

**Электрическое поле
сердца. НОРМАЛЬНАЯ
ЭКГ**

- **Электрический диполь** - система из двух равных по величине, но противоположных по знаку точечных электрических зарядов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга.
- Расстояние между зарядами называется *плечом диполя*.
- Основной характеристикой диполя является векторная величина, называемая *электрическим моментом диполя (P)*.

Электрический момент диполя – вектор, направленный от «–» к «+» и численно равный произведению положительного заряда на плечо диполя:

$$P = q \cdot l. \quad (13.1)$$

Теория отведений Эйнтховена

- Сердце человека - мощная мышца. При синхронном возбуждении множества волокон сердечной мышцы в среде, окружающей сердце, течет ток, который даже на поверхности тела создает разности потенциалов порядка нескольких мВ. Эта разность потенциалов регистрируется при записи электрокардиограммы.
- Моделировать электрическую активность сердца можно с использованием дипольного эквивалентного электрического генератора.
- Дипольное представление о сердце лежит в основе *теории отведений Эйнтховена*, согласно которой:
- **сердце есть токовый диполь с дипольным моментом P_c , который поворачивается, изменяет свое положение и точку приложения за время сердечного цикла.**

- В биологической литературе вместо термина «дипольный момент сердца» обычно используются термины «вектор электродвижущей силы сердца», «электрический вектор сердца».)
- По Эйнтховену, сердце располагается в центре равностороннего треугольника, вершинами которого являются: правая рука - левая рука - левая нога. (Вершины треугольника равноудалены как друг
- от друга, так и от центра треугольника.) Поэтому разности потенциалов, снятые между этими точками, суть проекции дипольного момента сердца на стороны этого треугольника. Пары точек, между которыми измеряются разности биопотенциалов, со времен Эйнтховена в физиологии принято называть «отведениями».
- Таким образом, теория Эйнтховена устанавливает связь между разностью биопотенциалов сердца и разностями потенциалов, регистрируемых в соответствующих отведениях.

Три стандартных отведения

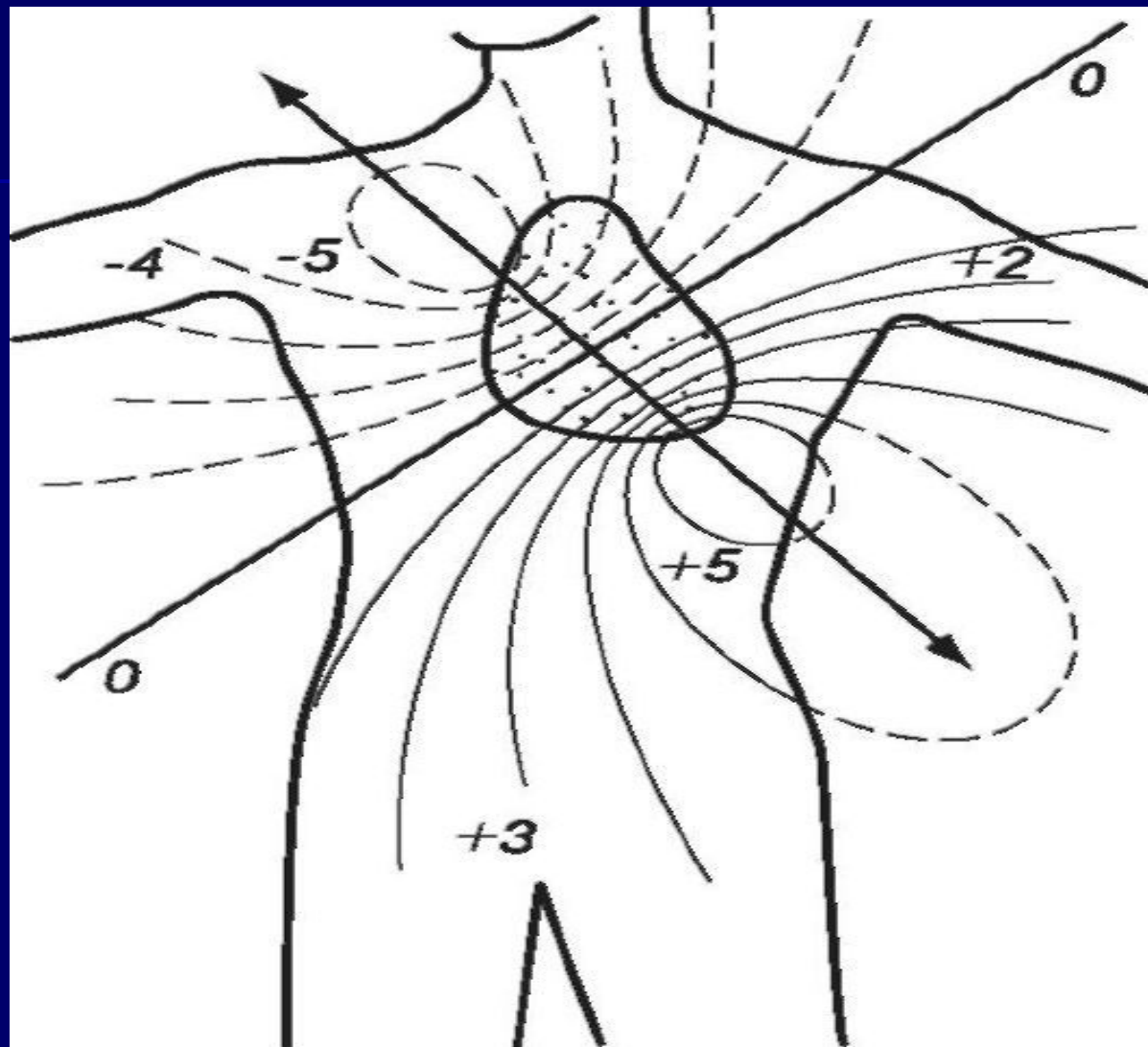
- На рисунке 13.9 представлены три стандартных отведения.
- Отведение I (правая рука - левая рука), отведение II (правая рука - левая нога), отведение III (левая рука - левая нога). Им соответствуют разности потенциалов U_I , U_{II} , U_{III} .
Направление вектора P_c определяет электрическую ось сердца. Линия электрической оси сердца при пересечении с направлением I-го отведения образует угол α . Величина этого угла определяет направление электрической оси сердца.
- Соотношения между разностью потенциалов на сторонах треугольника (отведениях) могут быть получены в соответствии с формулой (13.3) как соотношения проекций вектора P_c на стороны треугольника:

- Электрическое поле сердца на больших расстояниях от него подобно полю токового диполя; дипольный момент - интегральный электрический вектор сердца (суммарный электрический вектор возбужденных в данный момент клеток).
- Все ткани и органы, весь организм - однородная проводящая среда (с одинаковым удельным сопротивлением).
- Электрический вектор сердца изменяется по величине и направлению за время сердечного цикла, однако начало вектора остается неподвижным.
- Точки стандартных отведений образуют равносторонний треугольник (треугольник Эйнтховена), в центре которого находится сердце - токовый диполь. Проекции дипольного момента сердца - отведения Эйнтховена.

Поле диполя - сердца

- В каждый данный момент деятельности сердца его дипольный электрический генератор создает вокруг электрическое поле, которое распространяется по проводящим тканям тела и создает потенциалы в его различных точках. Если представить, что основание сердца заряжено отрицательно (имеет отрицательный потенциал), а верхушка положительно, то распределение эквипотенциальных линий вокруг сердца (и силовых линий поля) при максимальном значении дипольного момента P_c будет таким, как на рис. 13.10.

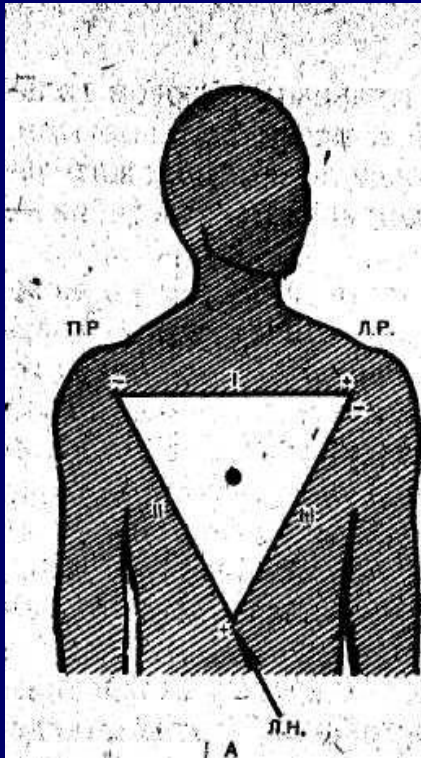
Потенциалы указаны в некоторых относительных единицах. Вследствие асимметричного положения сердца в грудной клетке его электрическое поле распространяется преимущественно в сторону правой руки и левой ноги, и наиболее высокая разность потенциалов может быть зафиксирована в том случае, если электроды разместить на правой руке и левой ноге.



ФУНКЦИИ ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ СЕРДЦА

- В *норме* водитель ритма - это *синусовый* узел.
- Автоматические *центры второго и третьего* порядка проявляют свою функцию только в *патологических условиях*.

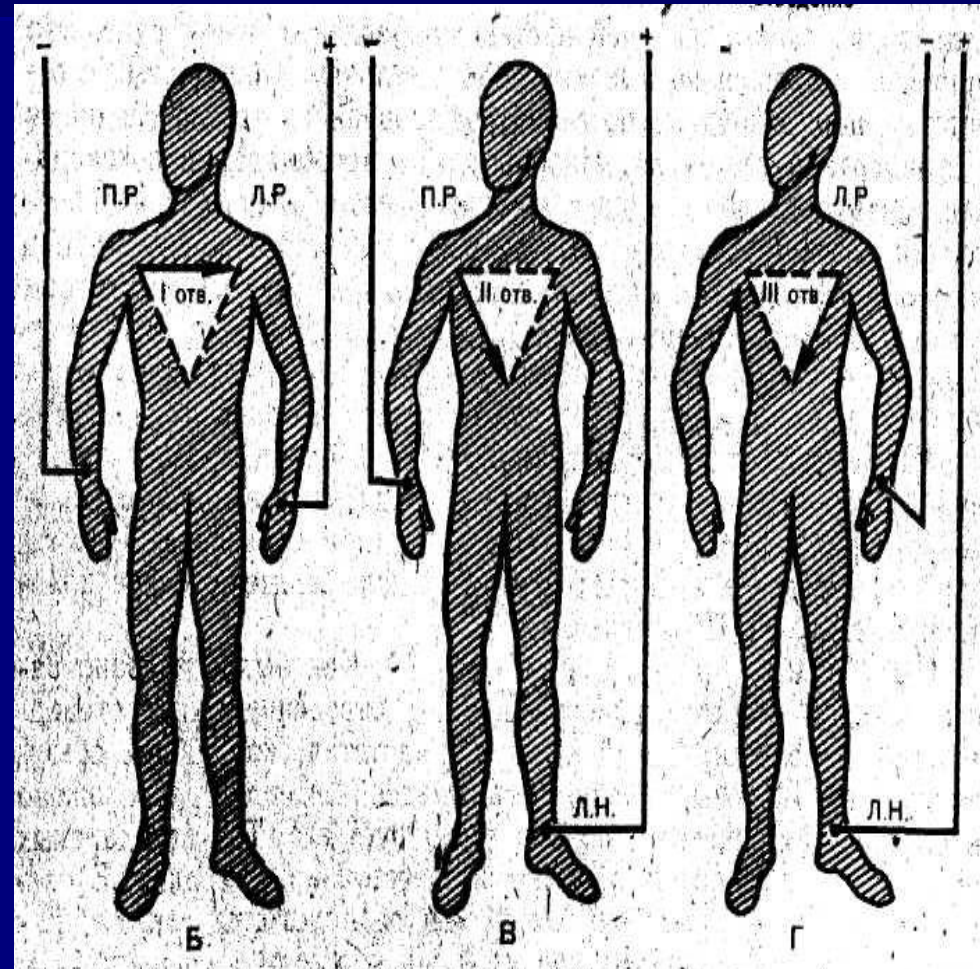
ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ОТВЕДЕНИЯ



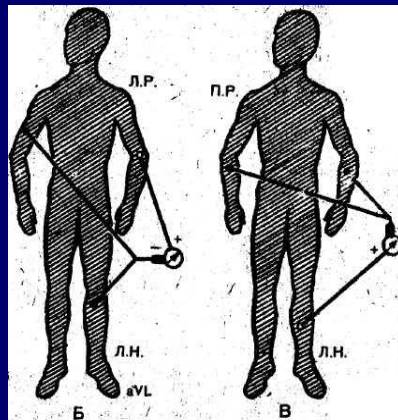
- **W. Einthoven** предложил для записи ЭКГ **3 стандартных (классических) отведения.** Стандартные отведения — это двухполюсные отведения, регистрирующие разность потенциалов между двумя точками тела.
- Стандартные отведения обозначаются цифрами **I, II, III.**

Отведения ЭКГ

- **I стандартное отведение:**
 - правая рука - левая рука;
- **II стандартное отведение:**
 - правая рука - левая нога;
- **III стандартное отведение:**
 - левая рука - левая нога.



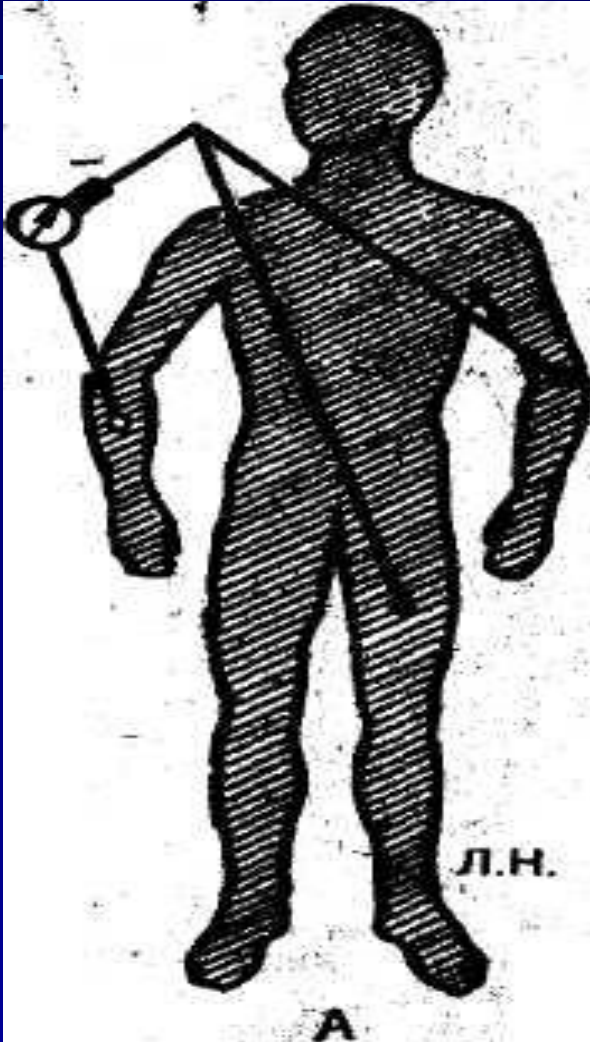
УСИЛЕННЫЕ ОТВЕДЕНИЯ ОТ КОНЕЧНОСТЕЙ



- Были предложены
- **E. Goldberger.**
- Это *однополюсные отведения*, в которых имеется индифферентный электрод, потенциал которого близок к нулю, и активный электрод.

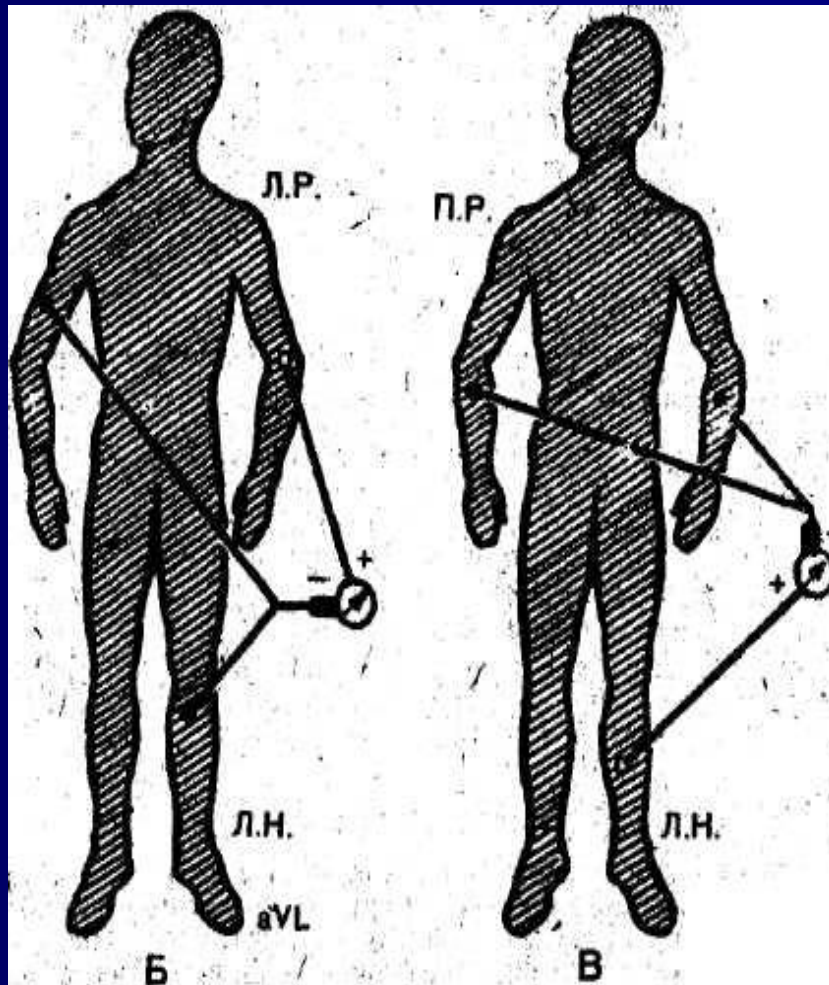
■

УСИЛЕННЫЕ ОТВЕДЕНИЯ ОТ КОНЕЧНОСТЕЙ



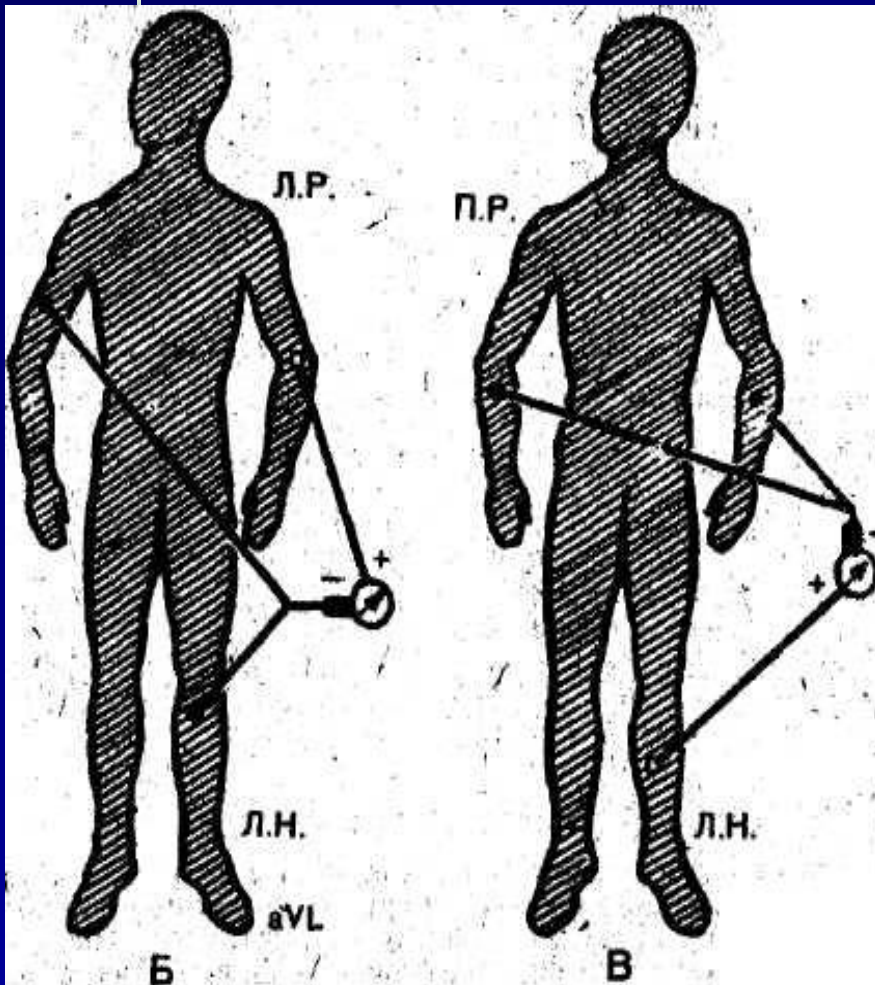
- **AVR**- усиленное отведение от правой руки.
- В качестве индифферентного электрода соединяют вместе левую руку и левую ногу.
- Активный электрод присоединяют к правой руке.

Усиленные отведения от конечностей



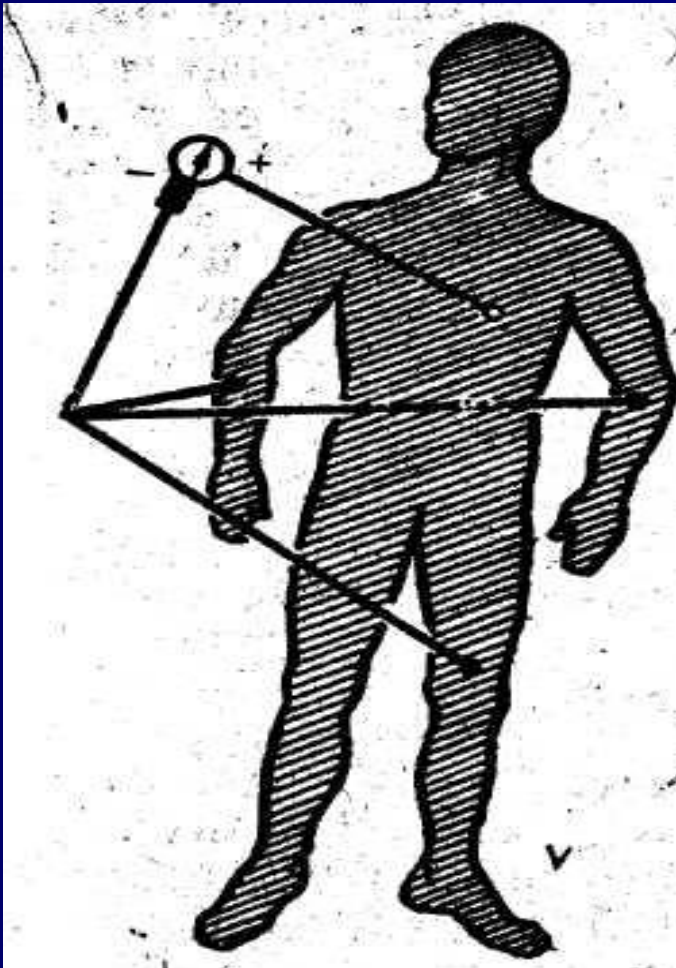
- **AVL**- усиленное отведение **от левой руки**. В качестве индифферентного электрода соединяют вместе правую руку и левую ногу.
- Активный электрод присоединяют к левой руке.

Усиленные отведения от конечностей



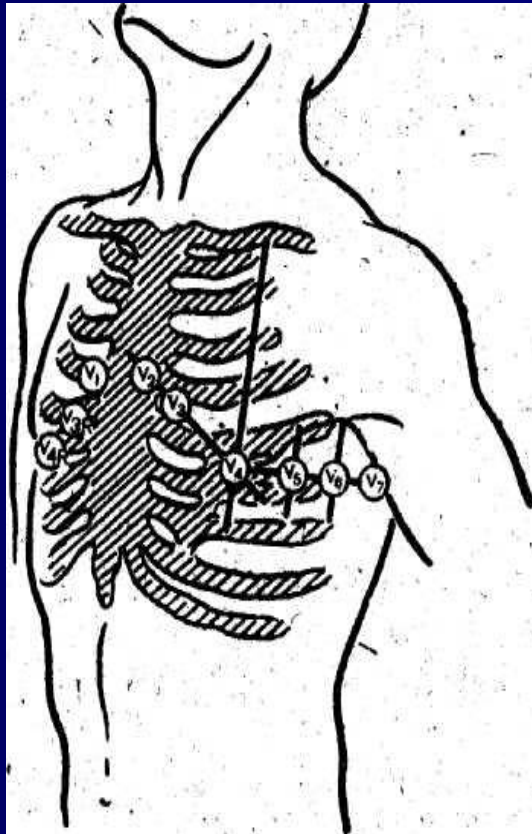
- **AVF** - усиленное отведение от левой ноги.
- В качестве индифферентного электрода соединяют вместе левую и правую руки. Активный электрод присоединяют к левой ноге.

ГРУДНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ



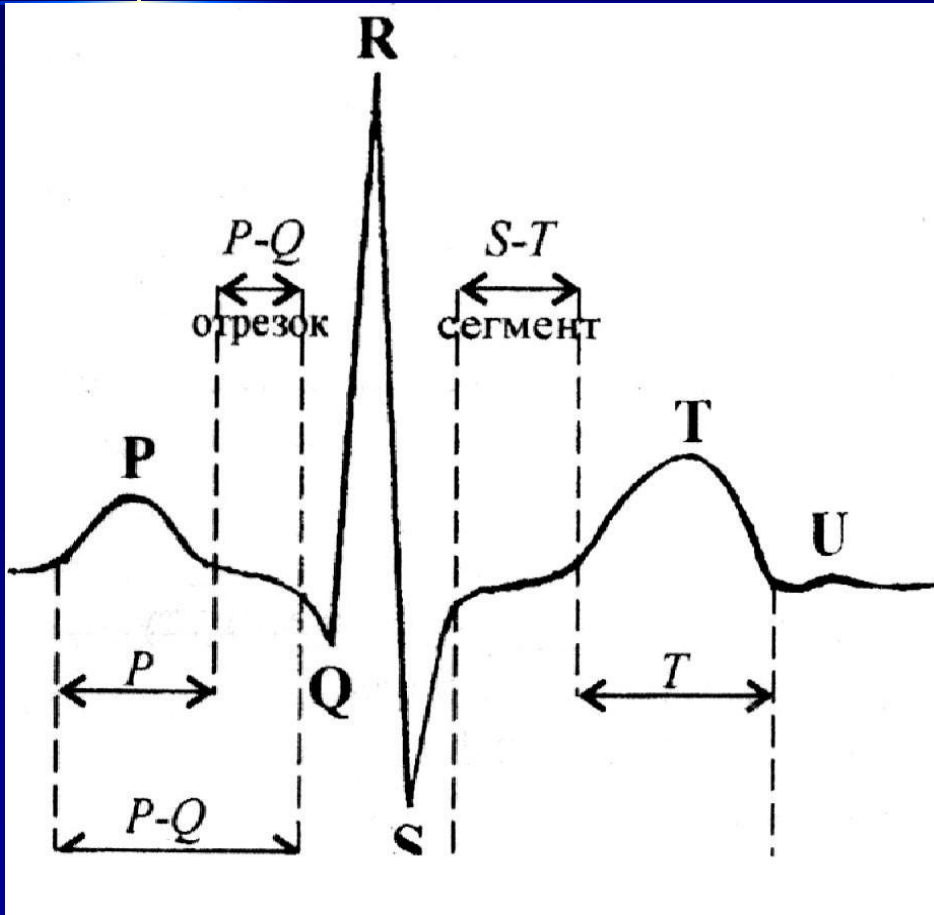
- Грудные отведения были предложены **F. Wilson**, однополюсные, **V**.
- Индифферентный электрод (правая, левая руки и левая нога). Активный электрод - различные точки грудной клетки.
- Регистрируют **6** грудных отведений
- (**V1 - V6**).

ГРУДНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ



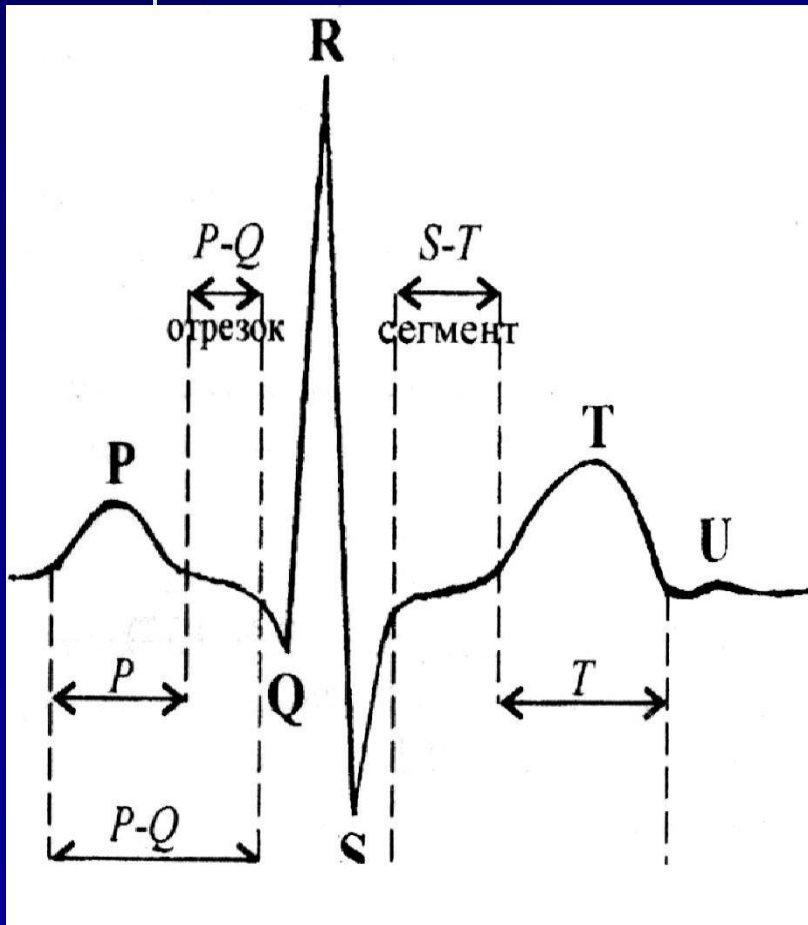
- **V1** — электрод в четвертом межреберье справа от грудины
- **V2** — четвертое межреберье слева от грудины
- **V3** — между электродами V2 и V4
- **V4** — пятое межреберье по среднеключичной линии
- **V5** — пятое межреберье по передней подмышечной линии
- **V6** — пятое межреберье по средней подмышечной линии

ЭКГ



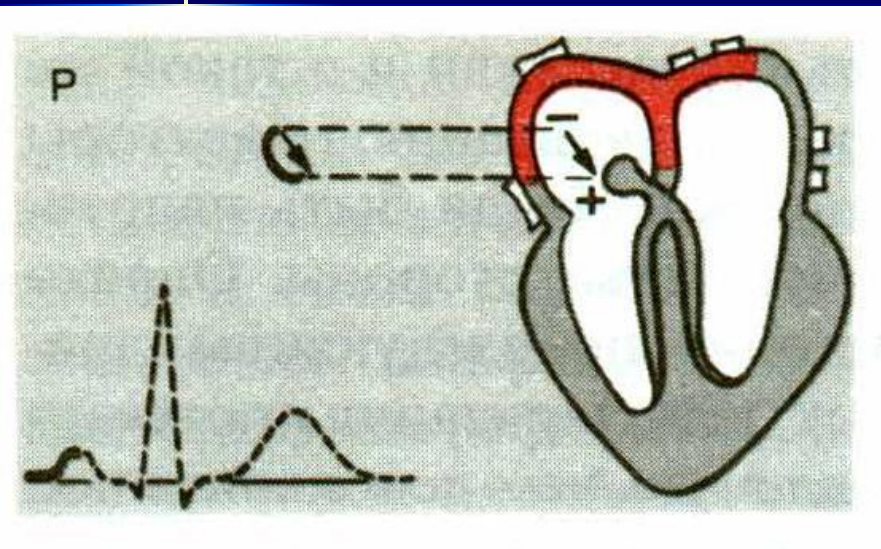
- **Зубцы:**
- **P R T U** положительные
- **Q и S** - отрицательные
- **Интервалы:** **P - Q**
- (от начала зубца P до начала зубца Q)
- **R - R**
- (от вершины зубца R одного комплекса до R другого)
- **T - P**
- (от конца зубца T до начала зубца P)
- **S - T**
- (от конца зубца S до начала зубца T).

ЭКГ



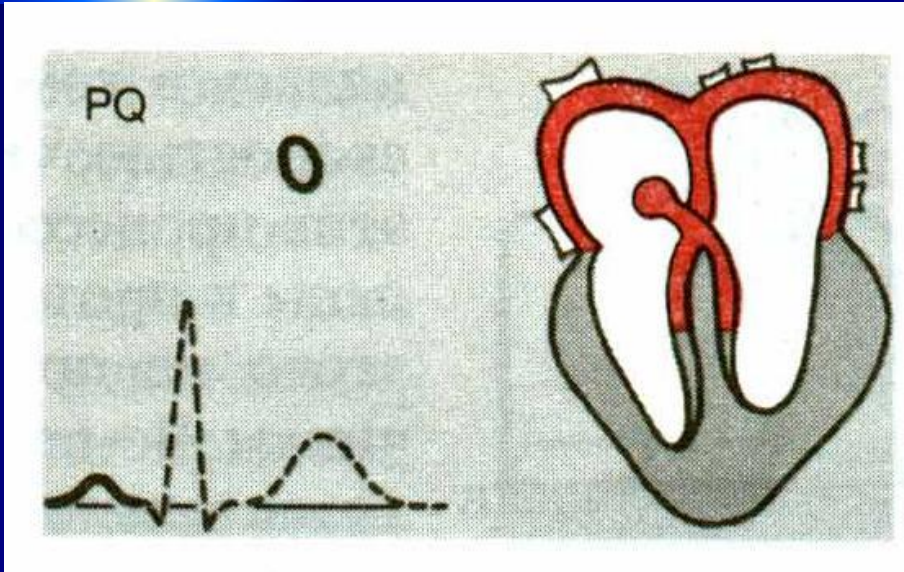
- **Длительность зубцов, комплексов и интервалов** -расстояние от начала зубца (комплекса, интервала) до его конца по количеству делений ленты, умноженное на цену деления (при скорости 50 мм в сек. одно деление соответствует 0,02 сек.).
- **Высота зубцов** (P, R, T) и **глубина** (Q и S) измеряются в миллиметрах и милливольтгах из расчета
- **1 мВ = 10 мм.**

Зубец Р



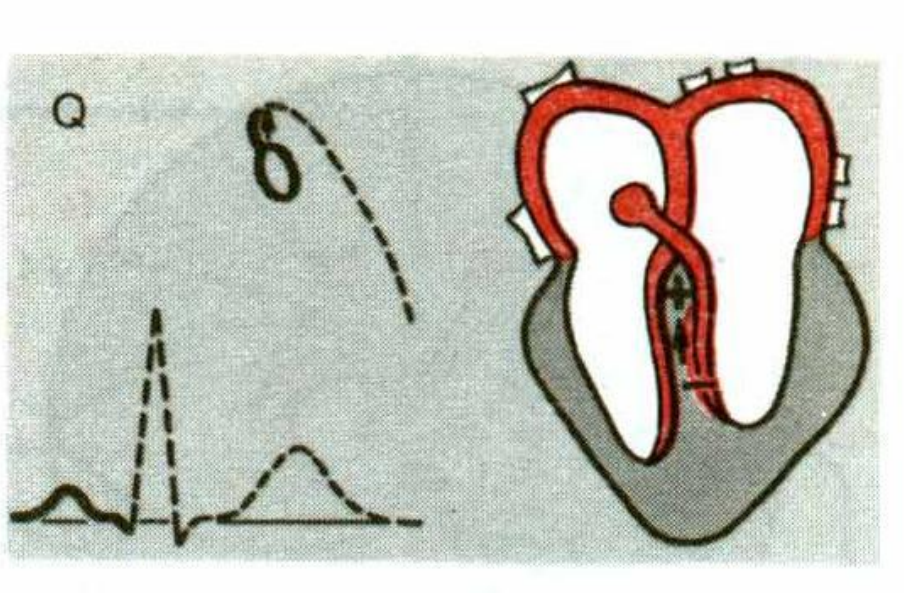
- **Зубец Р** возникает в результате **возбуждения предсердий**
- **Восходящий** отрезок зубца соответствует возбуждению **правого** предсердия, **нисходящий** - **левого**
- **Длительность Р**
- **0,06 - 0,1 сек.**
- **высота - 0,5 - 2,5 мм**

Интервал P-Q



- **Интервал P-Q**
- соответствует периоду от начала возбуждения предсердий до начала возбуждения желудочков
- **Продолжительность** интервала P-Q
- **0,12-0,2 сек**

Зубец Q



Зубец Q (возбуждение внутренней поверхности желудочков, МЖП, правой сосочковой мышцы, вершины желудочков, основания правого желудочка).

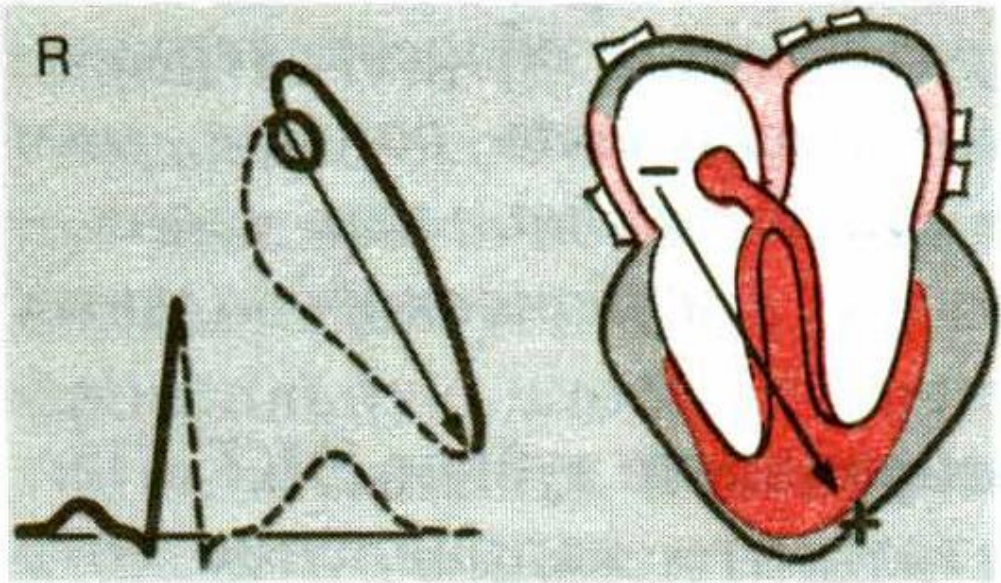
В норме может отсутствовать.

Не больше 1/4 высоты зубца R

В соответствующем отведении.

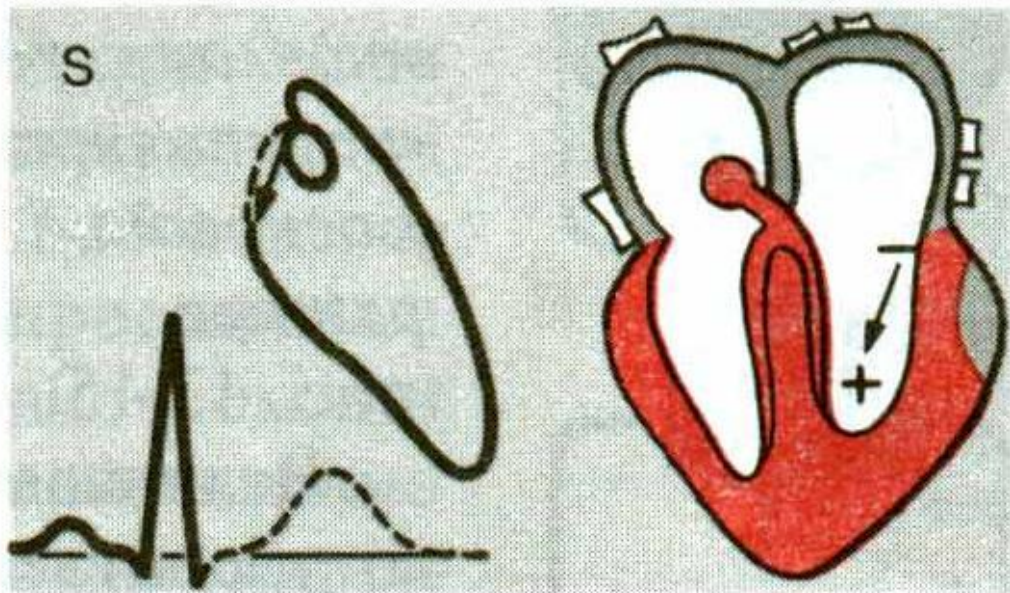
- **Длительность не более 0,03 сек.**

Зубец R



- **Зубец R** (возбуждение поверхности обоих желудочков).
- **Наибольшая амплитуда зубца R в V3, V4.**
- В V1, реже в V2 может отсутствовать.
- Амплитуда постепенно увеличивается в последующих отведениях.

Зубец S

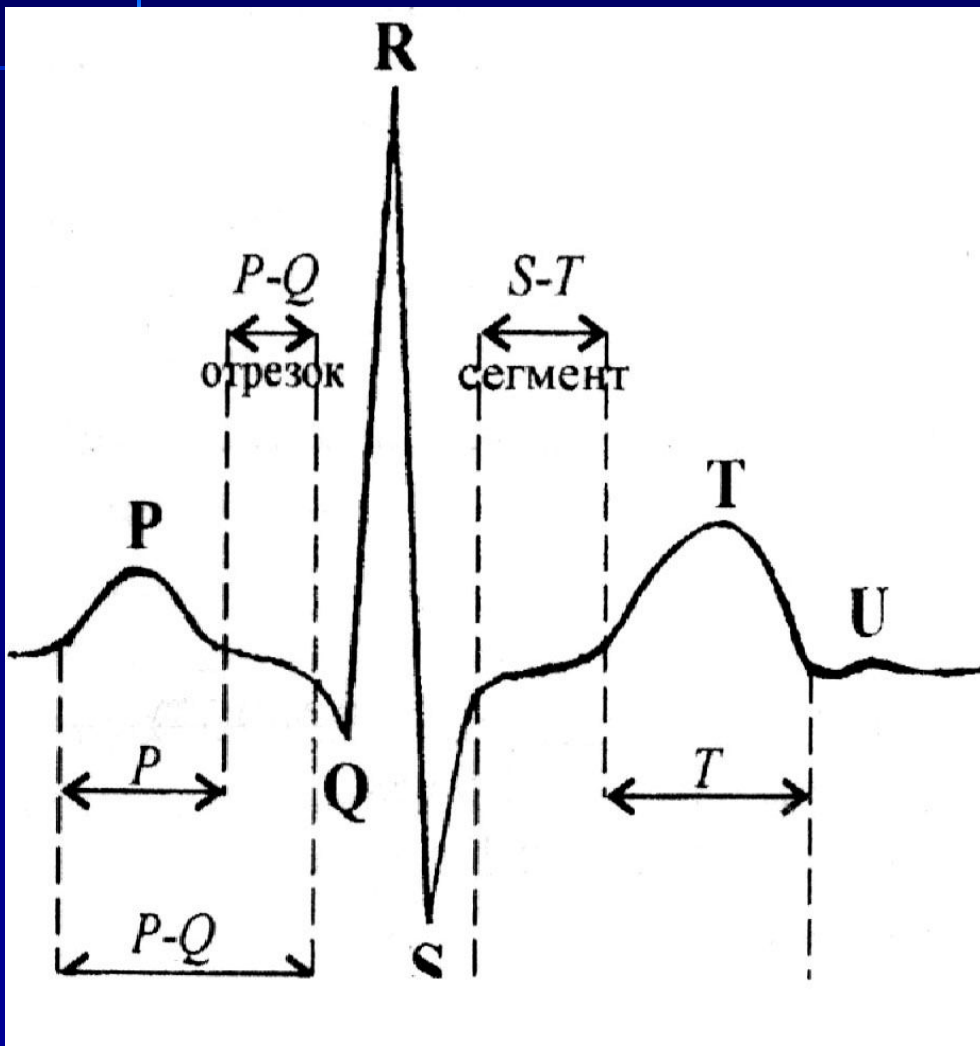


Зубец S (окончание возбуждения обоих желудочков).

Наибольшая амплитуда в V_{2,3}
отсутствие в V_{1,2} - патологический признак

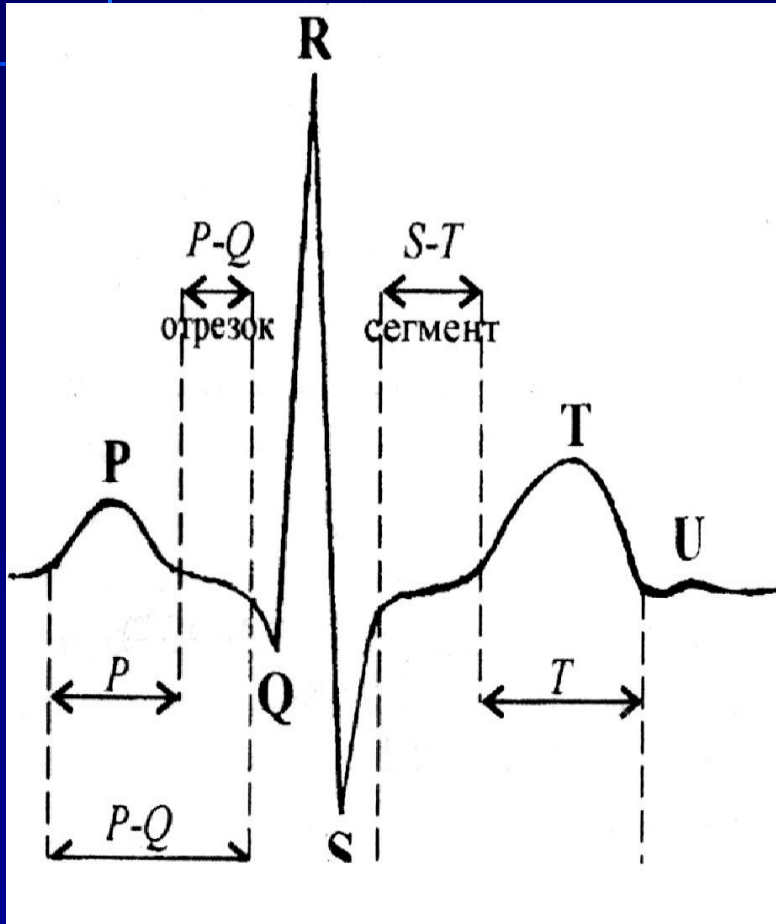
- **Ширина зубца S не превышает 0,04 секунды.**

Зубцы Q, R и S



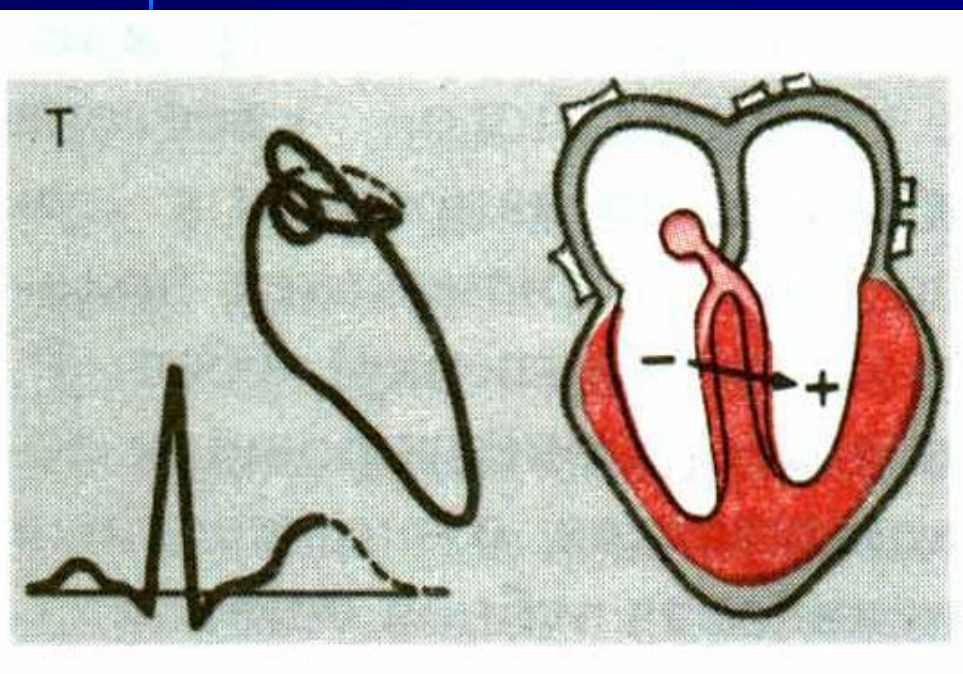
- **Зубцы Q R и S** - начальная стадия желудочкового комплекса (QRST), волна возбуждения охватывает мускулатуру обоих желудочков.
- Продолжительность комплекса **QRS** определяется от начала зубца Q до конца зубца S и в норме колеблется от **0,06 до 0,10 сек.**

Интервал S - T



- **Интервал S - T** - горизонтальная или слегка наклонная линия
- Он должен регистрироваться на уровне интервала T-P, или изолинии.

Зубец Т



- **Зубец Т** соответствует фазе реполяризации миокарда.
- **Величина зубца Т** колеблется от **1,5 до 5 мм** и составляет **1/2, 1/3** зубца R. Наибольшая амплитуда отмечается в отведениях V2,3,4