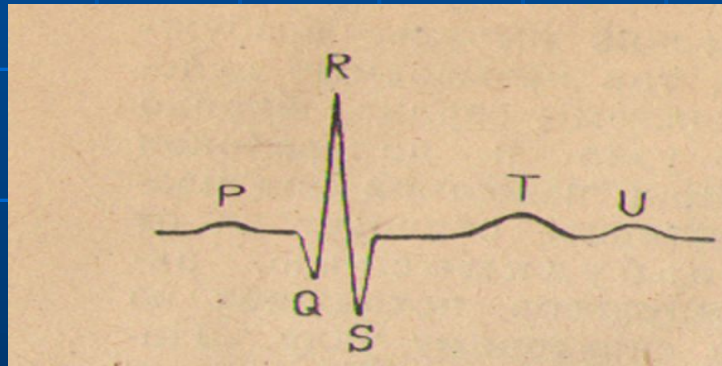


Электрофизиологические ОСНОВЫ электрокардиографии



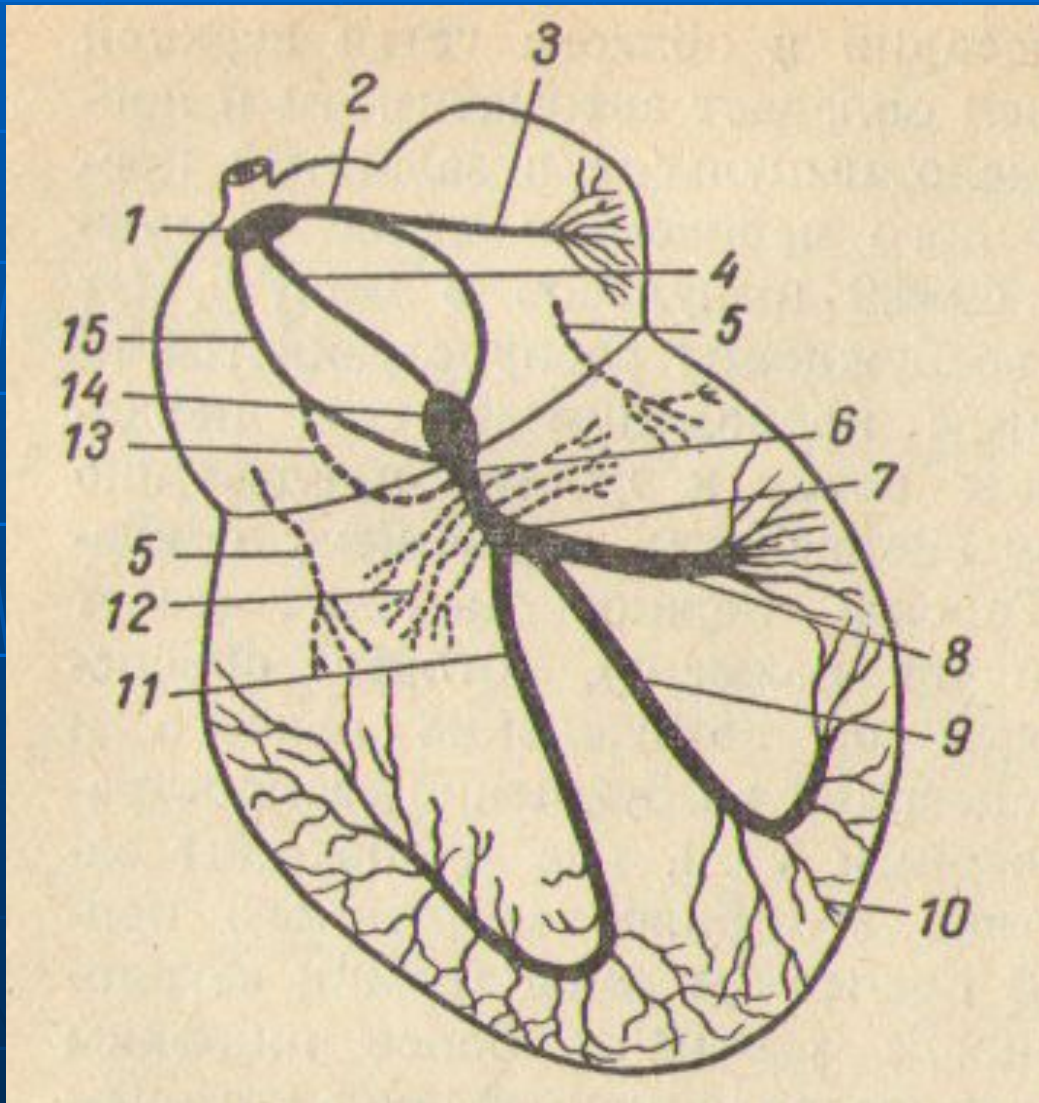
*Кафедра пропедевтики внутренних
болезней*

Основные функции сердца

- **Автоматизм** – способность специализированных пейсмекерных клеток продуцировать ритмические импульсы возбуждения
 - Наибольшим автоматизмом обладает синусовый узел, который в физиологическом состоянии является водителем ритма
- **Возбудимость** – способность миокарда реагировать на различные физиологические и патологические возбудители
 - В период возбуждения и проведения импульсы – рефрактерность
- **Проводимость** – способность проводить импульсы возбуждения
 - Максимальная скорость проведения – на уровне клеток Пуркинье, минимальная – в атриовентрикулярном узле
- **Сократимость**

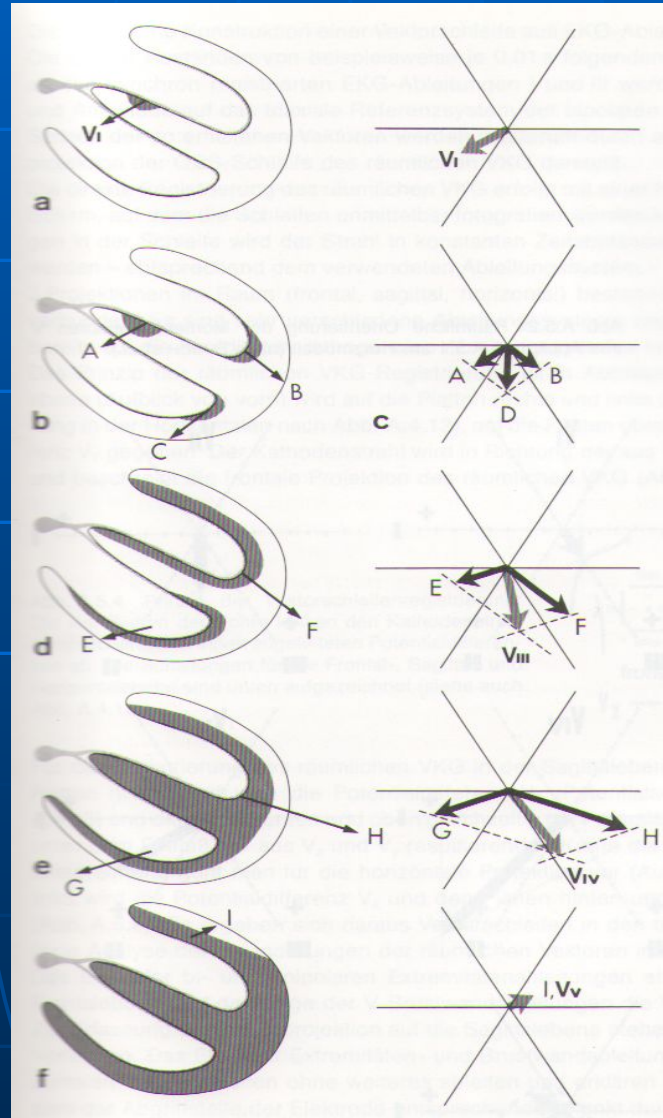
ЭКГ отражает состояние первых трех функций

Проводящая система

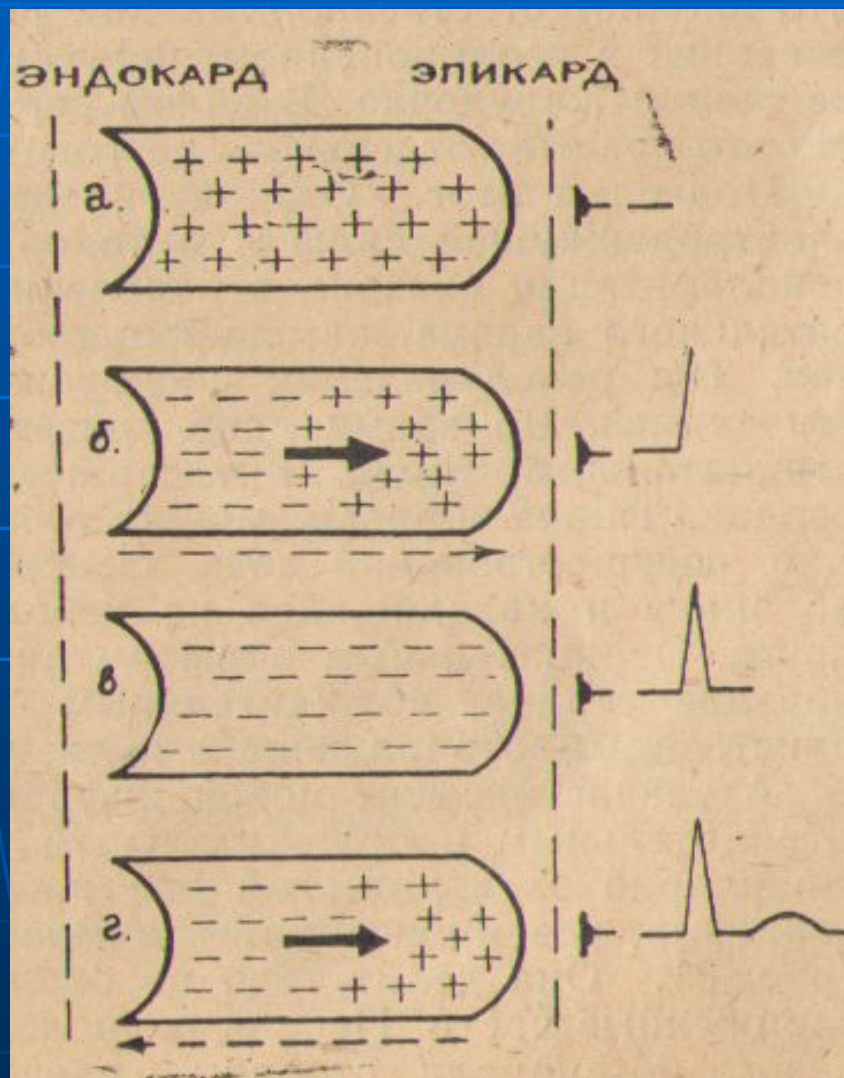


1 – синусовый узел; 2 – передний предсердный тракт; 3 – пучок Бахмана; 4 – средний предсердный тракт; 5 – пучки Кента; 6 – ствол пучка Гиса; 7 – левая ножка; 8 – задняя ветвь; 9 – передняя ветвь; 10 – волокна Пуркинье; 11 – правая ножка; 12 – волокна Махейма; 13 – пучок Джеймса; 14 – атриовентрикулярный узел; 15 – задний предсердный тракт

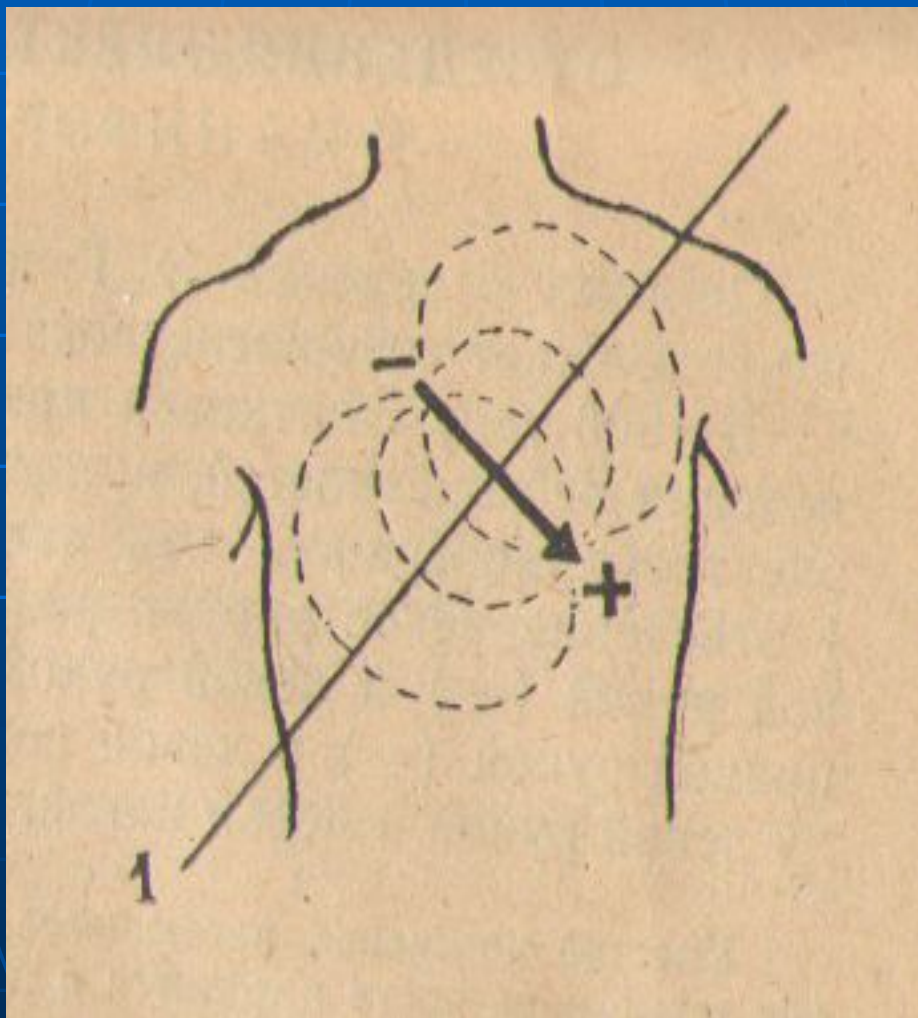
Распространение возбуждения



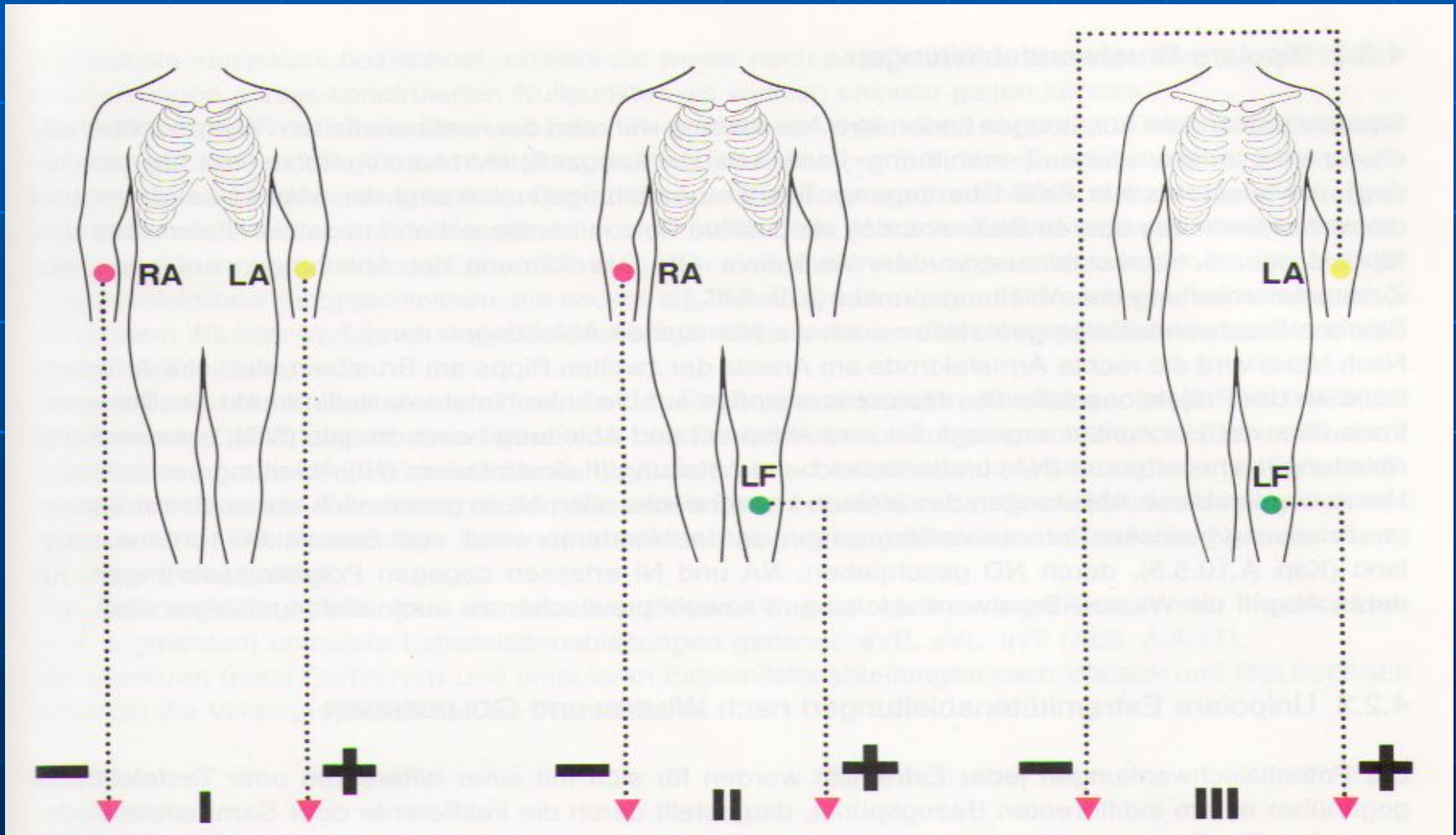
Мембранная теория возбуждения



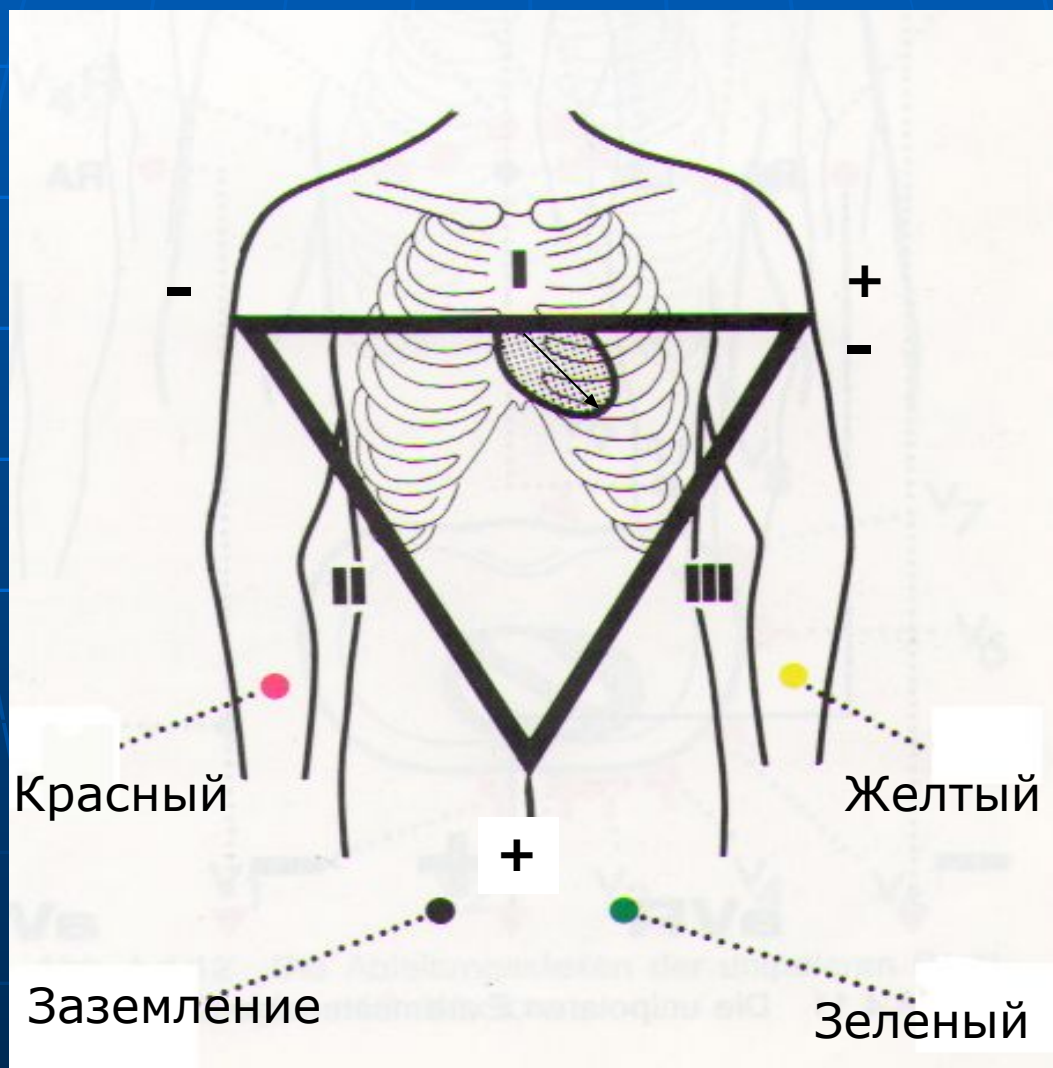
Теория диполя



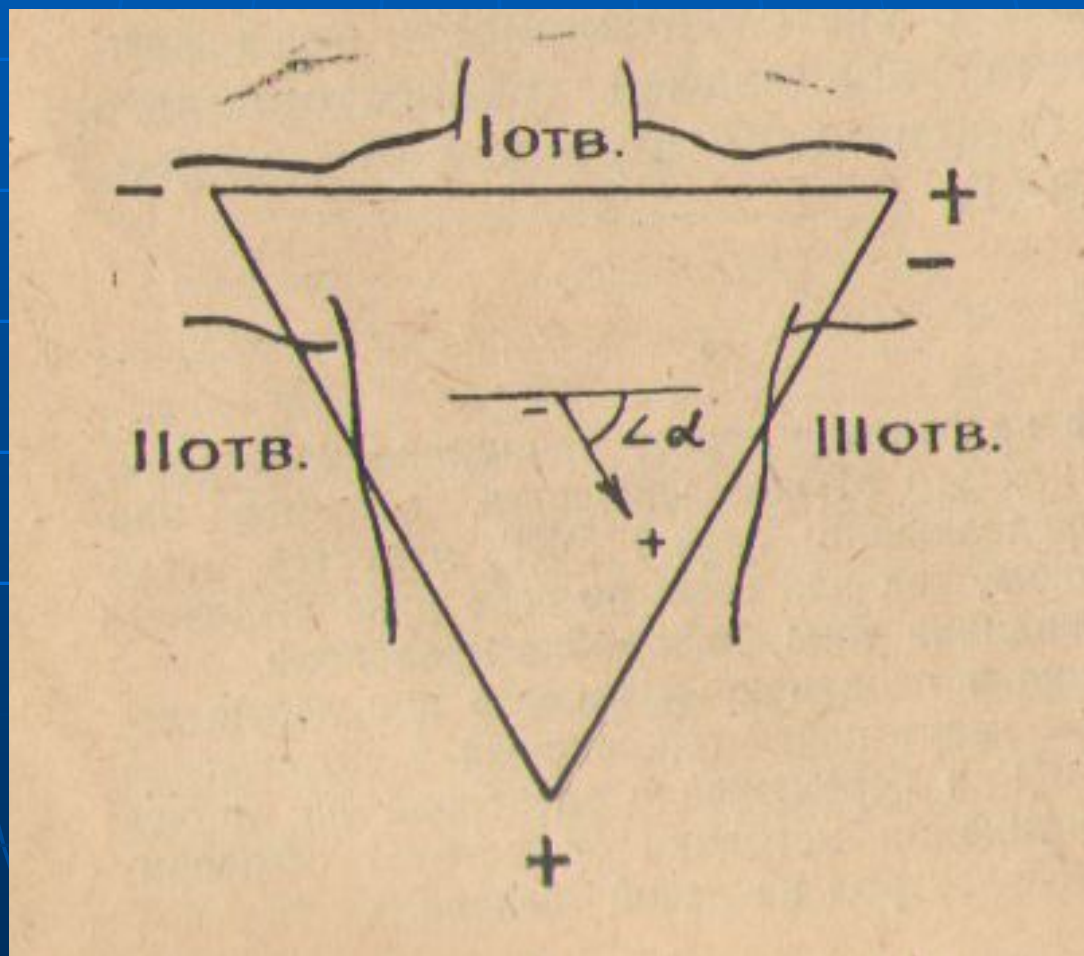
Стандартные двухполюсные отведения от конечностей (Эйнтховен, 1908)



Треугольник Эйнтховена

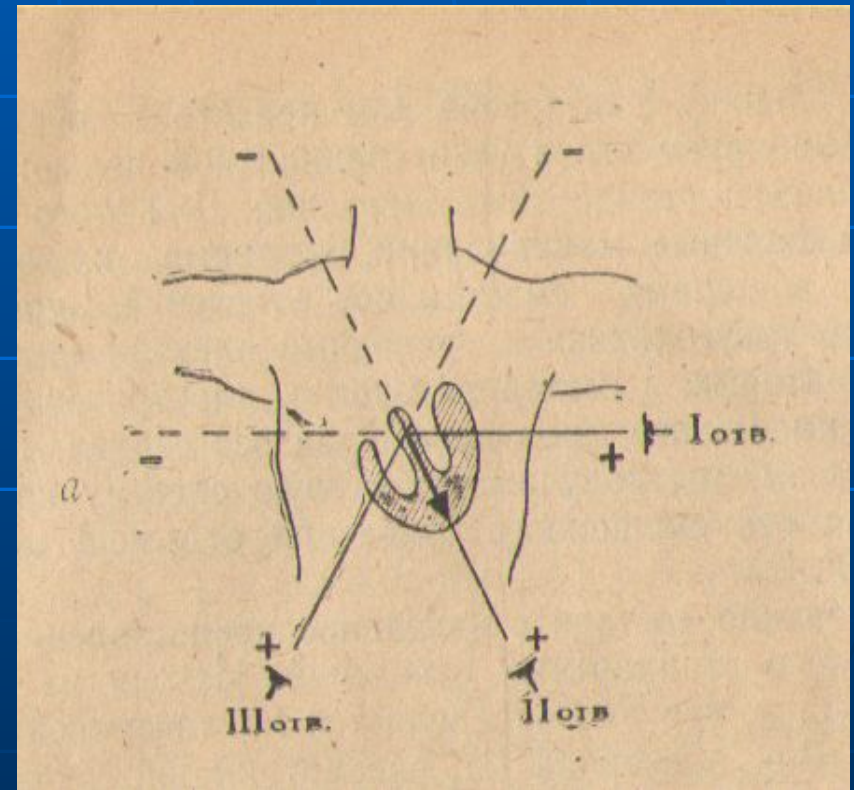


Треугольник Эйнтховена



Стандартные отведения и их информативность

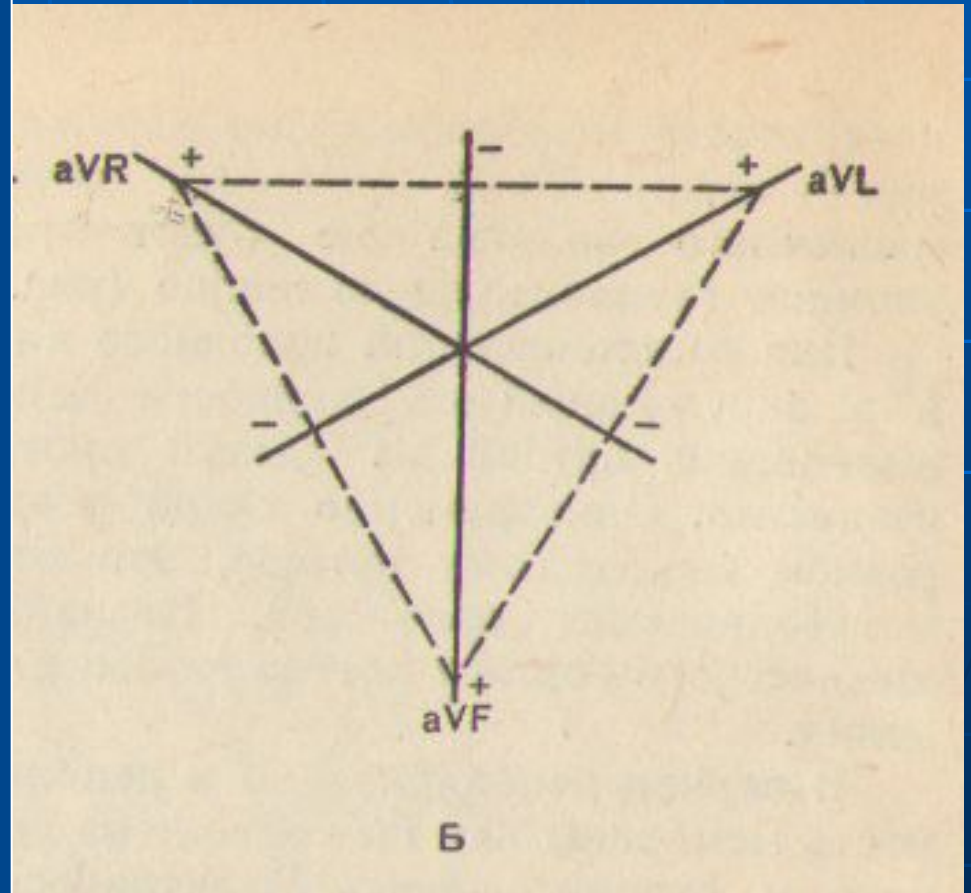
- I отведение регистрирует биопотенциалы боковой стенки левого желудочка
- II отведение контролирует весь миокард (по длиннику)
- III отведение улавливает потенциалы
 - правого желудочка
 - задне-диафрагмальных (нижних) отделов левого желудочка



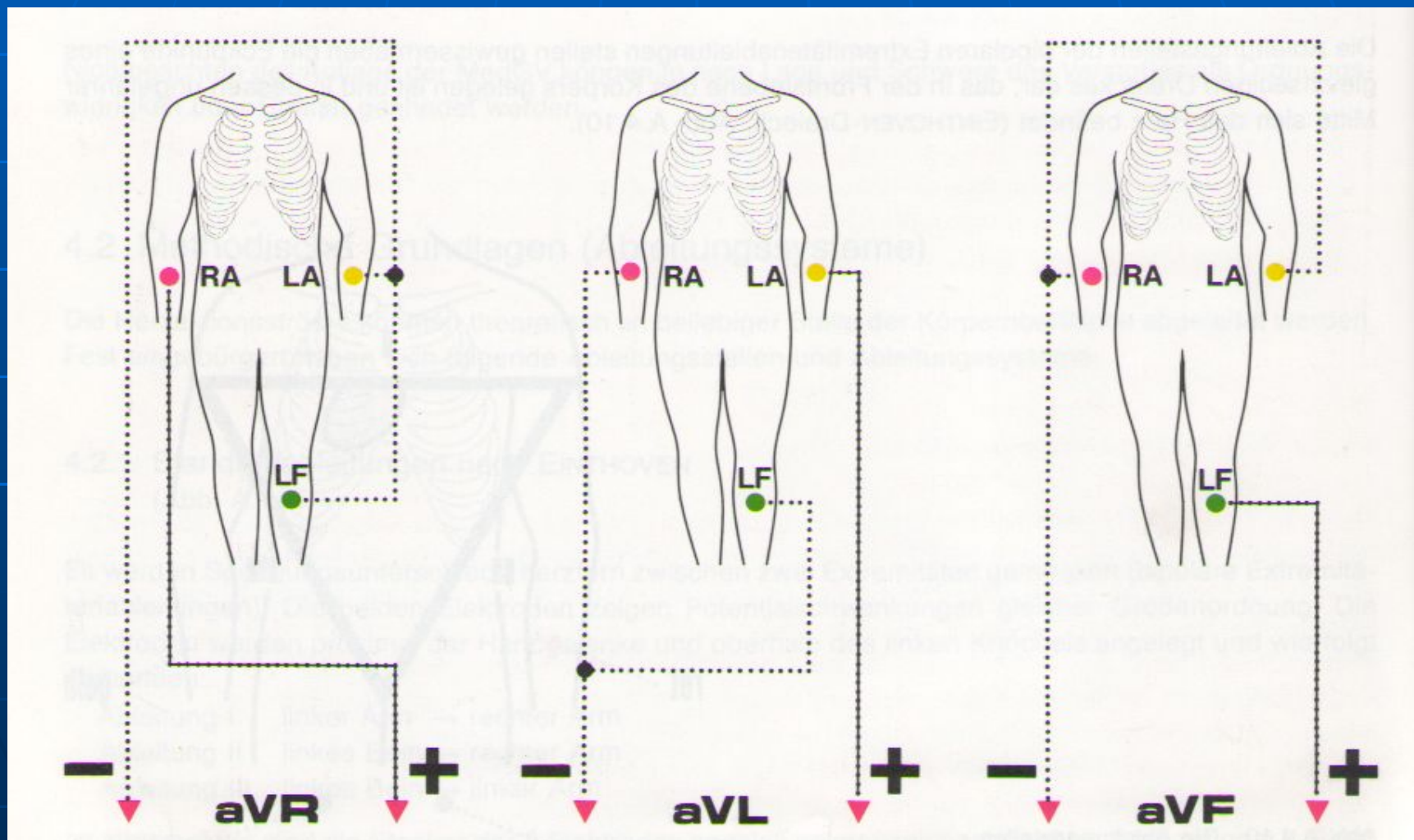
Усиленные однополюсные отведения от конечностей (Goldberger, 1942)

- aVR – от правой руки (R – right)
- aVL – от левой руки (L – left)
- aVF – от левой ноги (F – foot)

a – augmented – усиленный
V – обозначение напряжения



Усиленные однополюсные отведения

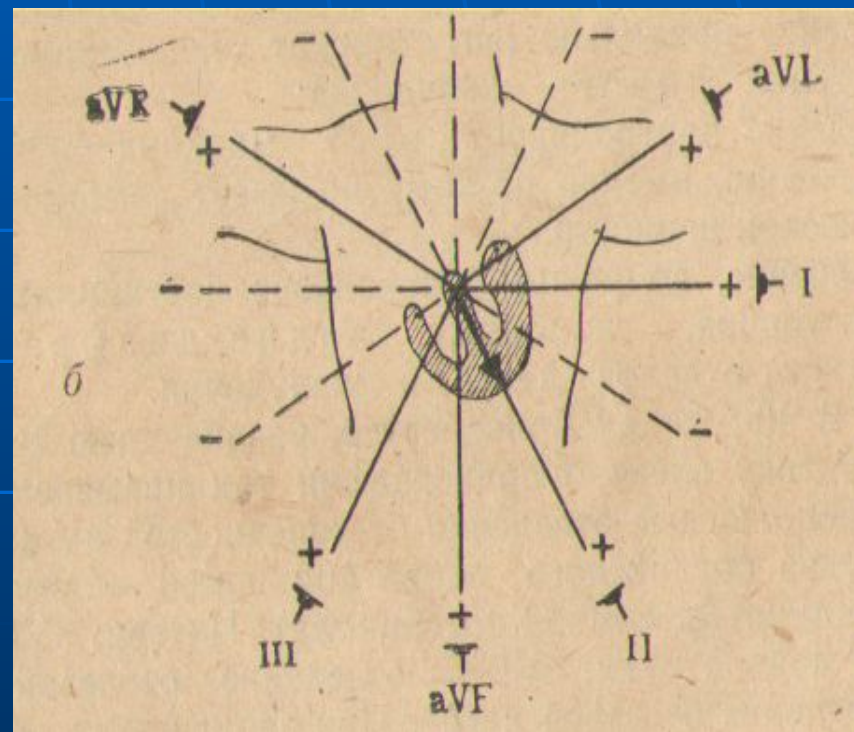


Усиленные однополюсные отведения и их информативность

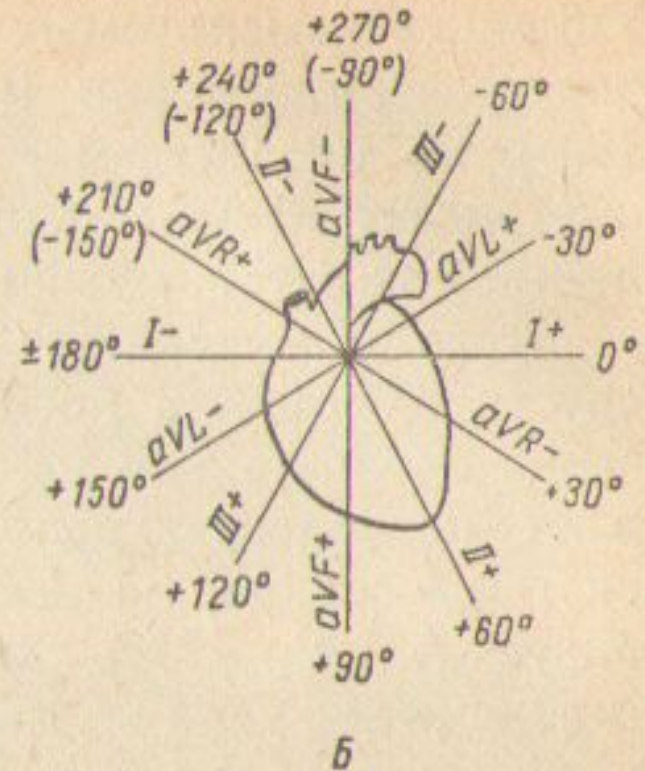
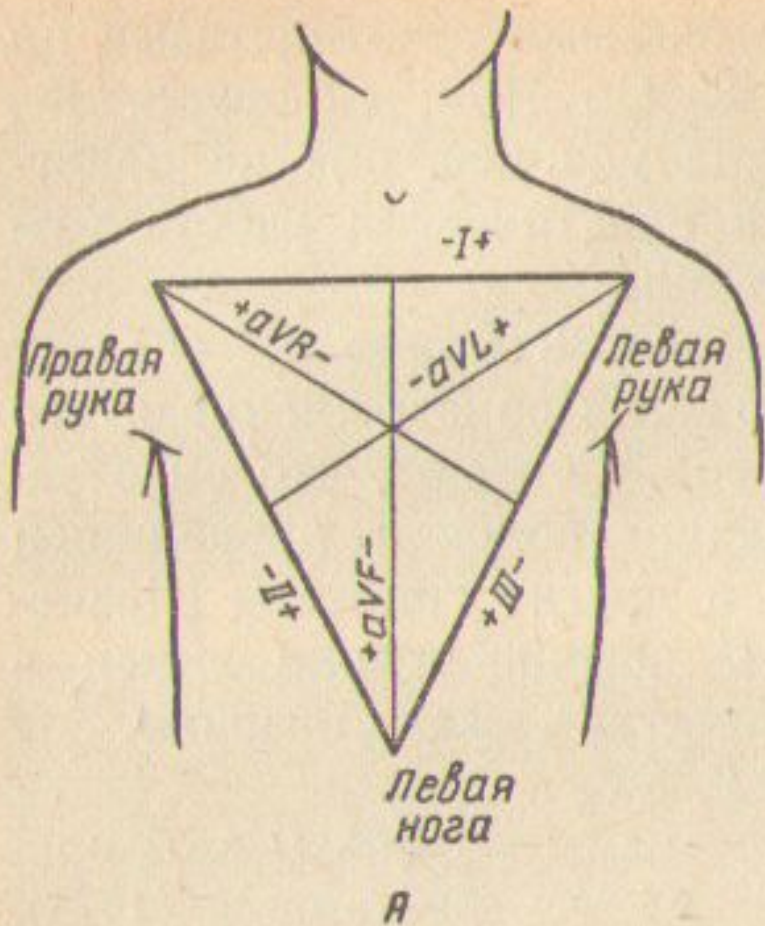
aVL – отражает биоэлектрическую активность высоких отделов боковой стенки левого желудочка

aVF – улавливает биопотенциалы правого желудочка и задне-диафрагмальных (нижних) отделов левого желудочка (как и III отведение)

aVR – самостоятельной диагностической ценности не имеет



Отведения от конечностей



Однополюсные грудные отведения (F. Wilson)

Локализация электродов

V_1 – у правого края грудины в IV межреберье

V_2 – у левого края грудины в IV межреберье

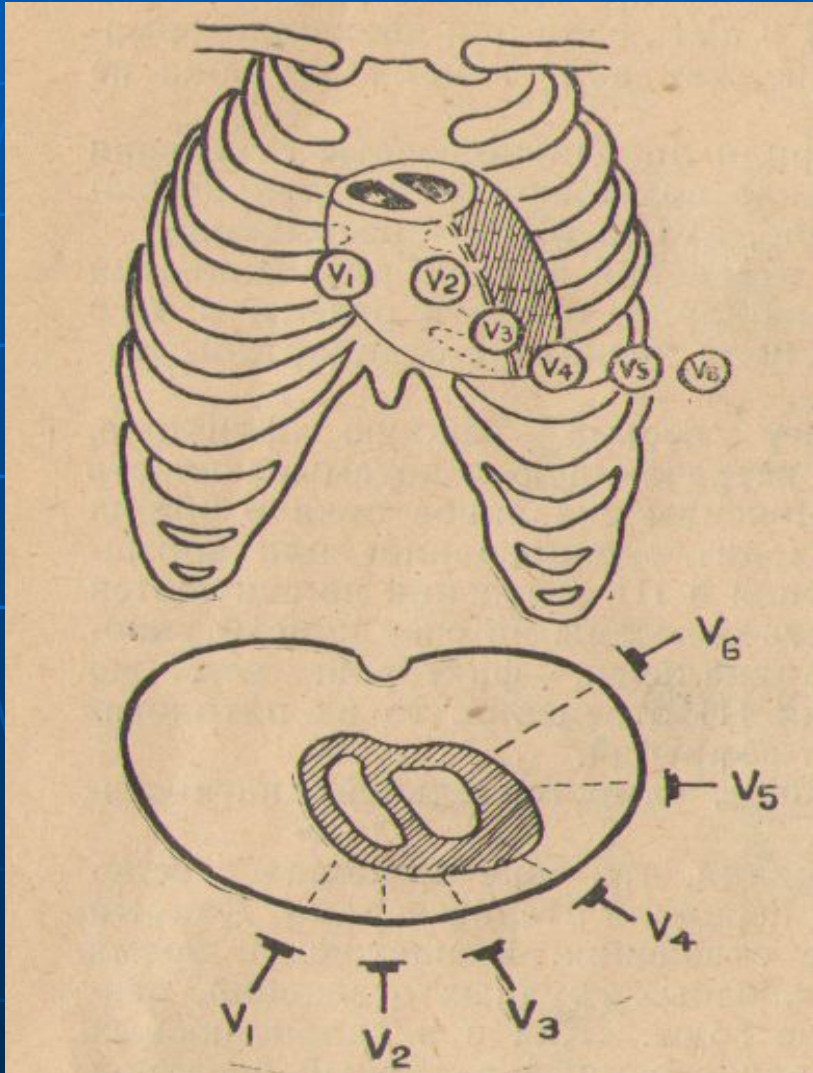
V_3 – между электродами V_2 и V_4

V_4 – по левой срединно-ключичной линии в V межреберье

V_5 – по передней аксиллярной линии на уровне электрода V_4

V_6 – по средней аксиллярной линии на уровне электродов V_4 и V_5

Однополюсные грудные отведения: локализация и информативность



V1 – V2 – правый
желудочек

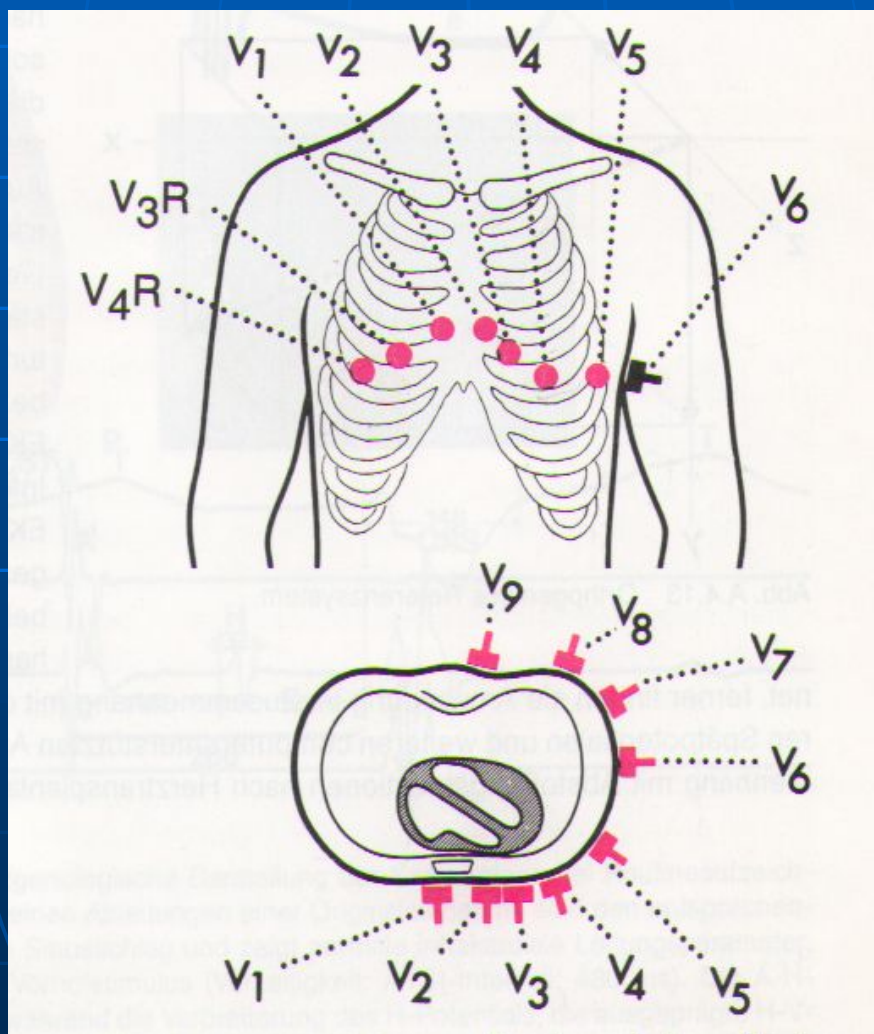
V3 – межжелудочковая
перегородка

V4 – верхушка сердца

V5 – передне-боковая
стенка левого желудочка

V6 – боковая стенка
левого желудочка

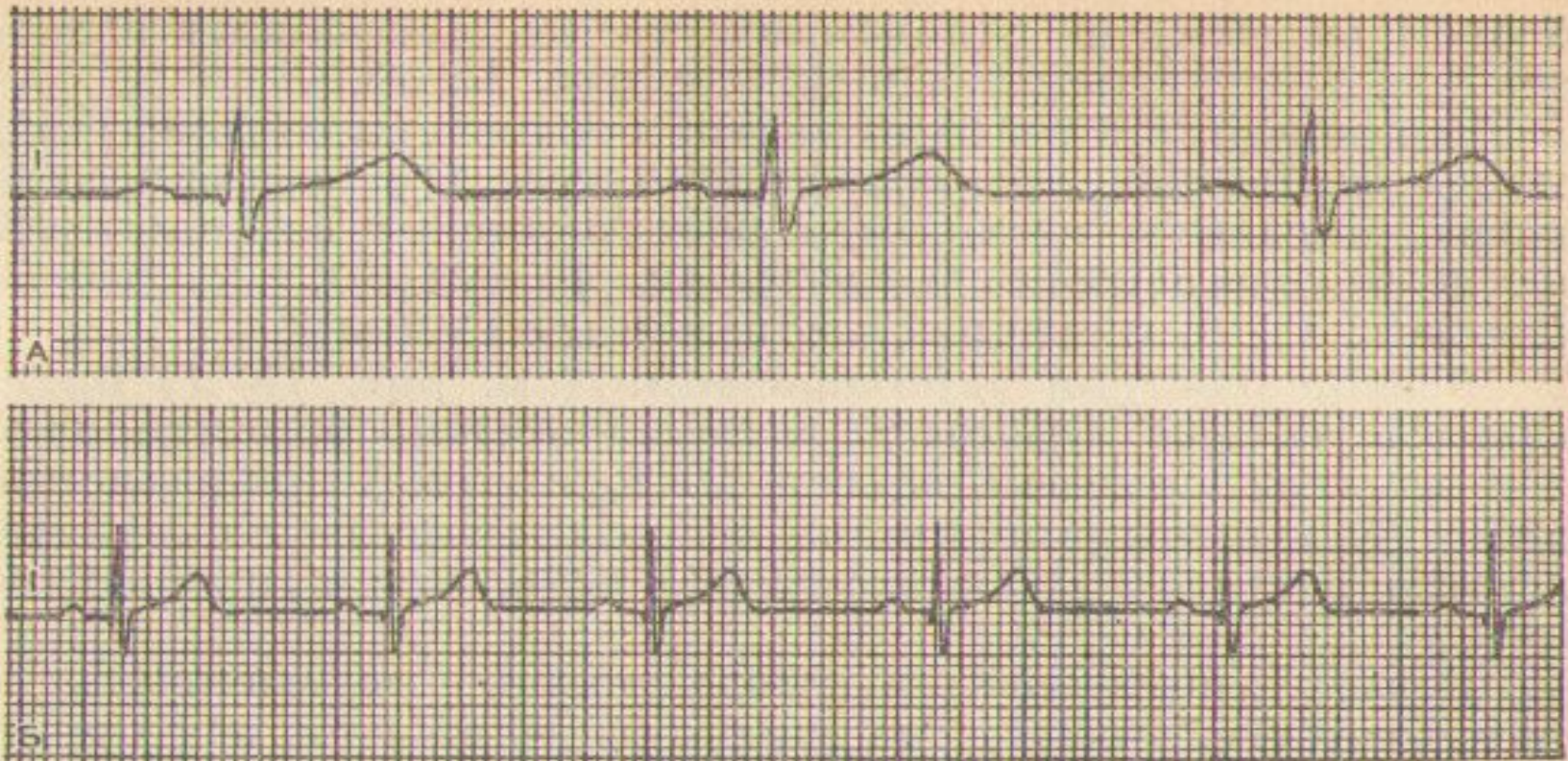
Однополюсные грудные отведения: локализация и информативность



Что надо знать для измерения амплитуды и ширины зубцов ЭКГ

- $1 \text{ мВ} = 10 \text{ мм}$
- Скорость лентопротяжного механизма 50 мм/с :
 $1 \text{ мм} = 0,02 \text{ сек}$; $5 \text{ мм} = 0,1 \text{ сек}$
- $1 \text{ мВ} = 5 \text{ мм}$
- Скорость лентопротяжного механизма 25 мм/с :
 $1 \text{ мм} = 0,04 \text{ сек}$; $5 \text{ мм} = 0,2 \text{ сек}$

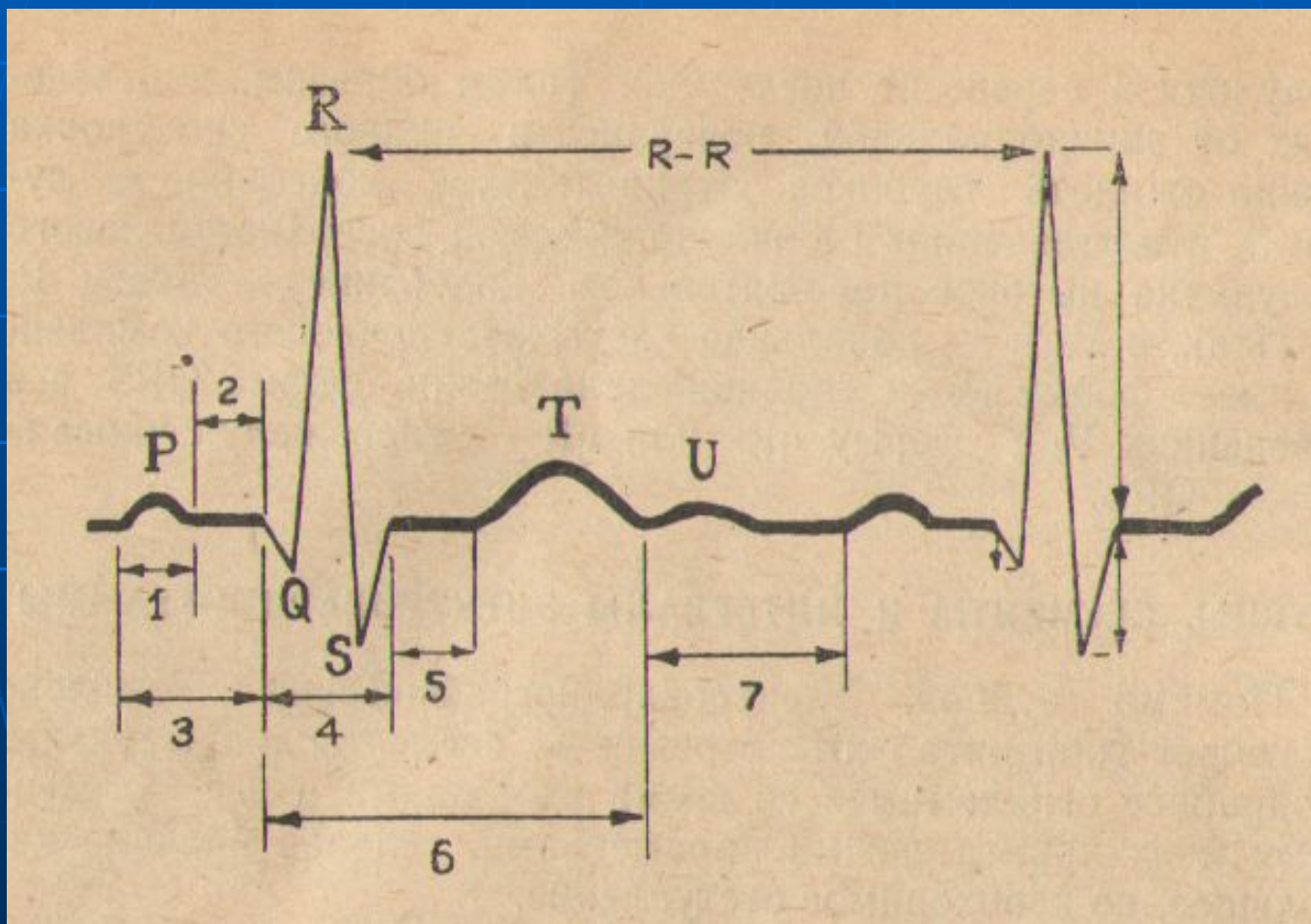
Скорость движения ленты



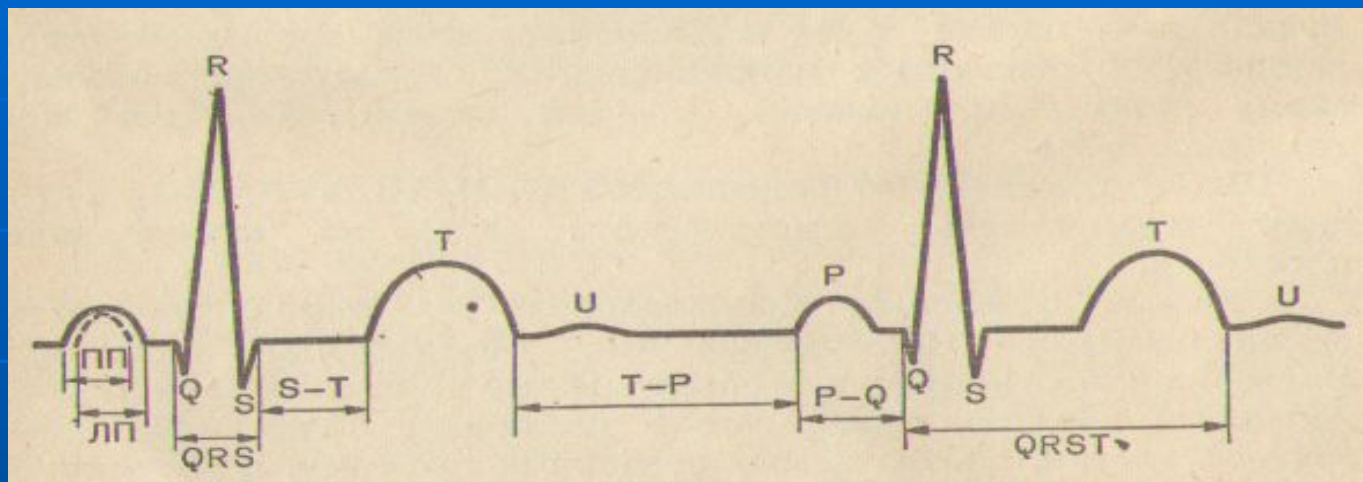
ЭКГ при разной скорости движения ленты.

А — 50 мм / с; Б — 25 мм / с.

Нормальная ЭКГ

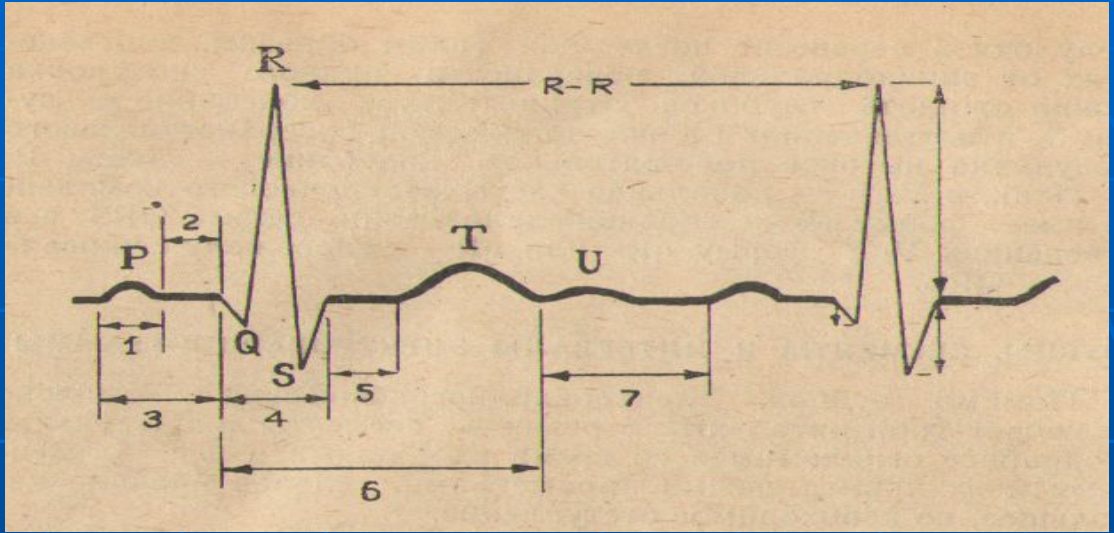


Зубец Р



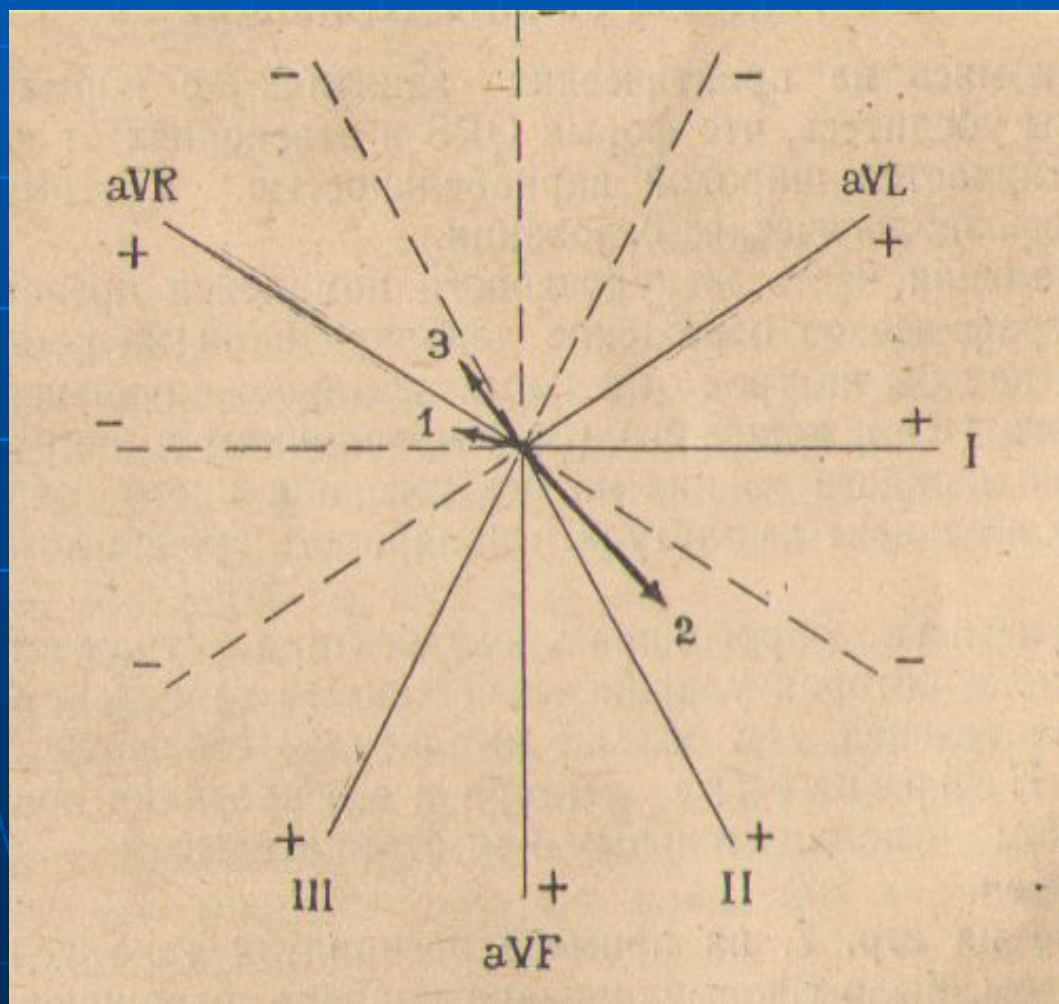
- Деполяризация предсердий (ПП – восходящая часть, ЛП – нисходящая часть)
- Продолжительность 0,1 с
- Высота 0,25 – 2,5 мм (максимальна во II отв.)
- В большинстве отведений положителен (кроме aVR, где всегда отрицателен).
- Может быть отрицательным в III (при горизонтальном положении э.о.с. и отклонении ее влево), а также в aVL и aVF (при вертикальном положении э.о.с. и отклонении ее вправо). Отрицательный или двухфазный ($\pm$) зубец Р регистрируется у здоровых в V1 (реже в V2)

Интервал PQ (PR)



- Интервал PQ состоит из зубца Р и сегмента PQ (PR)
- Сегмент PQ находится на изолинии
- Интервал PQ = 0,12 – 0,20 с
- Удлинение интервала PQ может происходить за счет зубца Р (при нарушении внутрипредсердной проводимости) и сегмента PQ (при атриовентрикулярной блокаде)
- Укорочение интервала PQ за счет сегмента – при синдроме Вольфа-Паркинсона-Уайта

Генез зубцов Q, R и S



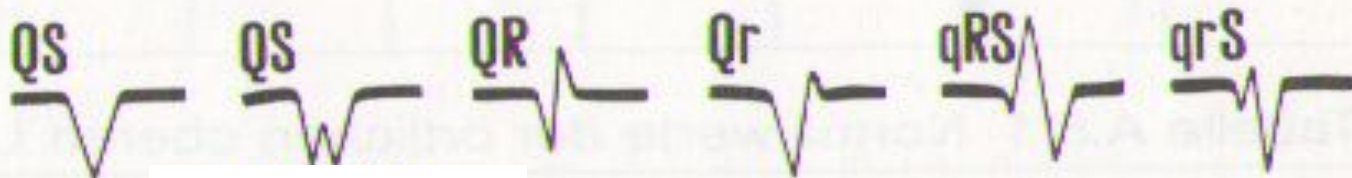
Зубец Q

- Первый отрицательный зубец желудочкового комплекса
- Деполяризация межжелудочковой перегородки
- В норме величина зубца Q не превышает 25% следующего за ним зубца R, а продолжительность его не более 0,03 с в отведениях от конечностей и 0,025 с в грудных отведениях
- Патологический зубец Q - признак свежего или перенесенного инфаркта миокарда!
- *NB!* Исключение составляет III отведение: при горизонтальном положении сердца и высоком стоянии диафрагмы зубец Q может достигать 50% от R (но не должен быть шире 0,03 с). Проверка - по отведению aVF и при записи III отведения на вдохе

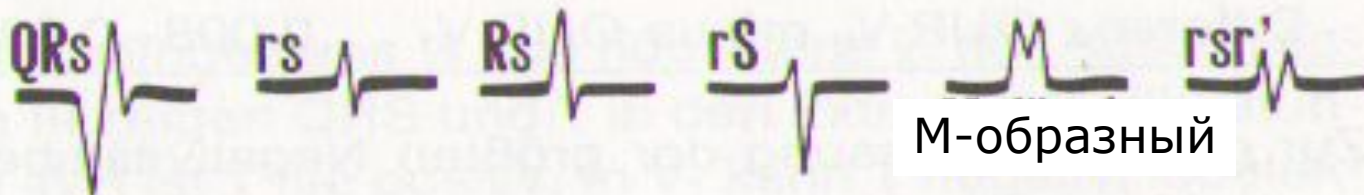
Зубцы R и S

- Деполяризация стенок желудочков
- R всегда направлен вверх, S - только вниз и следует за R
- Зубцы > 2 мм обозначаются заглавными буквами R и S
- Зубцы < 2 мм обозначаются строчными буквами r и s

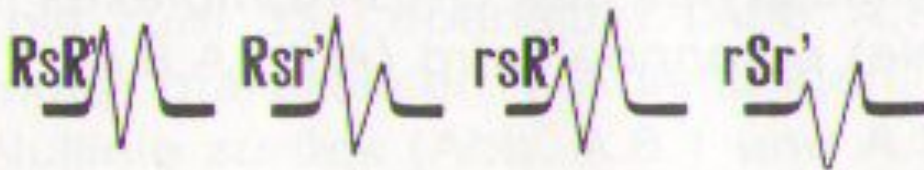
Форма желудочкового комплекса



зазубренный



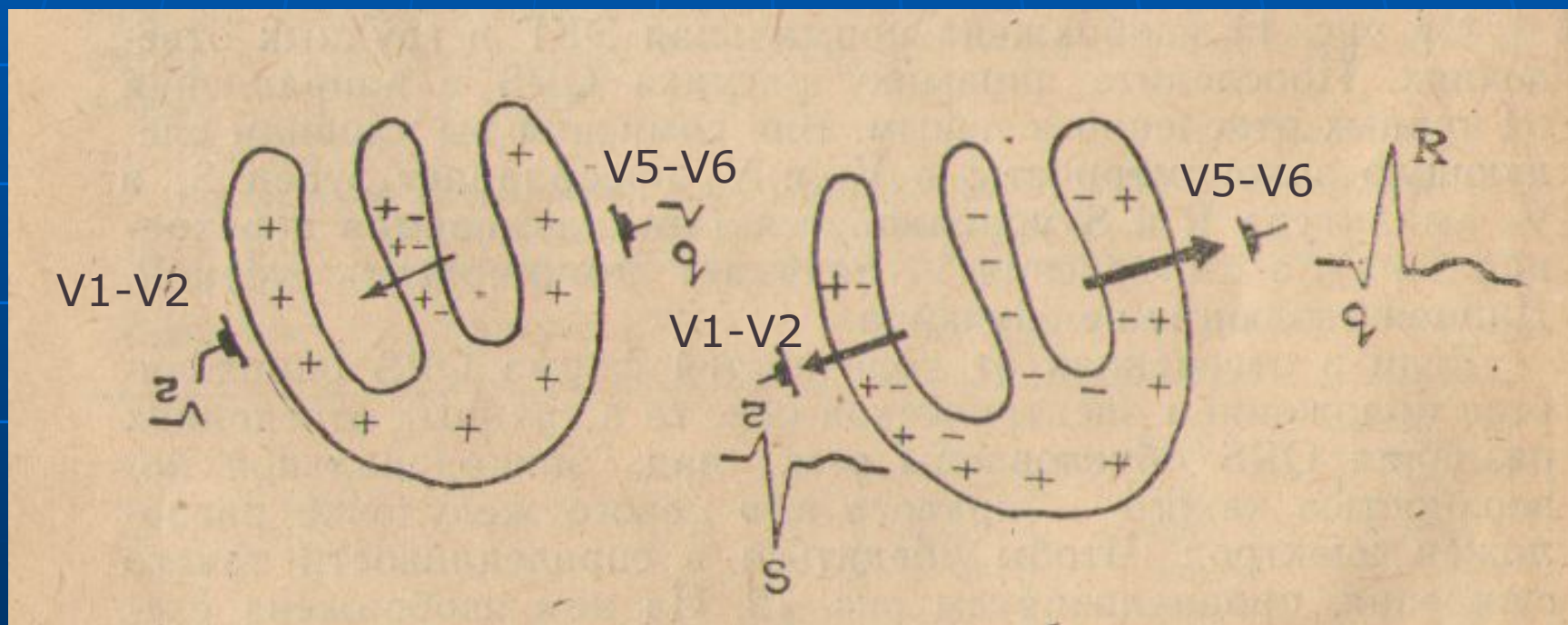
М-образный



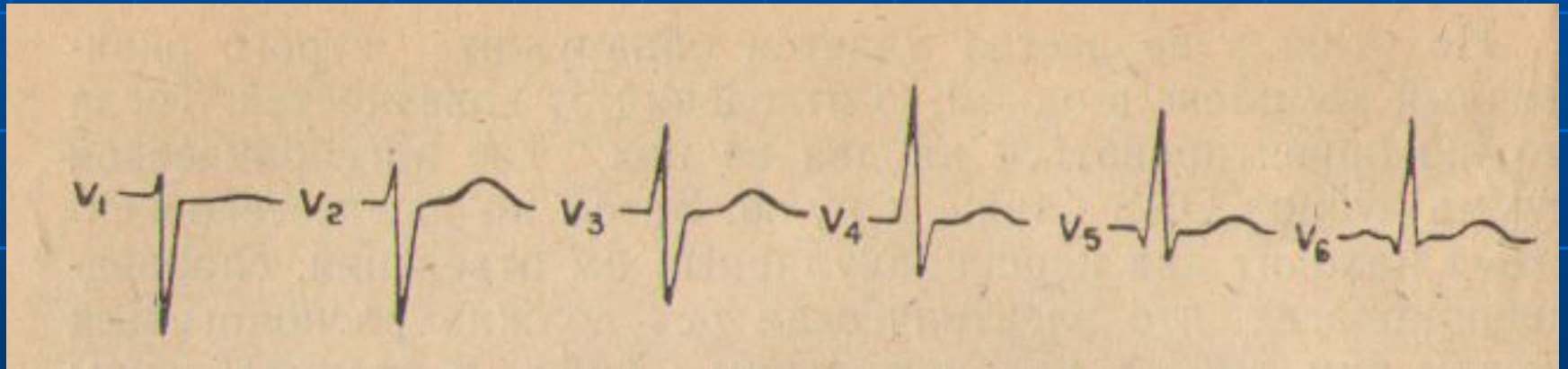
Зубцы R и S

- В отведениях от конечностей соотношение этих зубцов связано с положением электрической оси сердца
- В грудных отведениях форма желудочкового комплекса зависит от того, над каким желудочком находится электрод (над правым или левым)

Формирование комплекса QRS в грудных отведениях



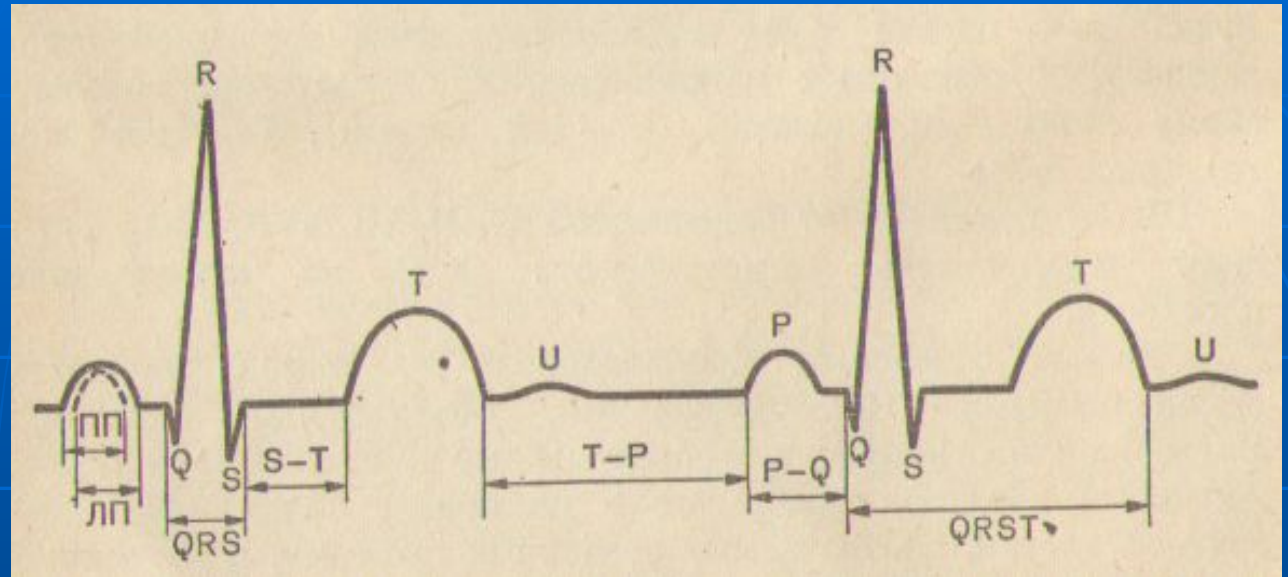
Форма желудочкового комплекса в грудных отведениях в норме



Продолжительность QRS

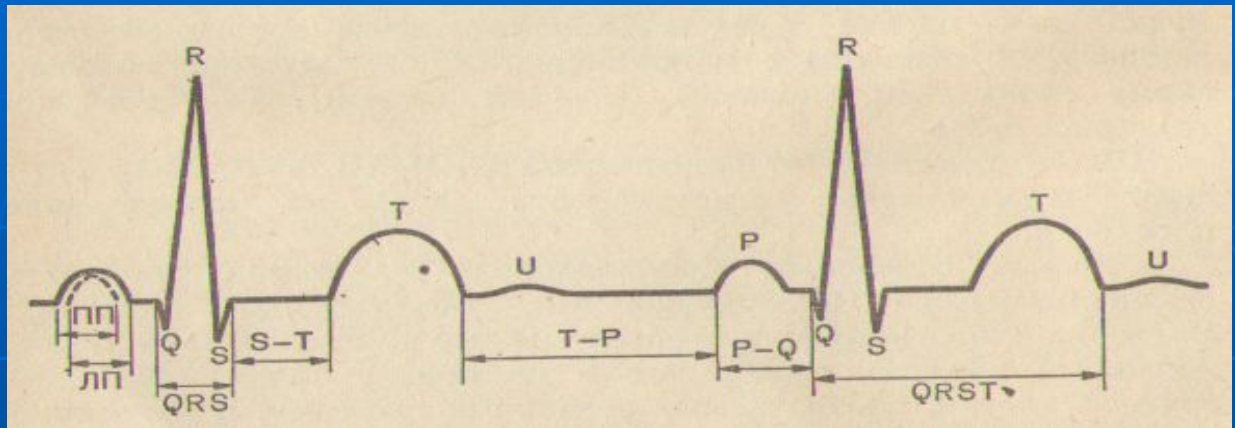
- В норме продолжительность QRS составляет 0,06 – 0,1 с
- Внутреннее отклонение желудочков – отрезок времени от начала R до его вершины (при расщепленном R – до второй вершины)
- Время внутреннего отклонения правого желудочка в отведениях V1-V2 не более 0,03 с
- Время внутреннего отклонения левого желудочка в отведениях V4-V5-V6 не более 0,05 с

Сегмент S-T



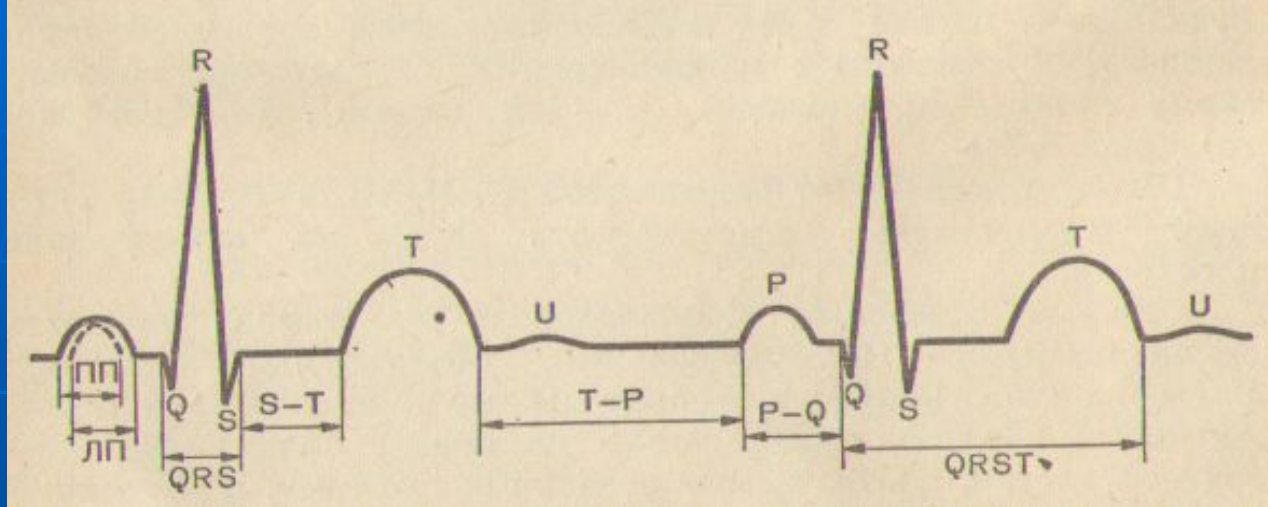
- Медленная реполяризация желудочков
- **Расположен на изоэлектрической линии**
(допускается отклонение его книзу на 0,5 мм (0,05 мВ) и кверху на 1 мм (0,1 мВ) в стандартных отведениях. В V1-V3 он может быть приподнят до 2 мм, а в V5-V6 приспущен до 0,5 – 1 мм)
- **Смещение сегмента S-T вверх или вниз от изолинии – патологический признак!**

Зубец Т



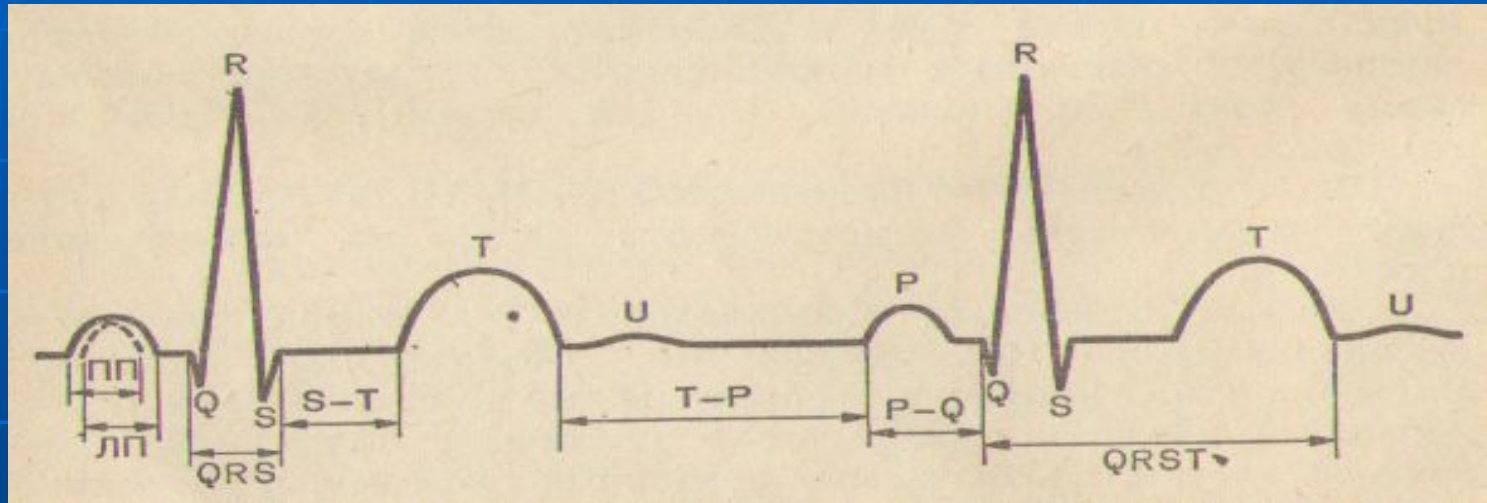
- Быстрая реполяризация желудочков
- В большинстве отведений положителен (кроме aVR, где он в норме отрицателен)
В III отведении может быть отрицательным (например, при высоком стоянии диафрагмы) – сопоставляем с aVF!
В V1, реже в V2, может быть отрицательным, изоэлектрическим, двухфазным ($\pm$) у здоровых
- Амплитуда зубца Т колеблется (в отведениях от конечностей от 1,5 до 7 мм, в грудных отведениях до 15 – 18 мм)
- Амплитуда зубца Т составляет от $1/8$ до $2/3$ соответствующего R
- Зубец Т – самый изменчивый при поражении миокарда: «Болезней много, а зубец Т – один»

Зубец U



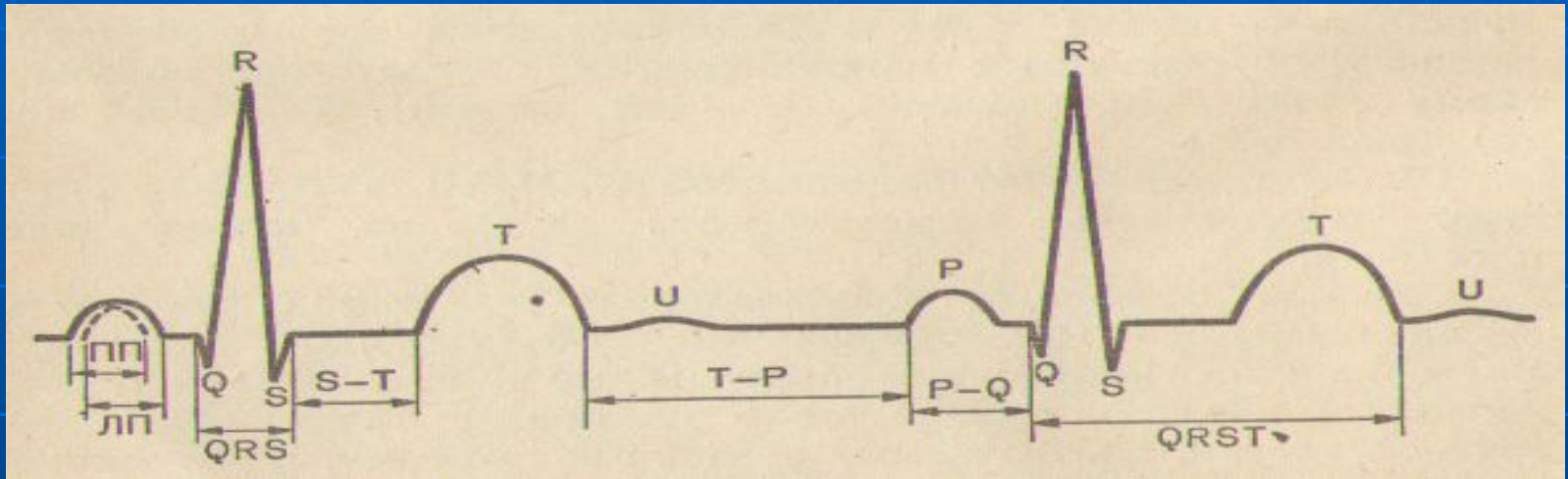
- Пологая положительная дуга через 0,02 – 0,04 с после окончания Т
- Происхождение окончательно не выяснено. Возможно, реполяризация папиллярных мышц
- Встречается примерно у половины здоровых людей (лучше виден в грудных отведениях – в V3)
- Положительная дуга U более выражена при гипокалиемии и брадикардии, а также при пролапсе митрального клапана
- Отрицательный зубец U в левых грудных отведениях может наблюдаться при ишемии миокарда, а также при гипертрофии левого желудочка

Сегмент Т-Р



- Измеряется от конца Т до начала Р
- Период электрической диастолы
- Принимается за уровень изолинии
- Продолжительность Т-Р тесно коррелирует с частотой сердечных сокращений (при тахикардии длительность Т-Р сокращается, а при брадикардии - увеличивается)

Интервал R-R



- Расстояние между соседними кардиоциклами
- При регулярном синусовом ритме интервалы R-R разнятся между собой не более, чем на 0,1 с
- ЧСС = $\frac{60}{R-R \text{ (с)}}$

Комплекс QRST (Q-T)

- Электрическая систола желудочков
- Длительность $Q-T = K \times \sqrt{R-R}$,
где K – эмпирическая константа, равная для мужчин 0,38, для женщин 0,4
- Удлинение или укорочение Q-T на 10% (0,04 с) указывает на функциональную несостоятельность миокарда (напр., при интоксикации сердечными гликозидами)

Систолический показатель

- Систолический показатель =
$$\frac{Q-T \times 100\%}{R-R}$$
- Фактические величины не должны отличаться от должных более, чем на $\pm 5\%$