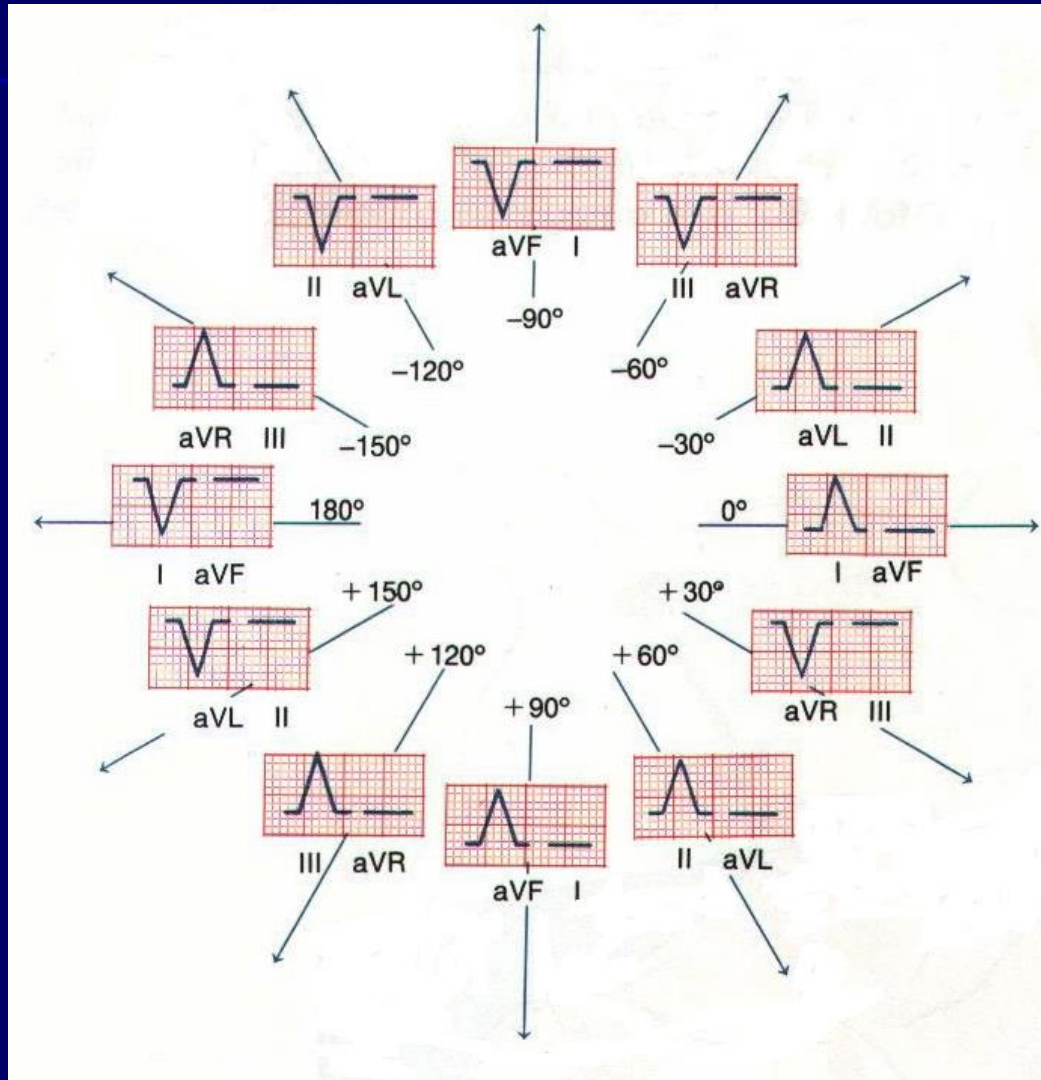
# Стандартные ЭКГ отведения (Эйнтховен, 1913 г.)



# Усиленные отведения от конечностей (Гольдберг, 1942г.)

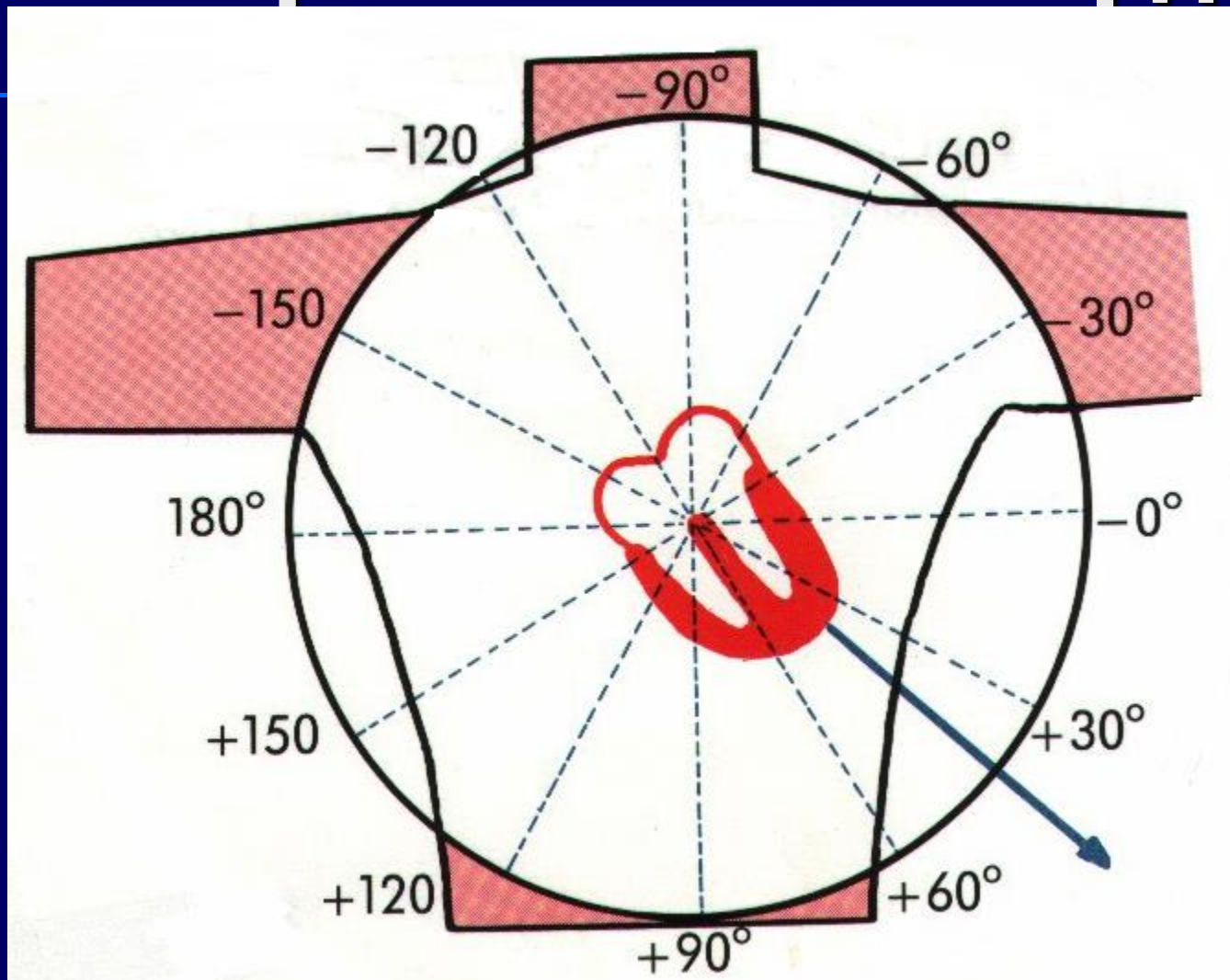


# Шести осевая система координат (Bailey, 1943)

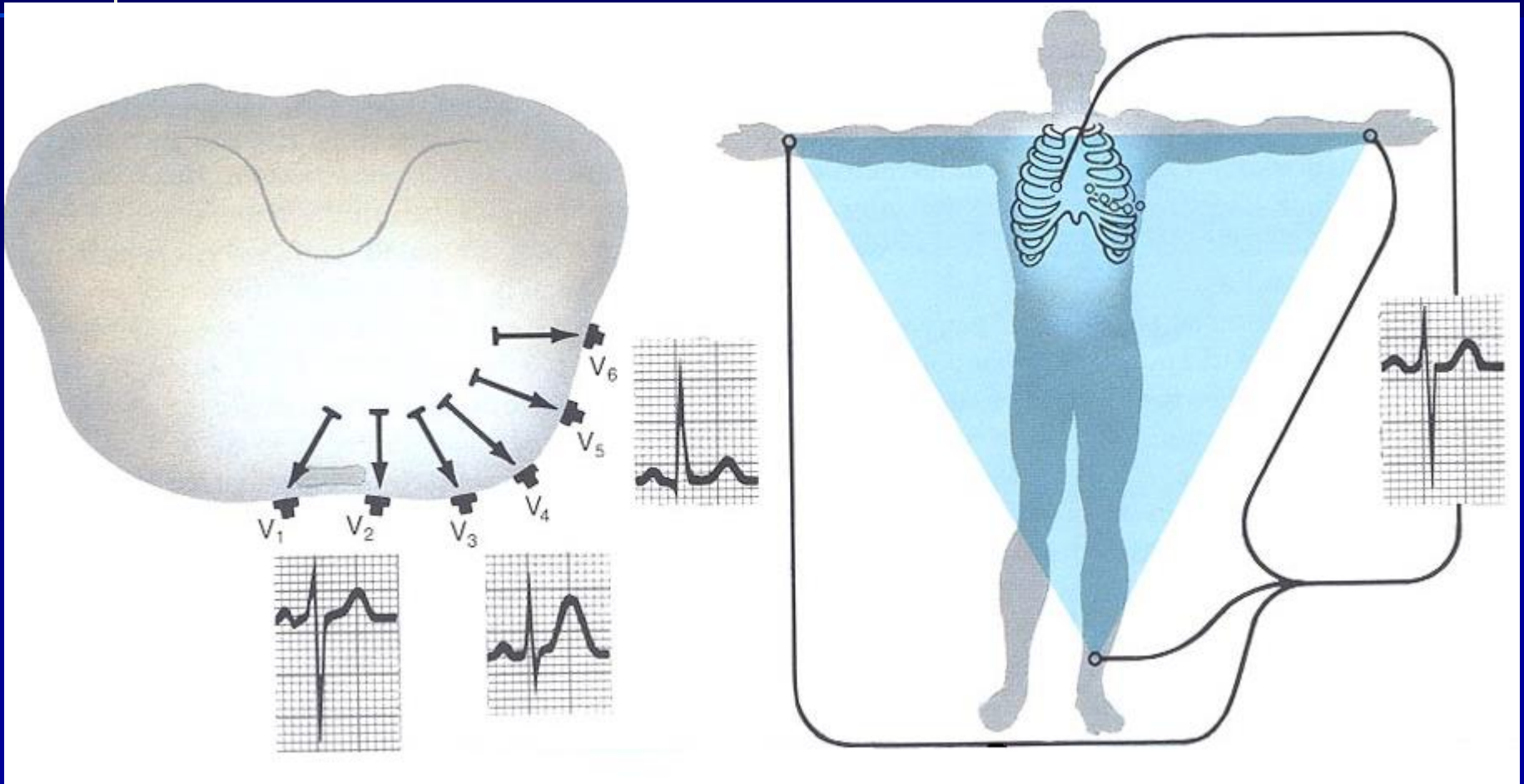


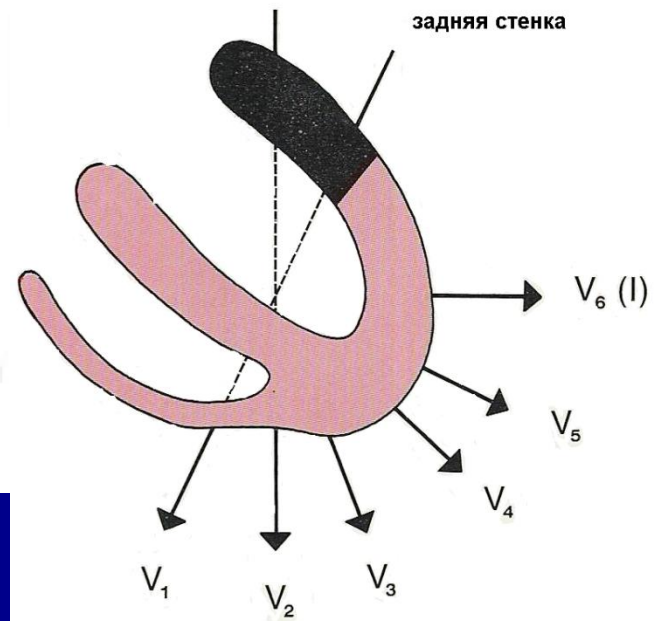
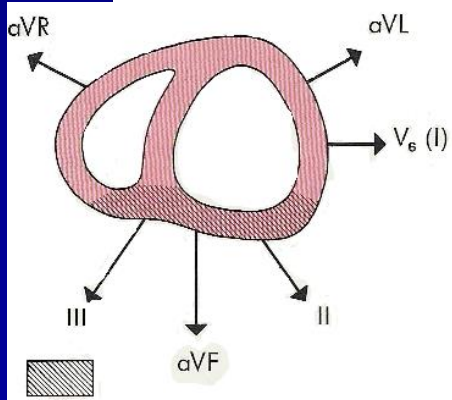
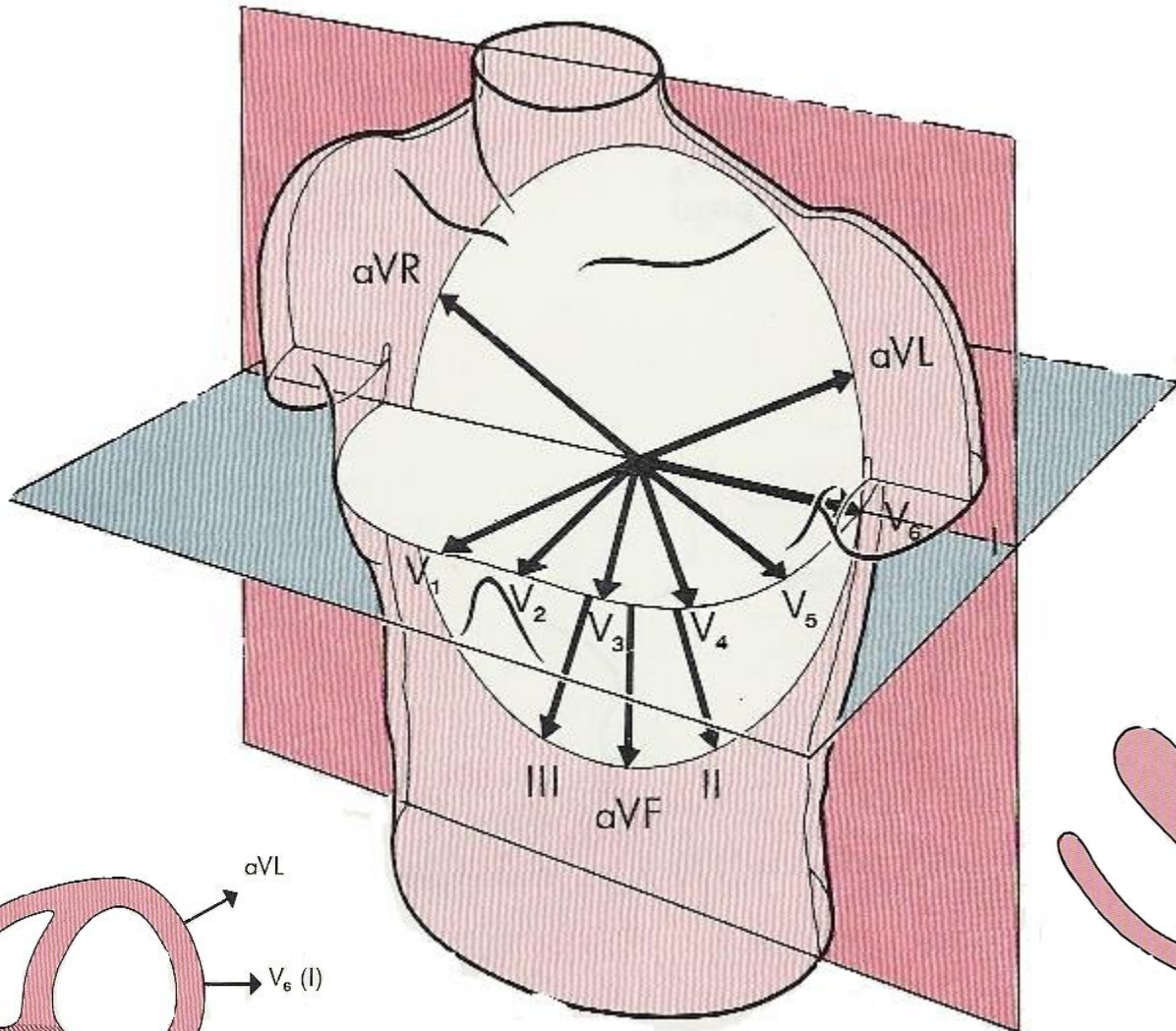


# Анатомическая и электрическая оси сердца

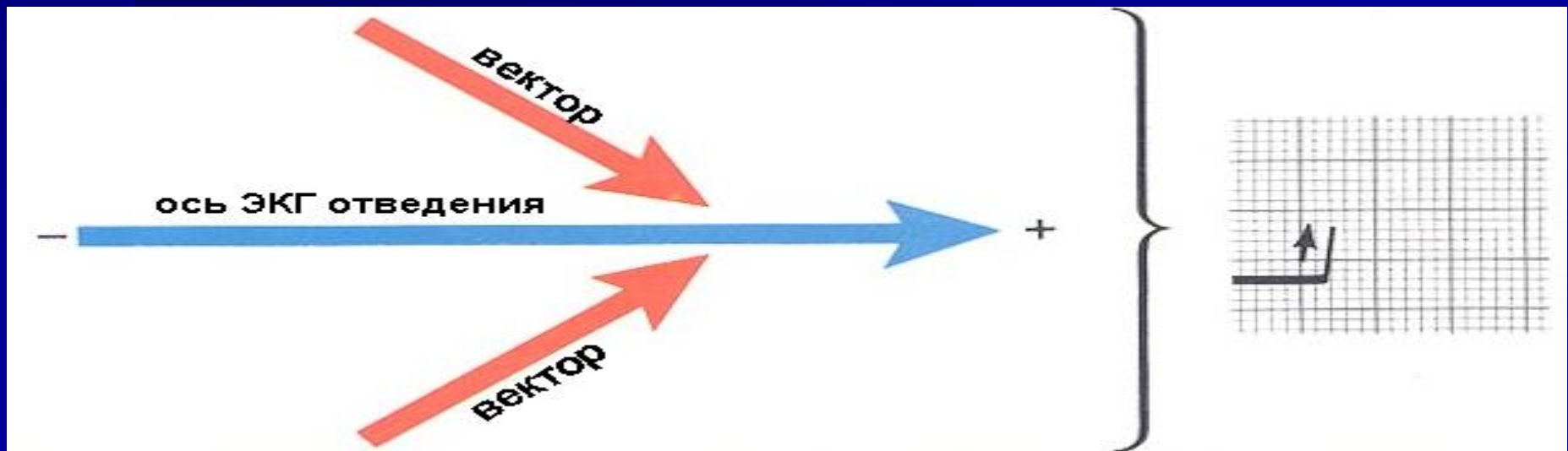
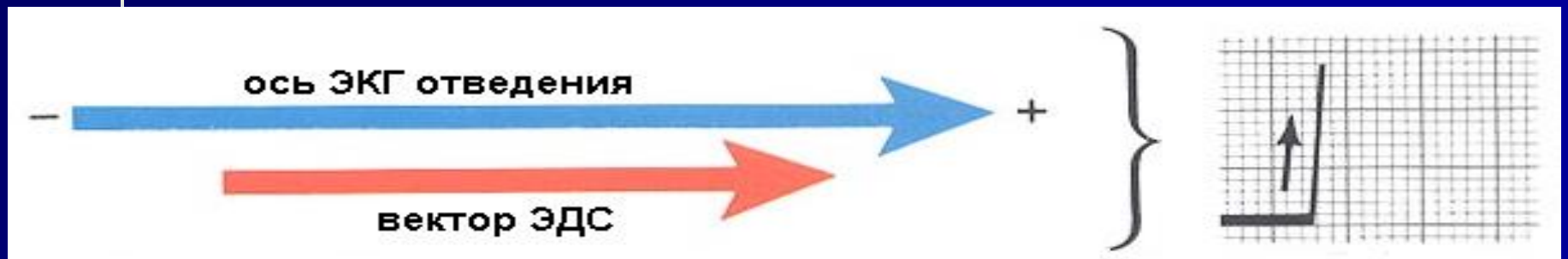


# Грудные отведения (Wilson, 1944)

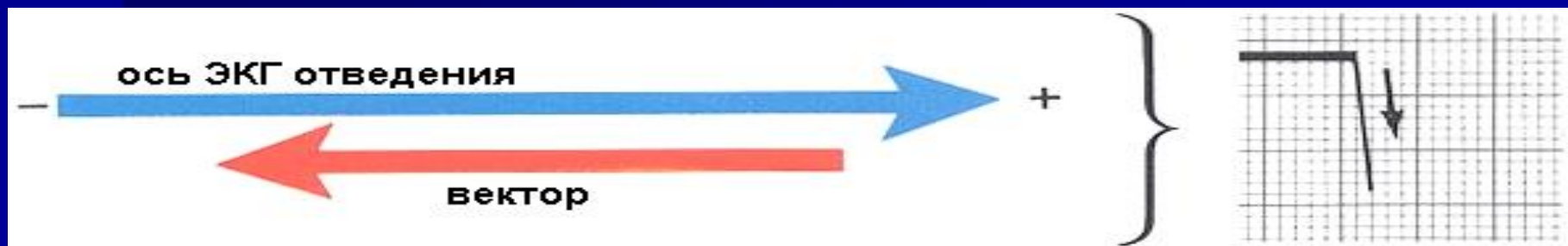
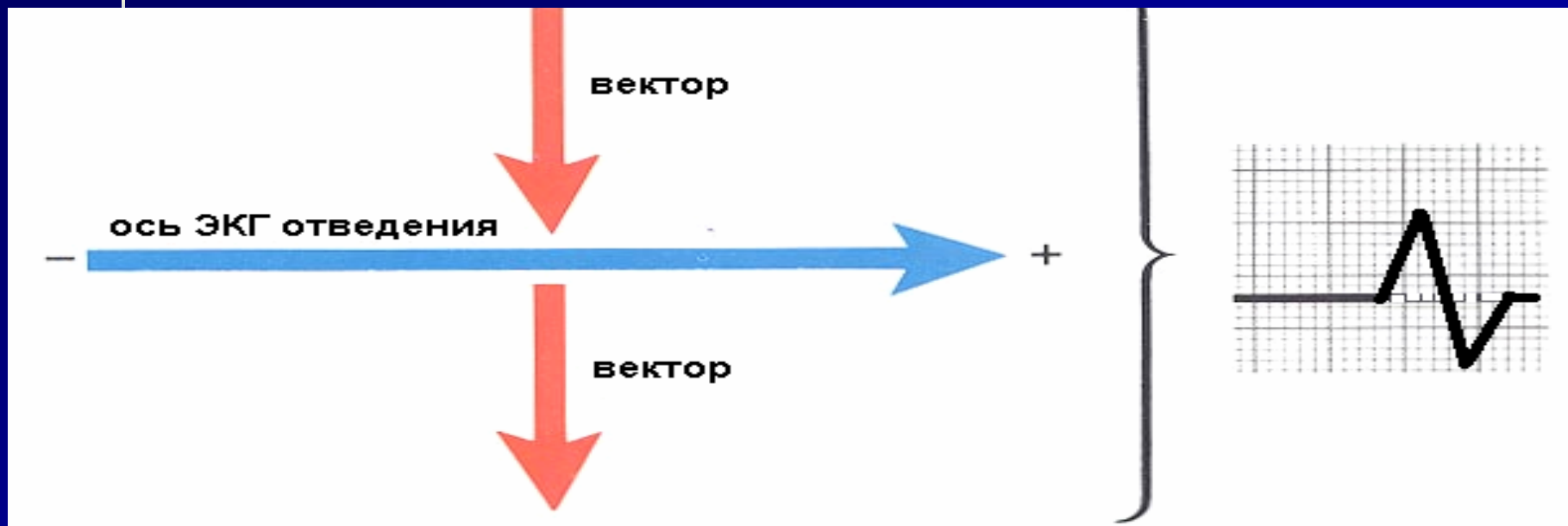




# Формирование электрокардиограммы



# Формирование электрокардиограммы



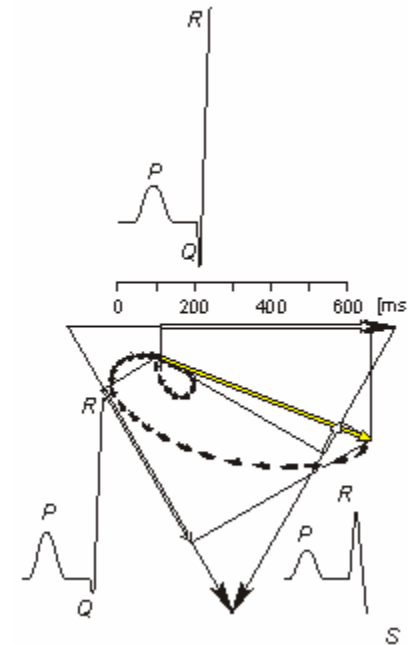
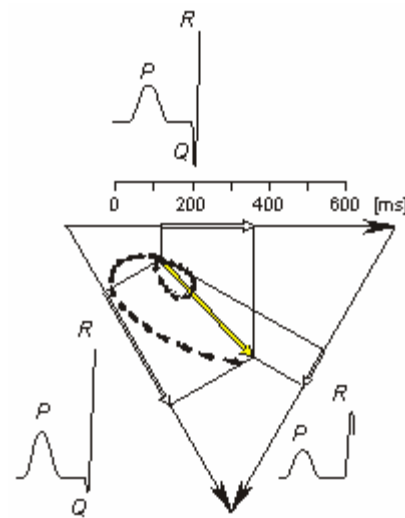
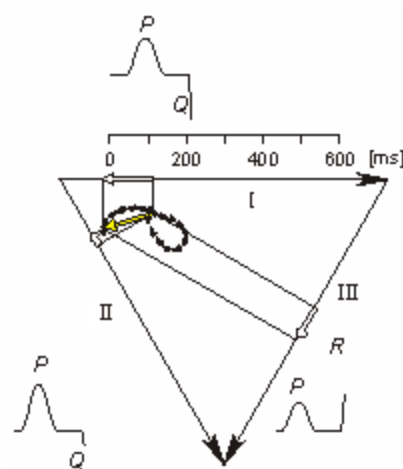
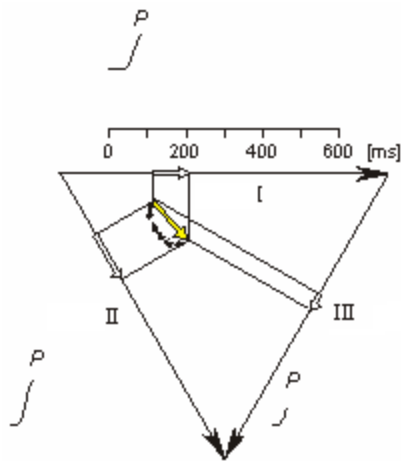
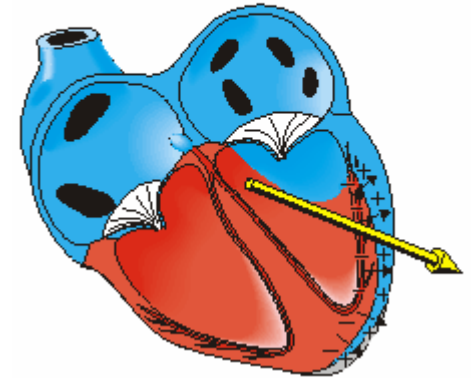
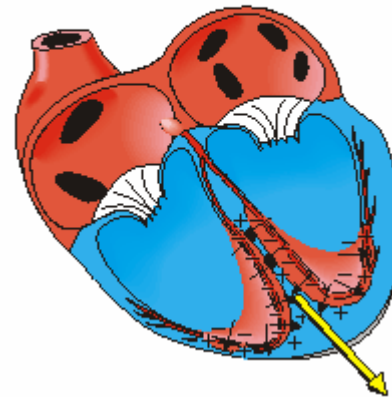
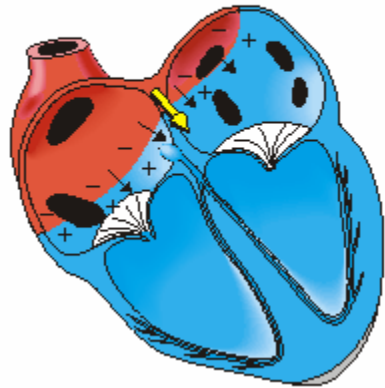
# Генерирование ЭКГ сигнала в стандартных отведениях

деполяризация предсердий  
80мс

деполяризация межжелудочковой перегородки  
220 мс

деполяризация верхушки  
230 мс

деполяризация ЛЖ  
240мс



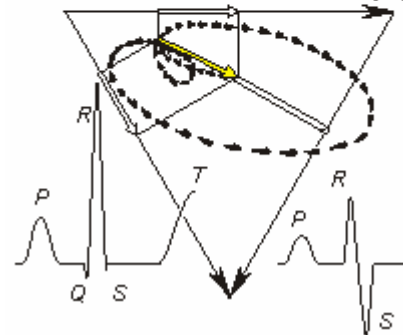
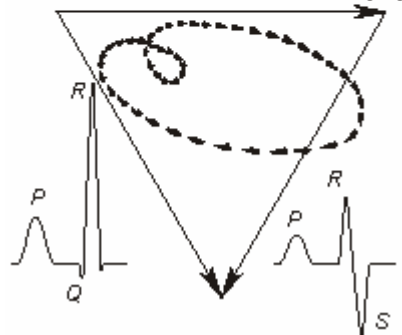
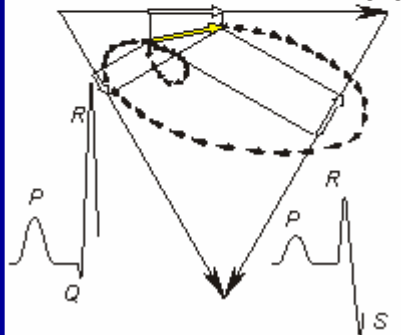
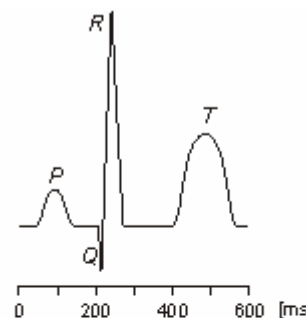
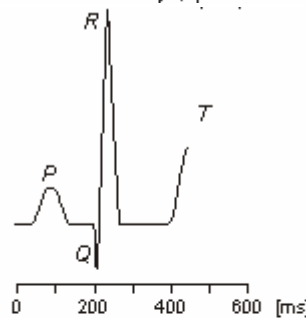
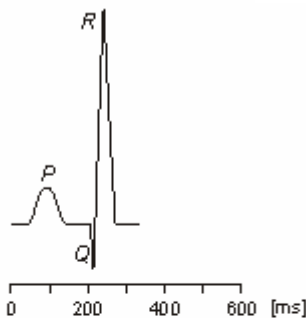
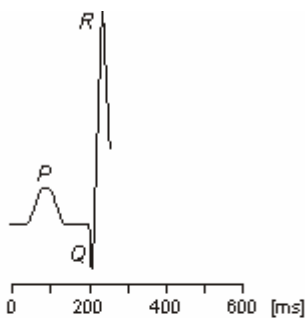
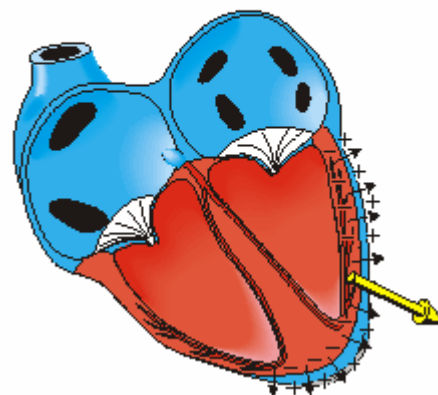
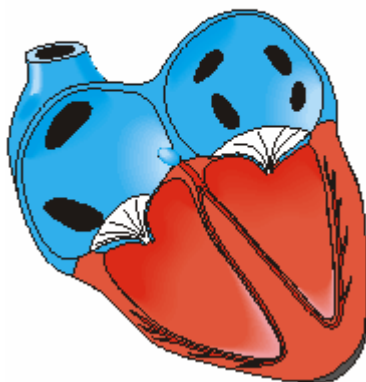
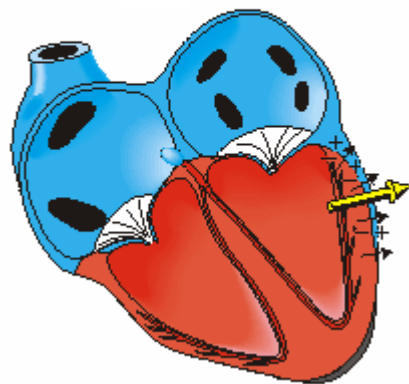
# Генерирование ЭКГ сигнала в стандартных отведениях

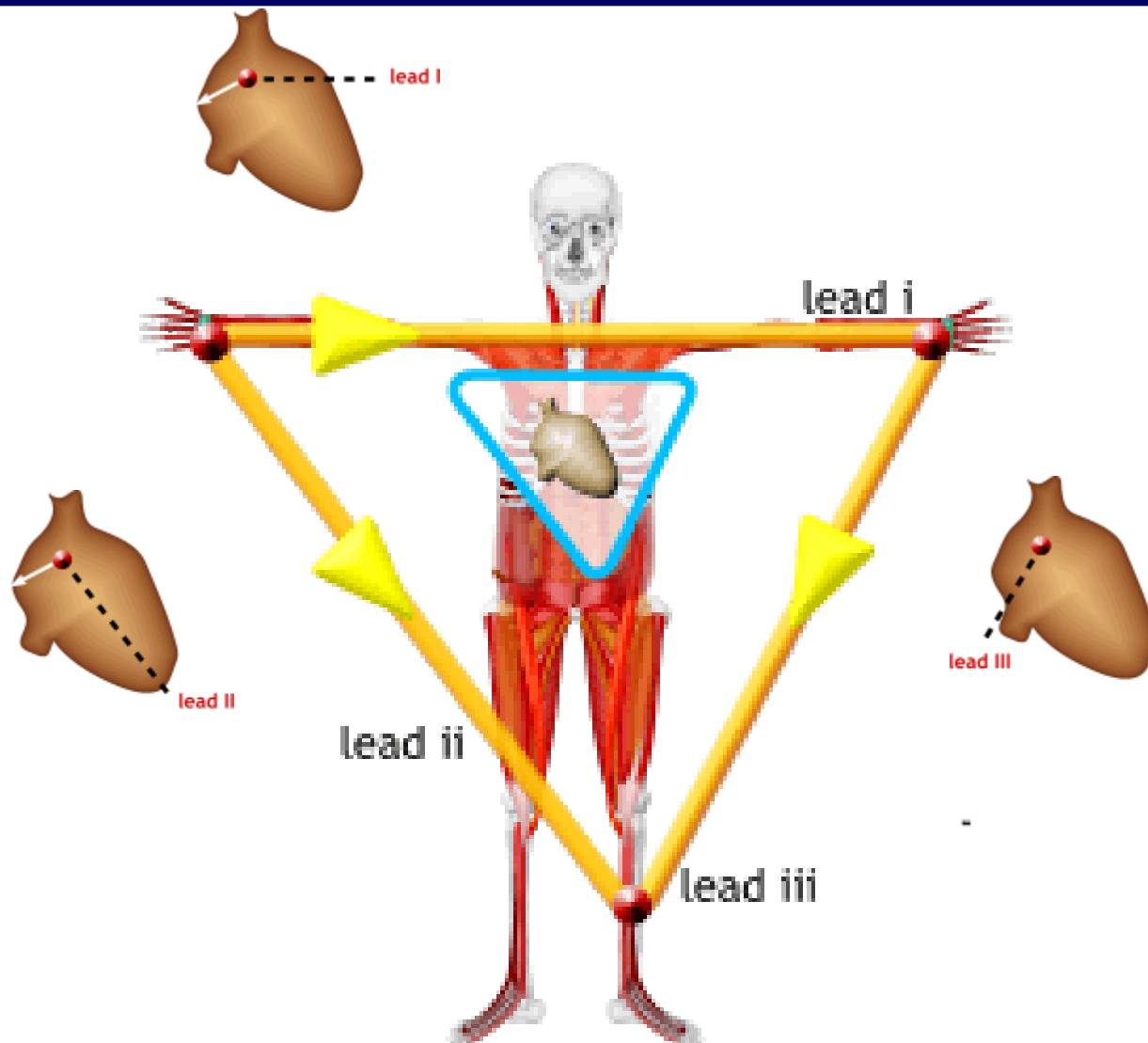
деполяризация  
левого желудочка  
250 мс

желудочки  
деполяризованы  
350 мс

реполяризация  
желудочков  
450 мс

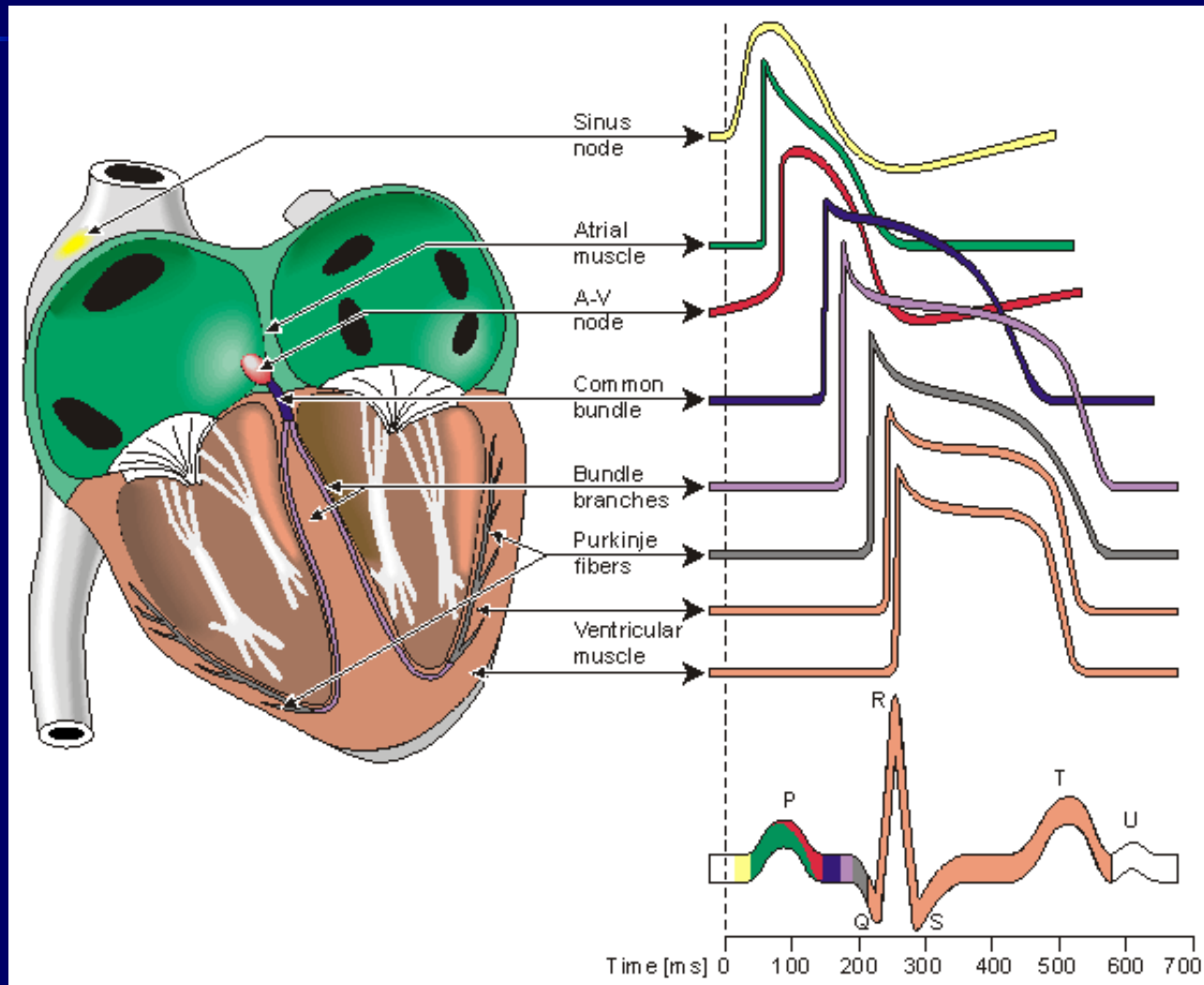
реполяризованные  
желудочки  
600 мс





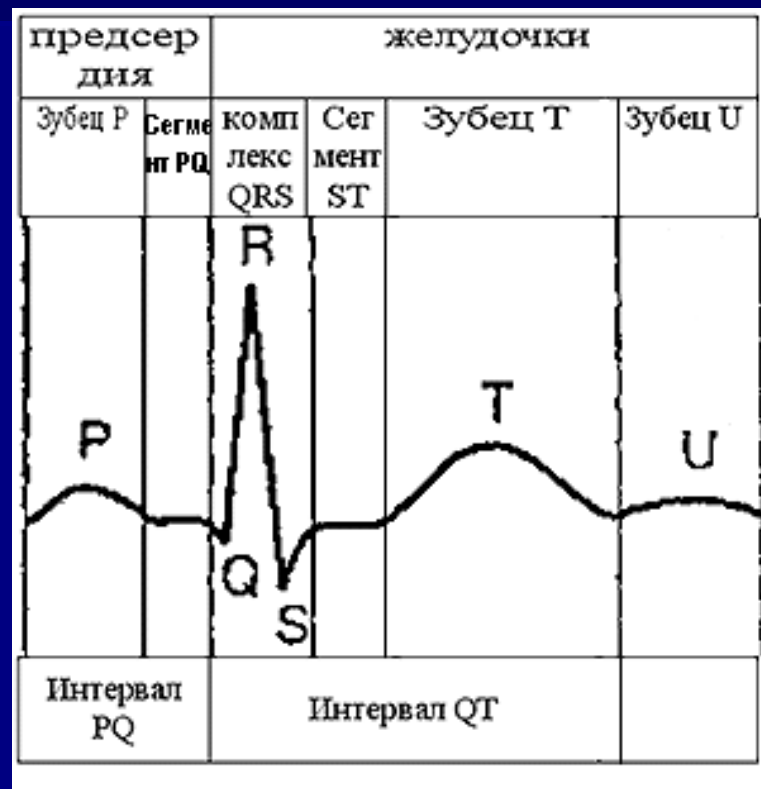


# Формирование ЭКГ кривой



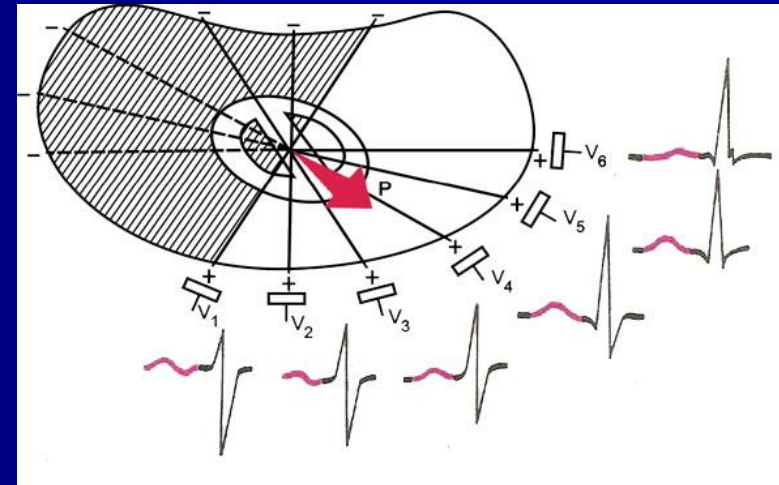
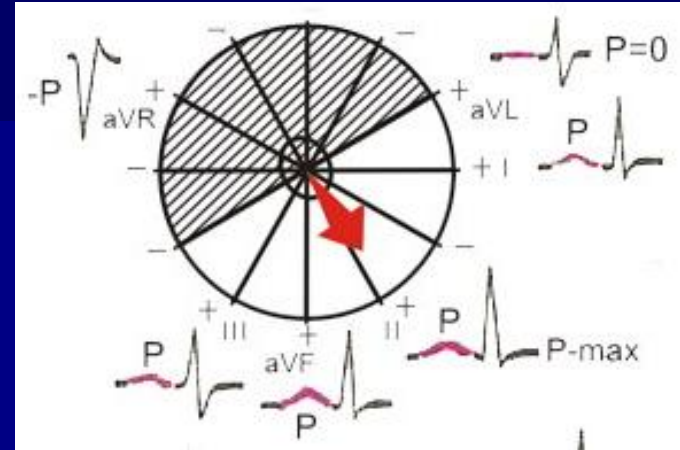
# Нормальная ЭКГ

- Зубцы PQRST U
  - Если  $>5$  мм, то заглавная буква, если  $<5$  мм - строчная буква
  - Если дополнительные зубцы, то обозначаются «`», например, R` (r`), R`` (r``), S` и т.д.
- Комплекс QRS
- Сегменты
- Интервалы



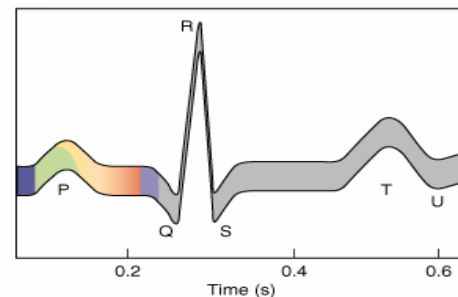
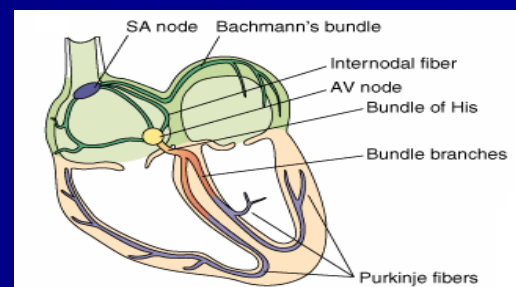
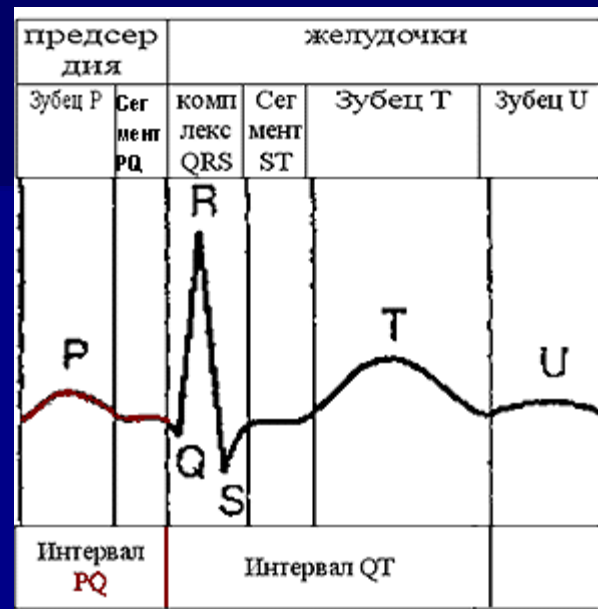
# Зубец Р

- Предсердный комплекс
- Образуется в результате возбуждения обоих предсердий
- В норме:
  - Фронтальная плоскость:
    - результирующий вектор расположен почти параллельно II отведению
    - проецируется на положительные части осей II, aVF, I и III отведений
  - Горизонтальная плоскость:
    - результирующий вектор совпадает с направлением  $V_4-V_5$
    - проецируется на положительные части  $V_2-V_6$
  - Поперечная плоскость:
    - результирующий вектор перпендикулярен оси  $V_1$
    - начальный вектор ориентирован в сторону положительного электрода  $V_1$ , второй в сторону отрицательного полюса  $V_1$
- **!P**
  - всегда положительный в I, II, aVF,  $V_2-V_6$
  - может быть "+", "±" в III, aVL,  $V_1$ ; "-" в III и aVL
  - всегда отрицательный в aVR
  - продолжительность  $\leq 0,1$  с
  - амплитуда 1,5-2,5 мм

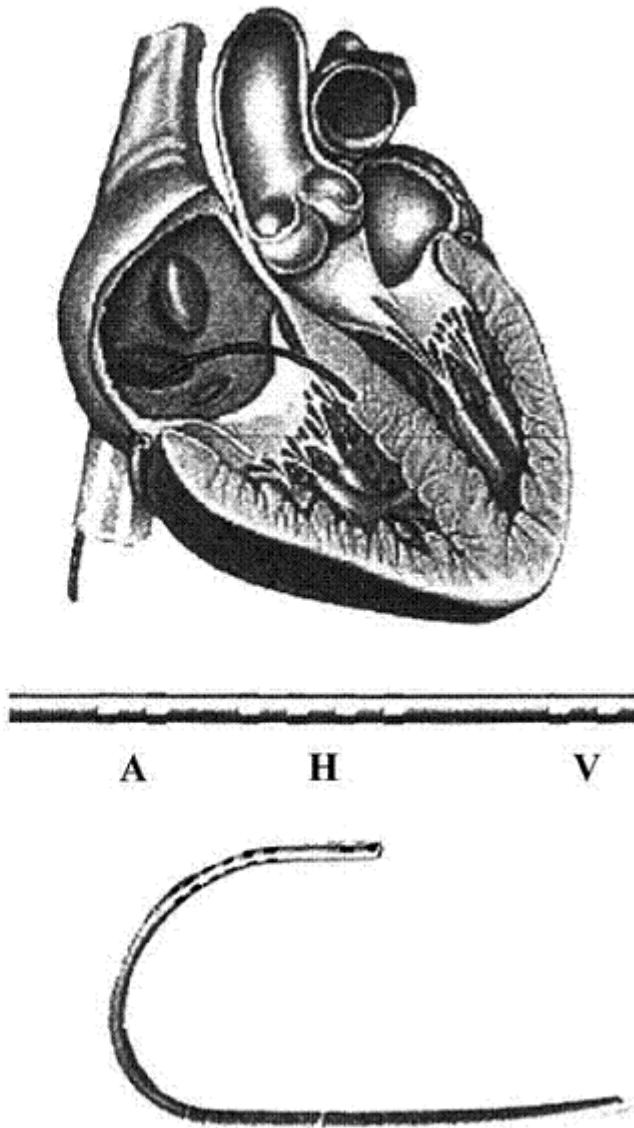
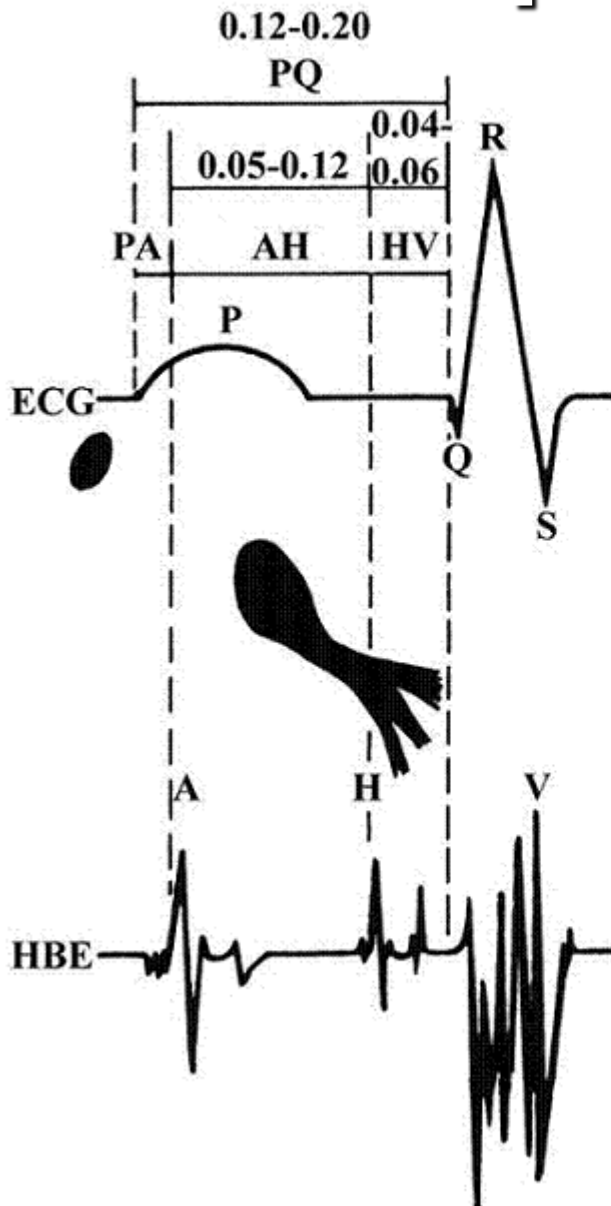


# Интервал PQ

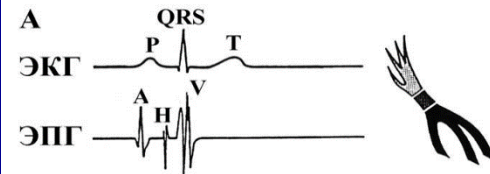
- Время прохождения возбуждения по предсердиям, AV узлу, пучку Гиса и его разветвлениям
- Если комплекс начинается с R, то интервал называют PR
- Норма:
  - Длительность 0,12-0,2с в обратной зависимости от ЧСС (при брадикардии до 0,22с)
- Индекс Макруза: отношение продолжительности P к длительности сегмента PQ (N 1,1-1,6)



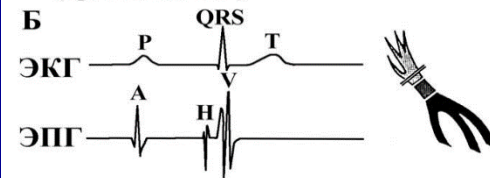
# Гисограмма



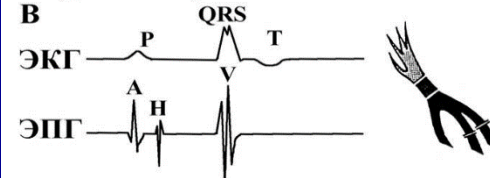
Нормальное АВ проведение



Узловая АВ блокада I степени (проксимальная)

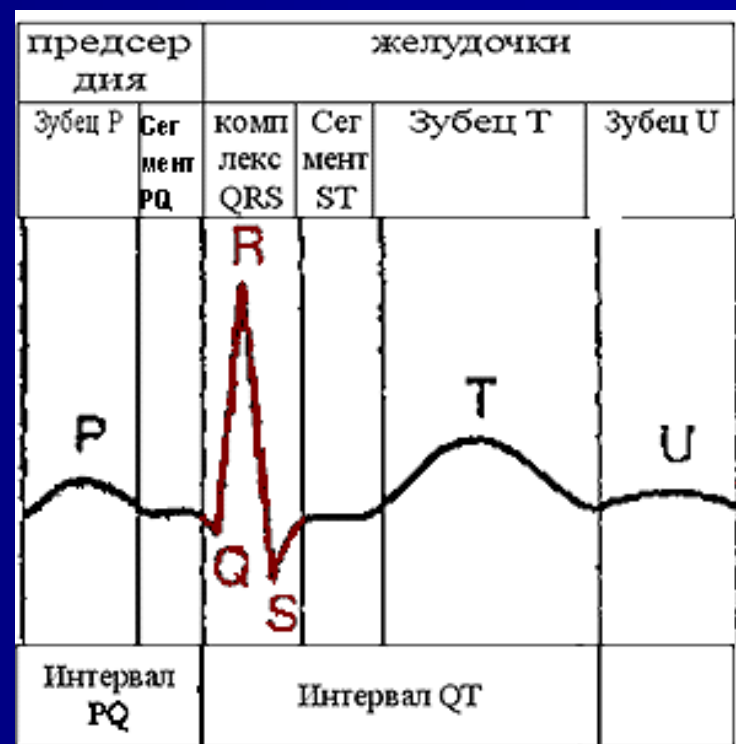


АВ блокада I степени (дистальная)

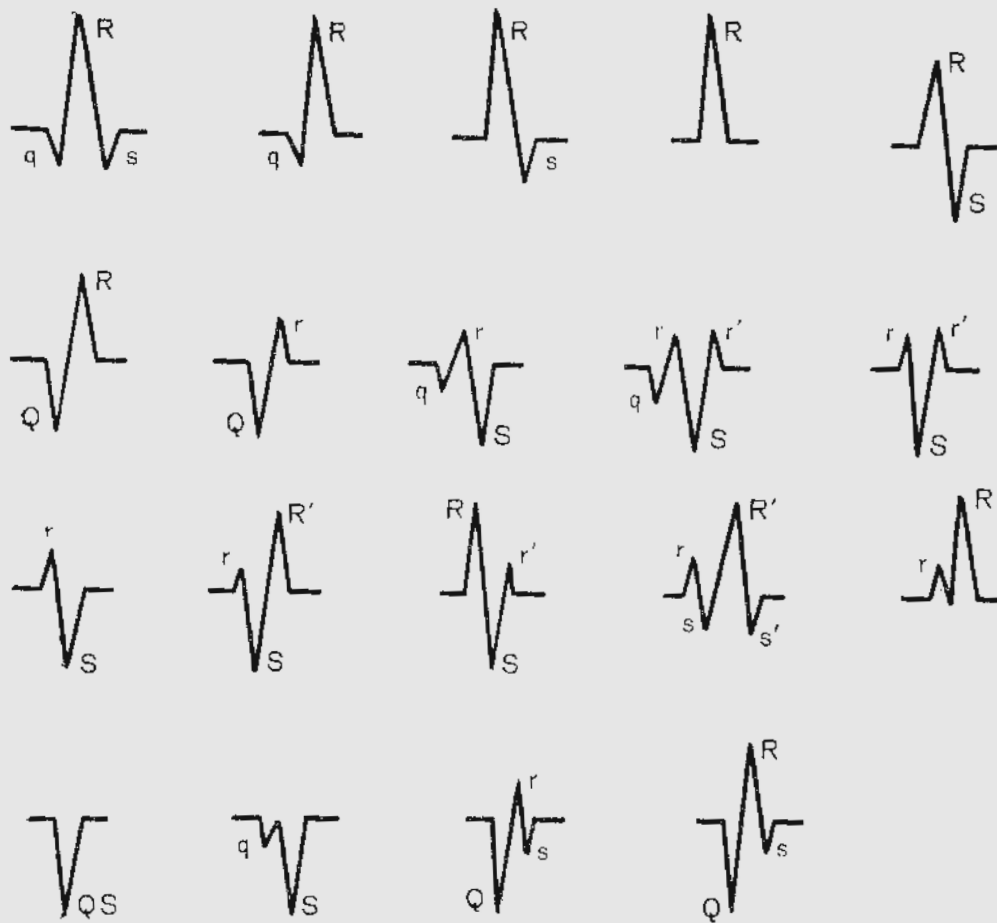


# Комплекс QRS

- Внутрижелудочковое проведение возбуждения
- Норма:
  - Продолжительность 0,06-0,1с
  - Максимальная амплитуда в грудных отведениях
  - По крайней мере в одном из стандартных или усиленных отведений амплитуда должна быть  $> 5$ , но  $< 22$  мм, а в грудных  $> 8$  мм, но  $< 25$  мм

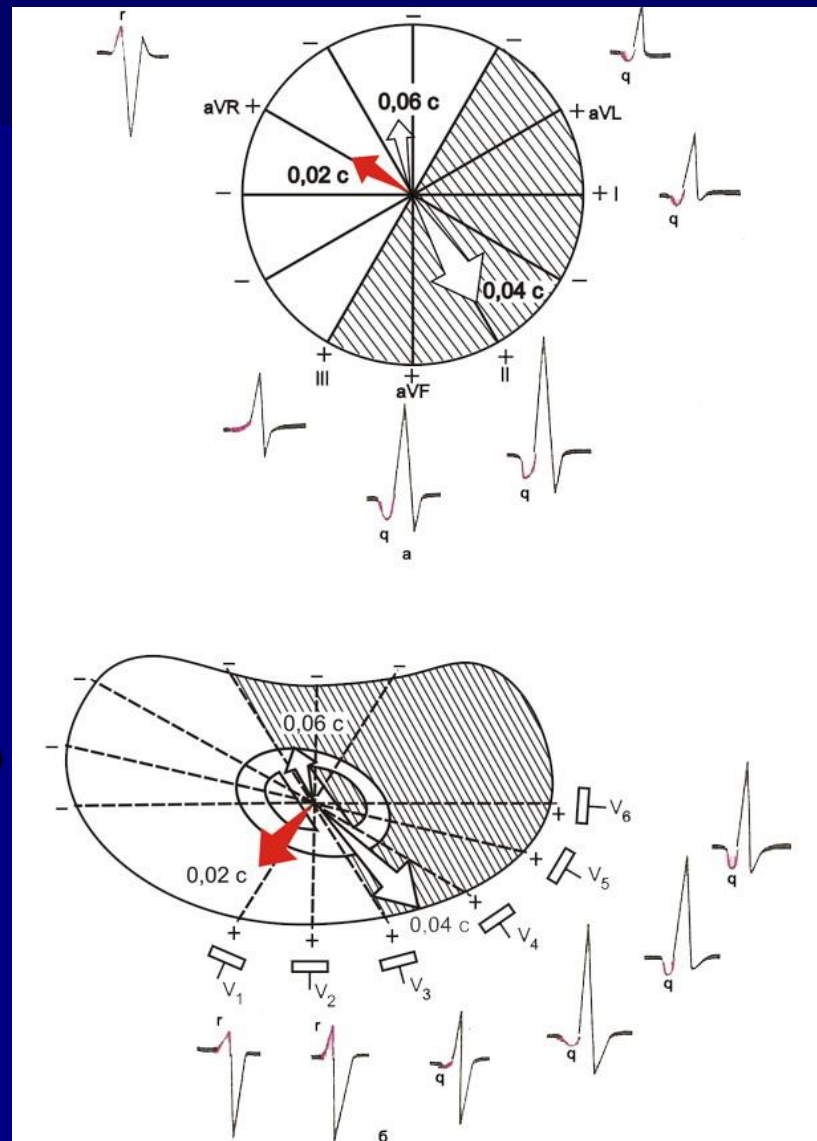


# Комплекс QRS



# Зубец Q

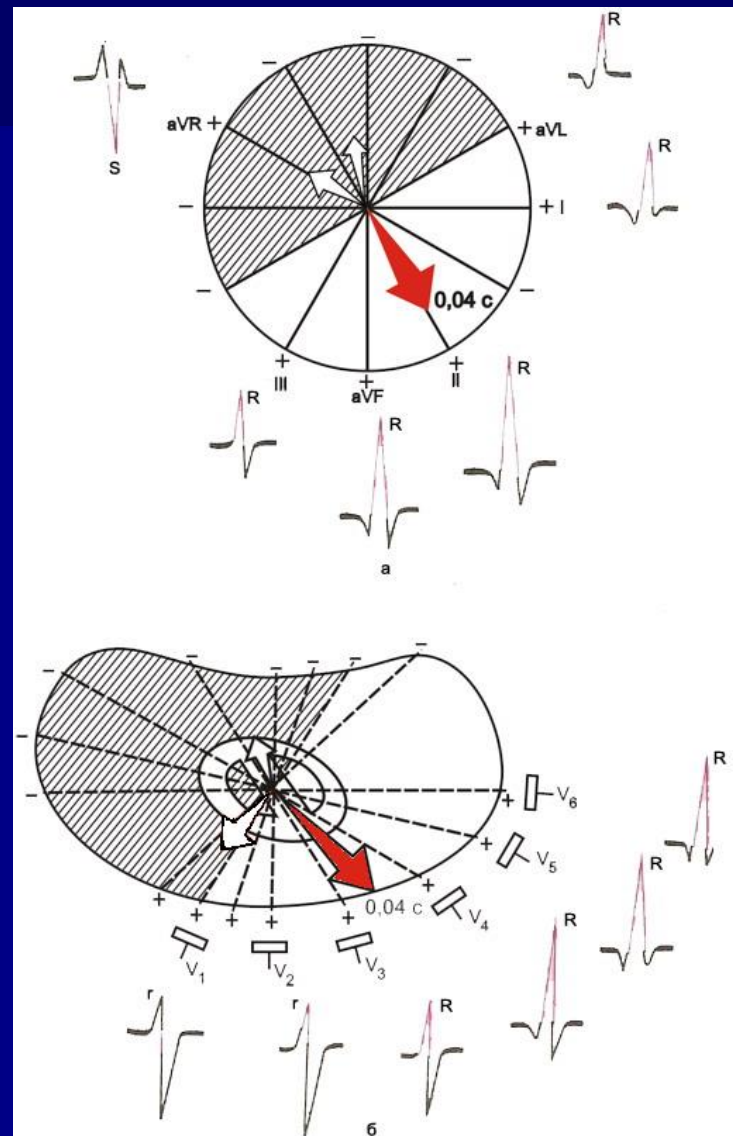
- Начальный моментный вектор деполяризации межжелудочковой перегородки (0,02с)
- Норма:
  - Может регистрироваться во всех отведениях за исключением  $V_1-V_3$ ; обязателен в  $V_4-V_6$  (но меньше 15% зубца R)
  - Длительность  $\leq 0,03$ с  
Амплитуда  $\leq 1/4$  последующего R, при условии, что R больше 5 мм
  - Отсутствие зазубрин





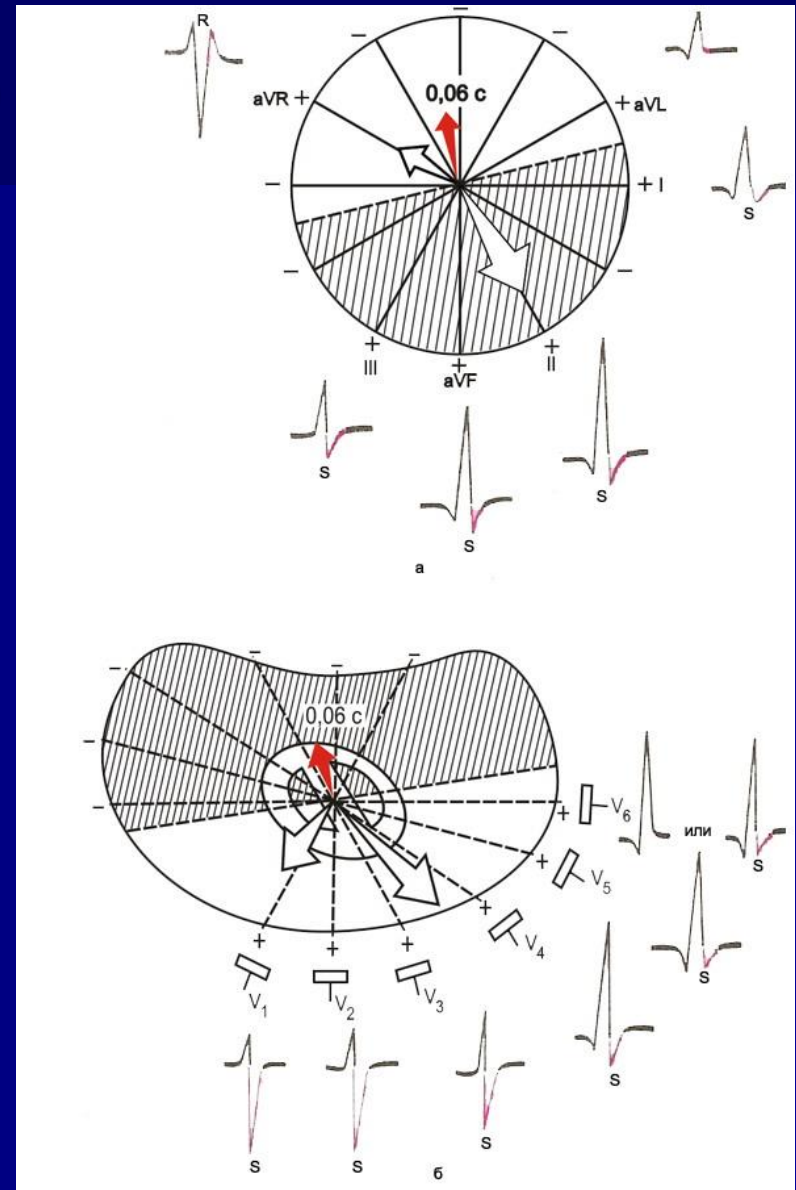
# Зубец R

- Средний моментный вектор деполяризации желудочков (0,04с)
- Основной зубец ЭКГ
- Норма:
  - $R_{II} > R_I > R_{III}$
  - Может отсутствовать в aVR (QS)
  - При вертикально расположенной ЭОС может отсутствовать в aVL (QS+ отр.P)
  - $R_{aVF} > R_{III}$
  - Нарастание в грудных отведениях с  $V_1$  по  $V_4$
  - Может отсутствовать в  $V_1$
  - Амплитуда от конечностей до 20 мм, в грудных до 25 мм



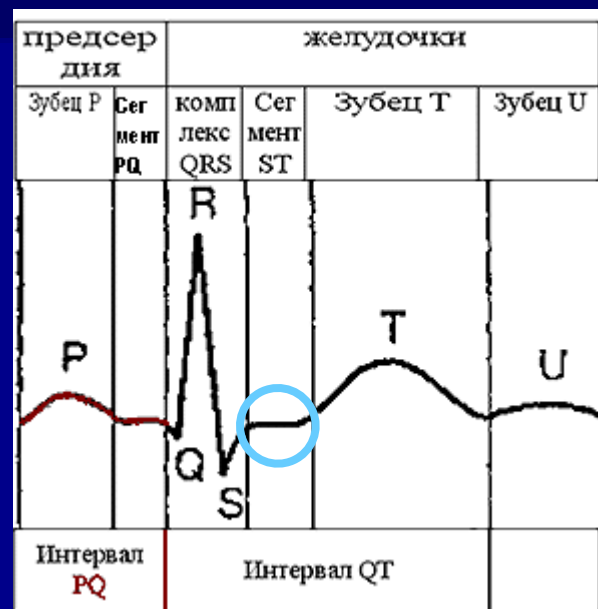
# Зубец S

- Проекция конечного моментного вектора 0,06с (базальные боковой стенки ЛЖ)
- Переходная зона  $V_3$ , реже между  $V_2$  и  $V_3$  или  $V_3$  и  $V_4$



# Сегмент S-T

- Период полного охвата возбуждением обоих желудочков
- Норма:
  - В отведениях от конечностей - на изолинии ( $\pm 0,5$  мм)
  - В грудных отведениях
    - $V_{1-3}$  до  $+2,0$ мм
    - $V_{4-6}$  до  $-0,5$ мм

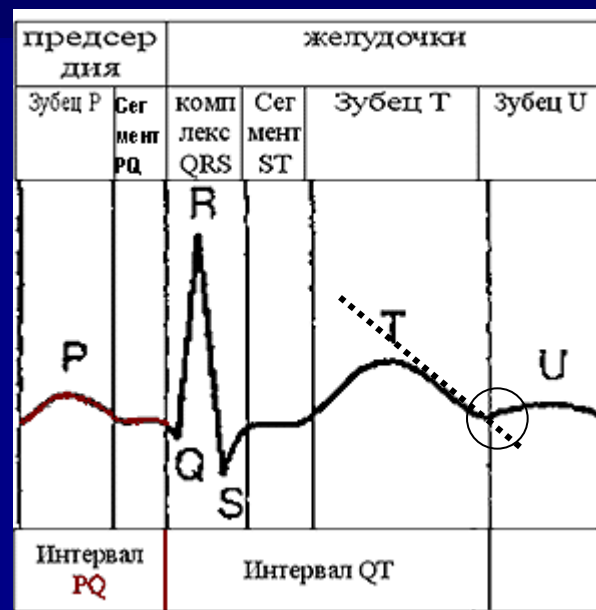


# Зубец Т

- Быстрая конечная реполяризация миокарда желудочков
- Норма:
  - Положительный в отведениях с доминирующим R зубцом; отрицательный в S-доминирующих отведениях.
  - Всегда положительный в I, II, aVF, V<sub>2</sub>-V<sub>6</sub> отведениях
  - $T_I > T_{III}, T_{V6} > T_{V1}$
  - III, aVL и V1 может быть "+", "-" или "±"
  - Отрицательный в aVR
  - Амплитуда:
    - отведения от конечностей до 5-6 мм
    - грудные отведения до 15-17 мм
  - Продолжительность 0,16-0,24 с

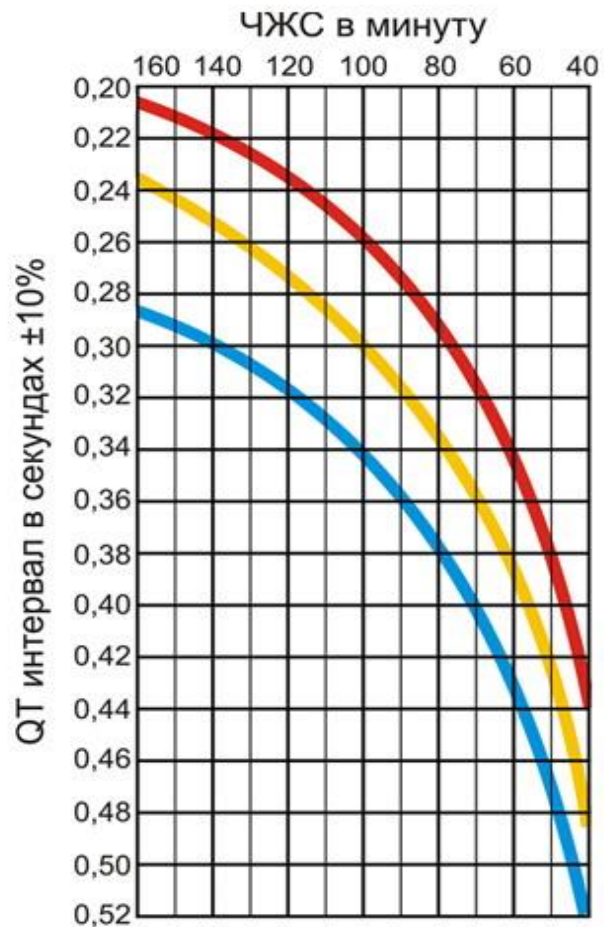
# Интервал QT

- Электрическая систола желудочков
- QT – константа для данной частоты ритма
- Не должен превышать нормативы более, чем на 0,05с
- Формула Базетта

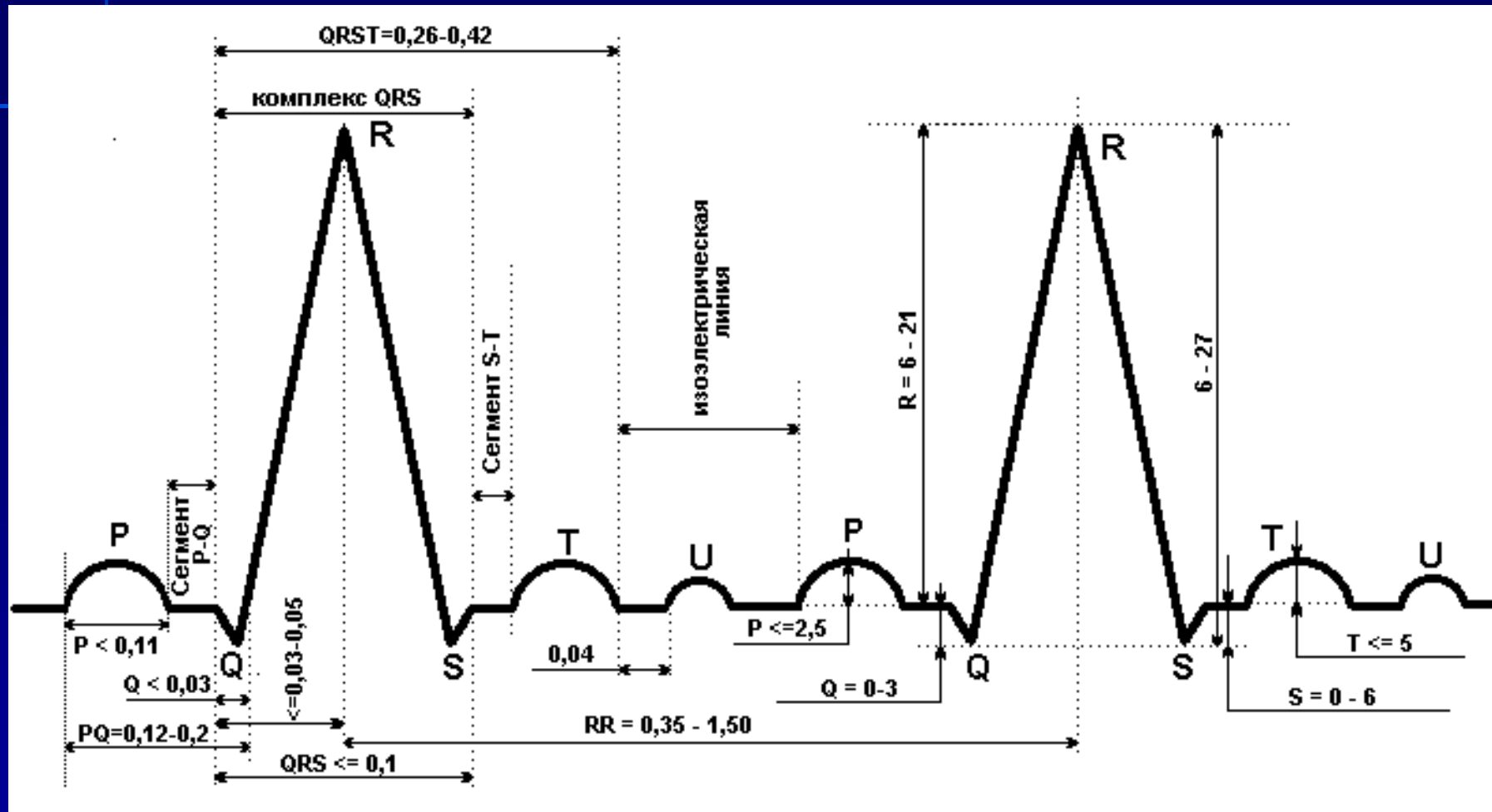


$$QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$$

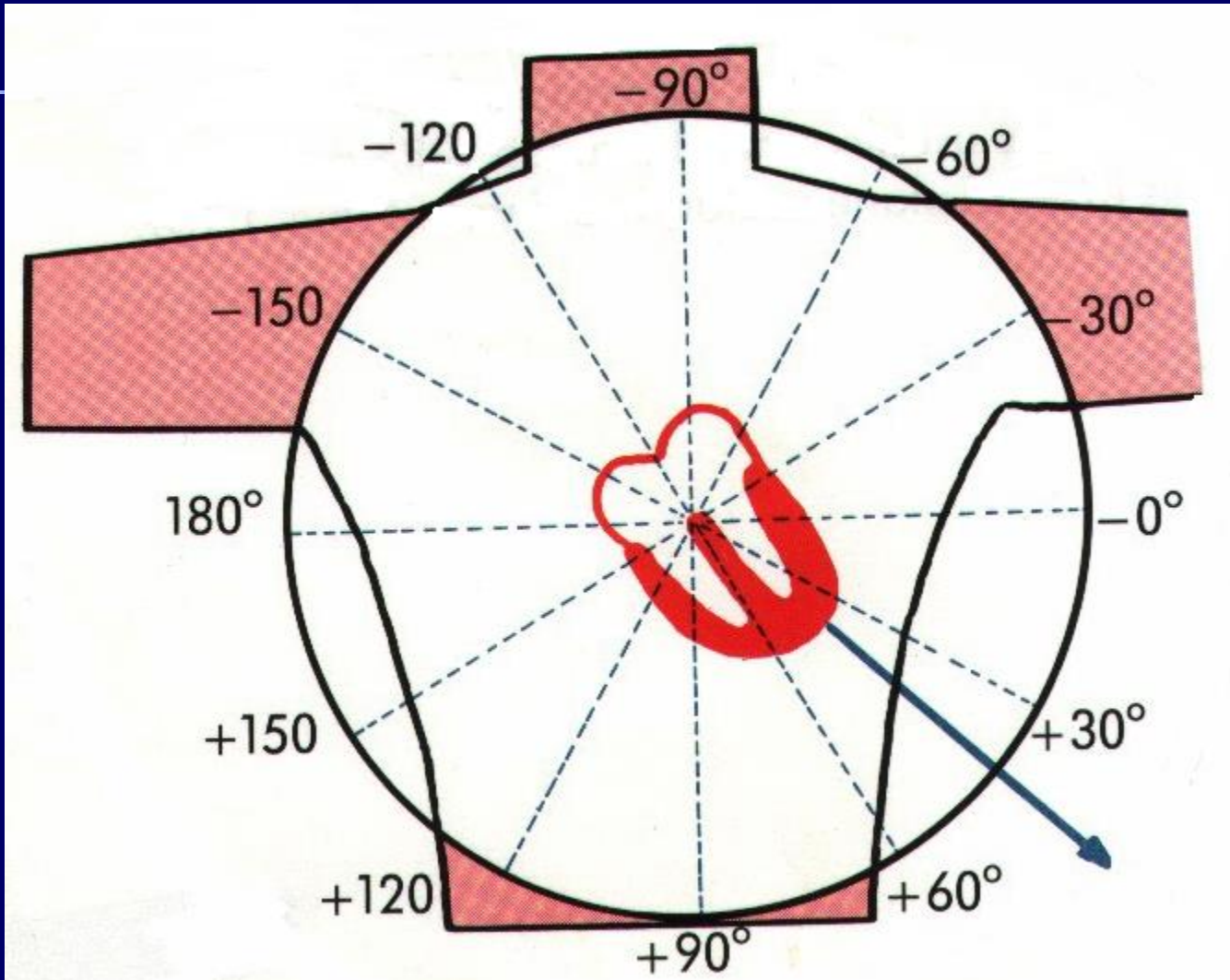
# Интервал QT



# Нормальная ЭКГ

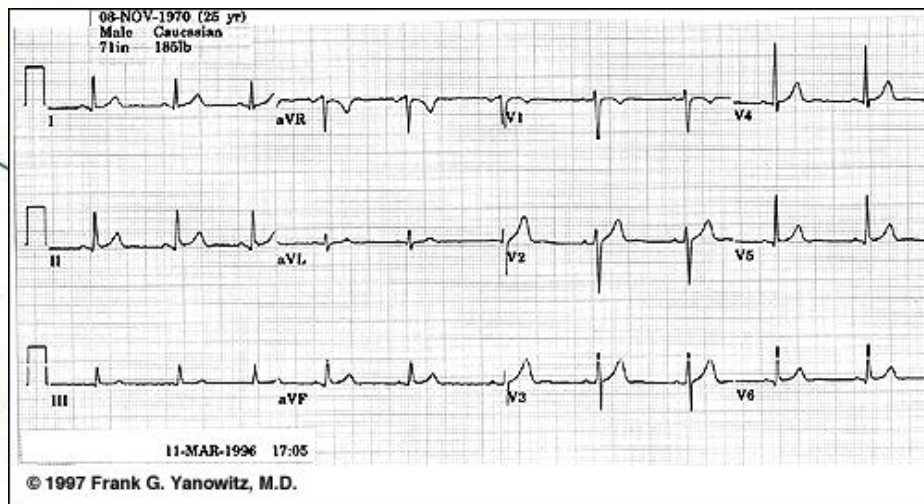
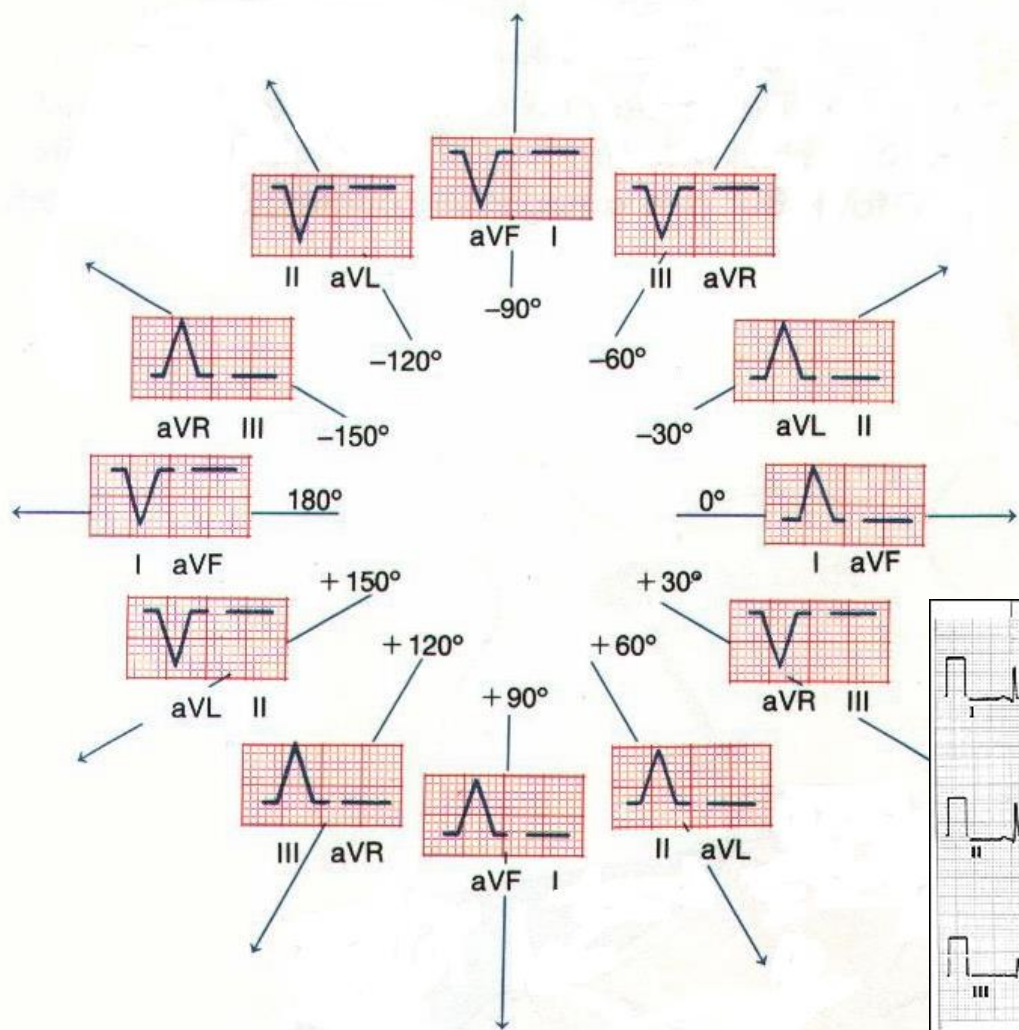


# Анатомическая и электрическая оси сердца

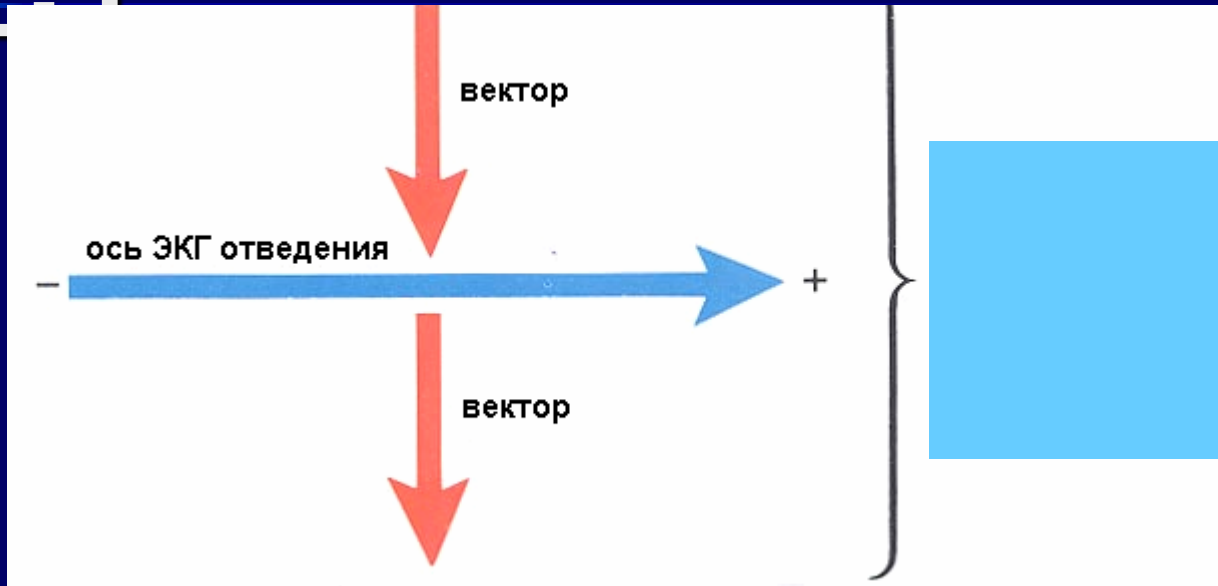


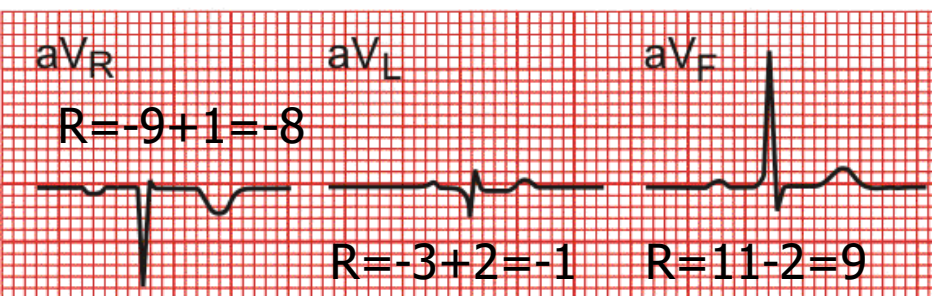
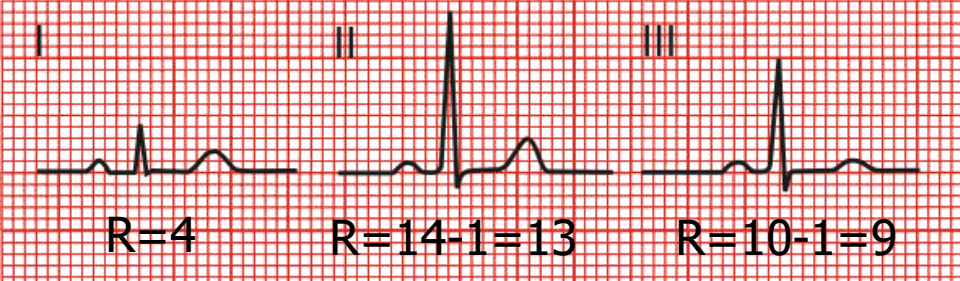


# Определение ЭОС

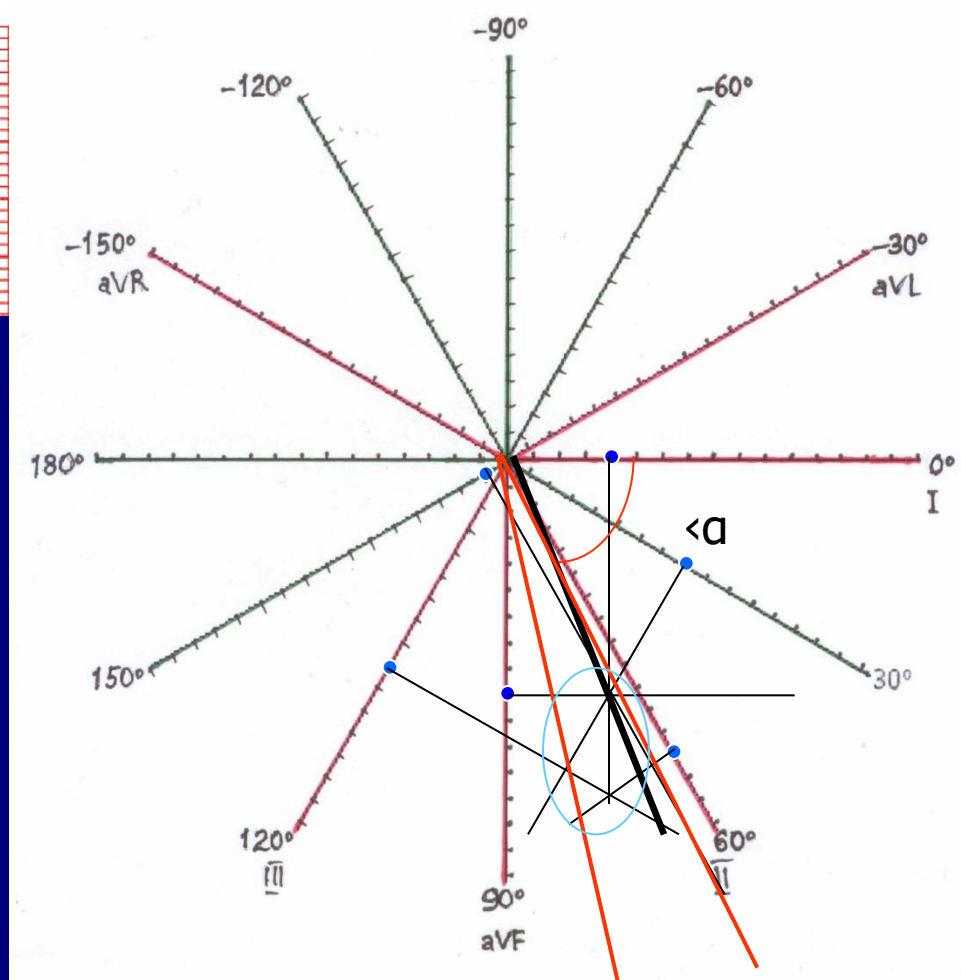


# Формирование электрокардиограммы [?]





1. Отведение с макс «+» суммой всех зубцов QRS (пример. II  $+60^\circ$ )
2. Отведение с  $\approx$  эквифазным QRS, отклонение в сторону преобладающего зубца на  $15^\circ$  (пример.  $aV_L$  отр.  $+60^\circ+15^\circ=75^\circ$ )
3. Амплитуда и площадь равноудаленных отведений отклонение в сторону доминирующего  $5^\circ$  ( $aV_F$ , I  $I+75^\circ-5^\circ=+70^\circ$ )

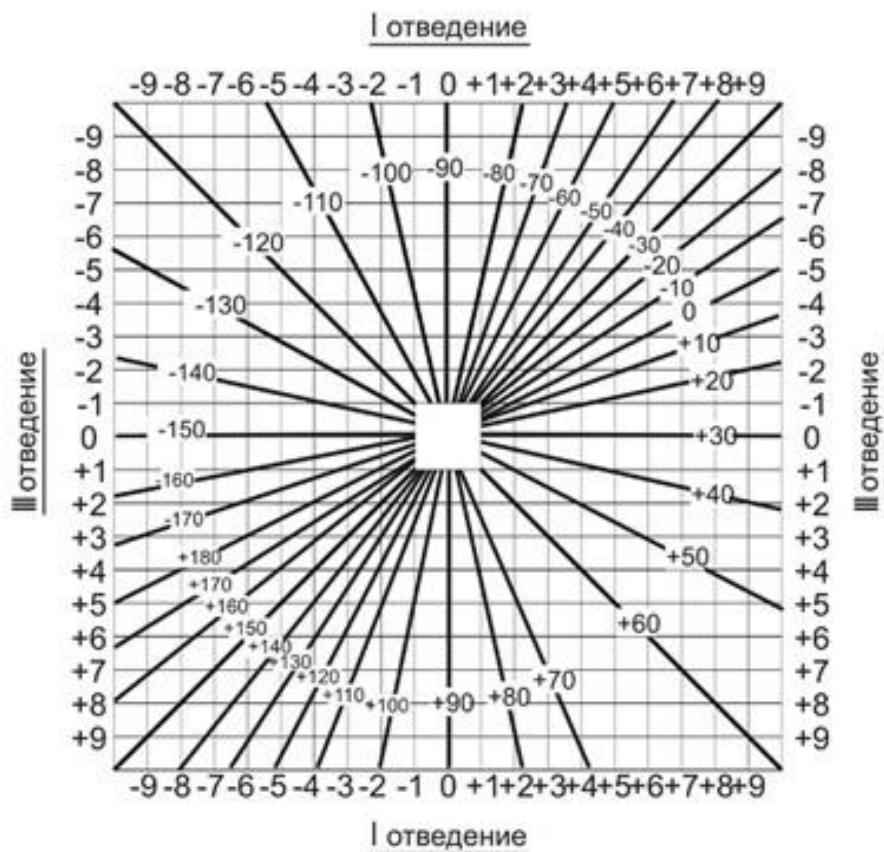


# Определение ЭОС

Нормальное	$\alpha = +70^\circ +40^\circ$ R II>R I>R III	R II наибольший R III>S III
Полувертикальное	$\alpha = +70^\circ +90^\circ$ R II=R III>R I	R II наибольший R I>S I
Вертикальное	$\alpha = +90^\circ$ R II=R III>R I	R II и R III наибольшие R I=S I
Отклонение ЭОС вправо	$\alpha = +90^\circ$ $+120^\circ$ R III>R II>R I	R III наибольший S I>R I
Резкое отклонение ЭОС вправо	$\alpha \gg +120^\circ$ R III>R II>R I	R III наибольший S I>R I, R aVR>>Q(S) aVR
Полугоризонтальное	$\alpha = +30^\circ$ R I=R II>R III	R I и R II наибольшие R III=S III
Горизонтальное	$\alpha = +30-0^\circ$ R I>R II>R III	R I наибольший S III>R III, R aVF>S aVF
Горизонтальное	$\alpha = 0^\circ$ R I>R II>R III	R I наибольший S III>R III, R aVF>S aVF
Отклонение ЭОС влево	$\alpha = 0^\circ - 30^\circ$ R I>R II>R III	R I наибольший R II>S II, S III>R III, R aVF>S aVF
Резкое отклонение ЭОС влево	$\alpha = 0^\circ - 30^\circ$ R I>R II>R III	R I наибольший, r S III, S III>R III, R aVF>S aVF

# Определение ЭОС

Таблица определения положения электрической оси сердца (по Дьеду)



# Техника снятия ЭКГ

1. Больного укладывают на кушетку, его грудь и конечности освобождают от одежды. Электроды, предварительно смоченные специальным гелем или 10% раствором натрия хлорида, накладывают на
  - *области запястий* (справа - **красный**, слева - **желтый**) и на
  - *области голеностопных суставов* (справа - **черный**, слева - **зеленый**).

При *грудных отведениях* электроды располагают следующим образом:

- **V1** - красный и **V2** - желтый в 4-ом межреберье по обе стороны грудины, у краев;
  - **V4** - коричневый в 5-ом межреберье слева - по срединноключичной линии
  - **V3**- зеленый устанавливают между V2 и V4
  - **V5** - черный на горизонтали V4 слева - по передней подмышечной линии;
  - **V6**-фиолетовый на горизонтали V5 слева - по средней подмышечной линии.
3. После расстановки электродов больного просят расслабиться и свободно дышать.
  4. Включают электрокардиограф, устанавливают скорость бумаги, записывают стандартный милливольт и снимают ЭКГ

# Анализ сердечного ритма

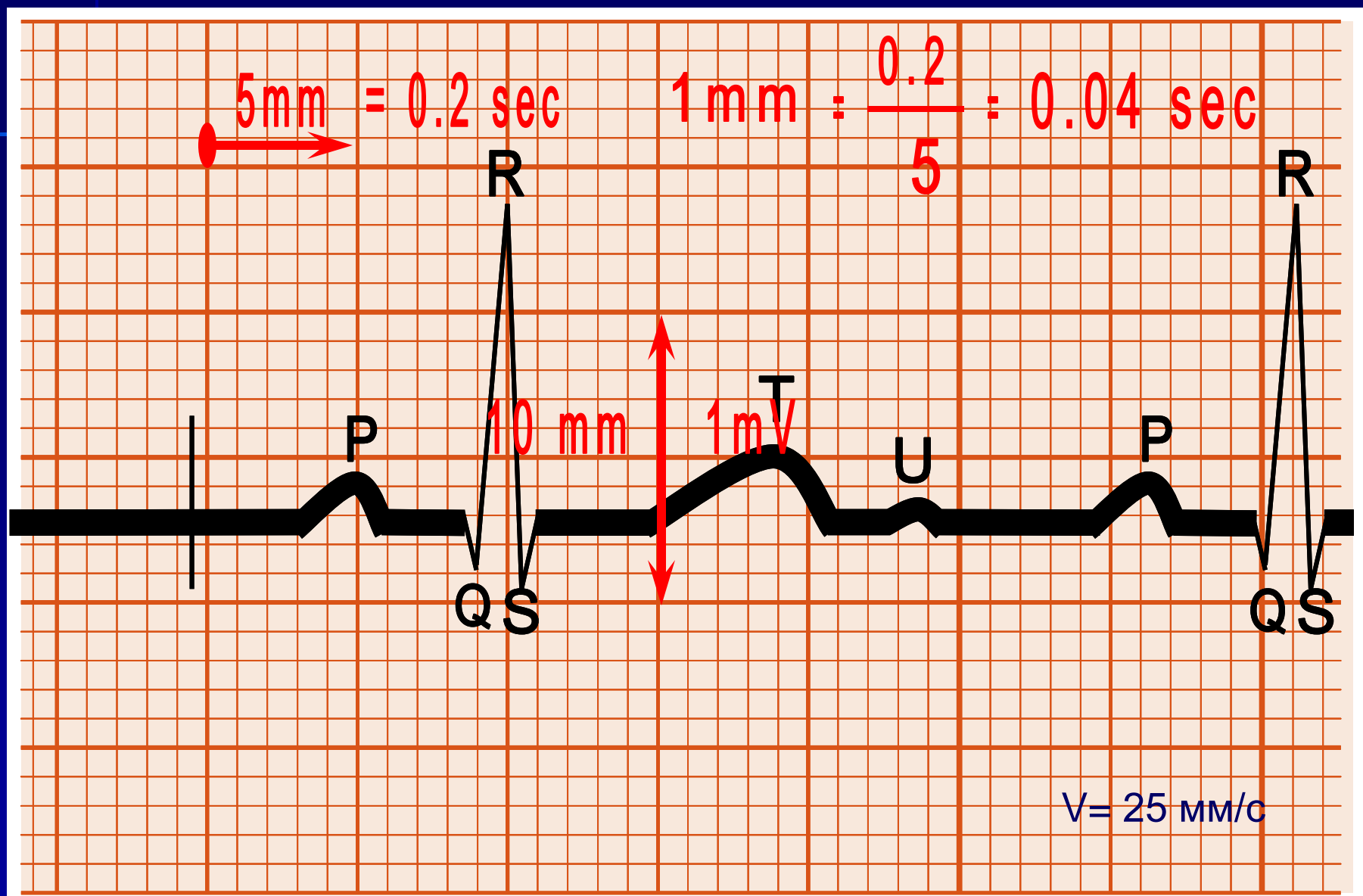
- Источник возбуждения
  - Синусовый ритм
    - + P во II отведении; “-” P в aVR
    - Одинаковая форма всех P в отдельно взятом отведении.

- Определение ЧСС

$$\text{ЧСС} = \frac{60}{R - R}$$

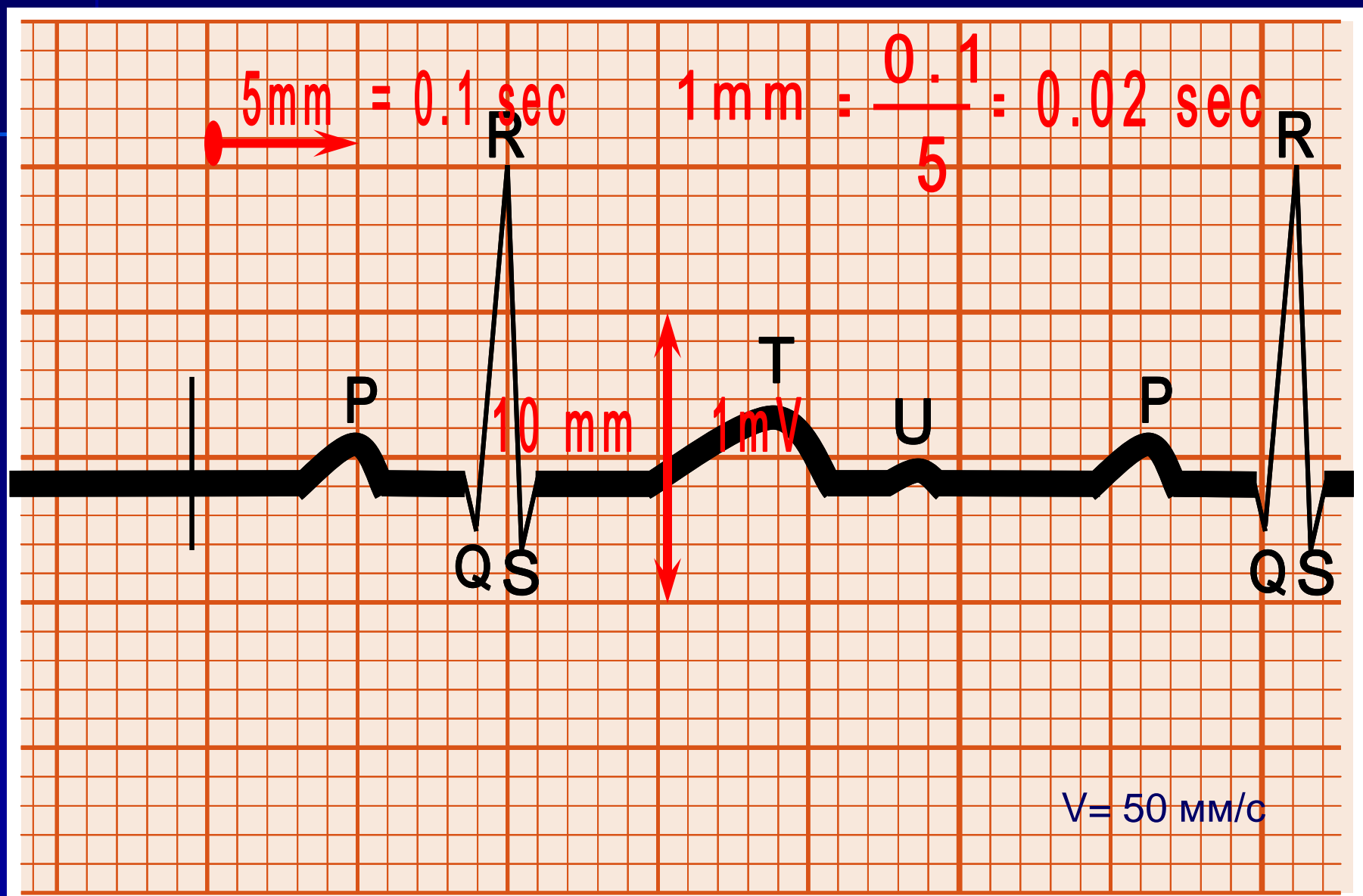
- Регулярность R-R
  - Разброс R-R не превышает 10%

# Анализ ЭКГ





# Анализ ЭКГ



# ЭКГ заключение

- Источник ритма (синусовый или несинусовый)
- Регулярность ритма (правильный или неправильный)
- ЧСС
- Расчетные показатели (длительность зубцов, интервалов и комплексов):
  - P
  - PQ
  - QRS
  - QRST
- Положение ЭОС
- Наличие изменений на ЭКГ:
  - Нарушение проводимости (СА, АВ, внутрижелудочковой)
  - Наличие гипертрофии желудочков, предсердий, их перегрузок.
  - Наличие повреждения (ишемия, некроз, рубцы)