

# Электрофизиологические основы ЭКГ

Колоцей Людмила Владимировна,  
кандидат медицинских наук,  
старший преподаватель  
1-й кафедры внутренних болезней  
УО «ГрГМУ»

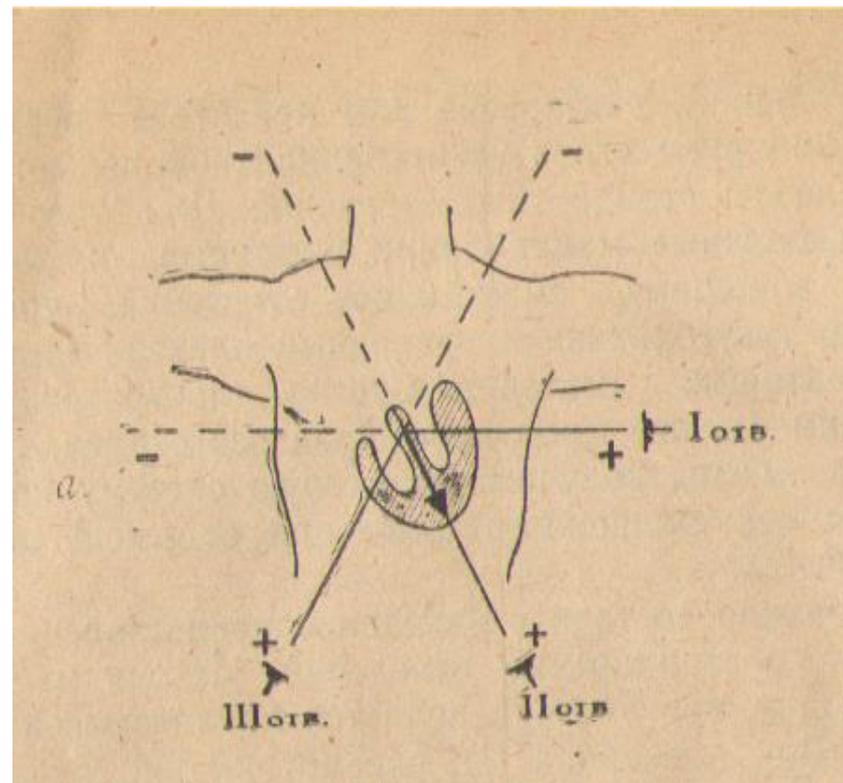
# Основные функции сердца

- **Автоматизм** – способность специализированных пейсмекерных клеток продуцировать ритмические импульсы возбуждения
  - Наибольшим автоматизмом обладает синусовый узел, который в физиологических условиях является водителем ритма
- **Возбудимость** – способность живой ткани реагировать на раздражение изменением физиологических свойств и генерацией процесса возбуждения
  - В период возбуждения мышца не воспринимает другие импульсы – рефрактерность
- **Проводимость** – способность ткани проводить импульсы возбуждения
  - Максимальная скорость проведения - на уровне клеток Пуркинье, минимальная – в атриовентрикулярном узле
- **Сократимость**

- 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**.
- 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.
- Оригинальный аппарат, требовал водного охлаждения для мощных электромагнитов, его работу обеспечивала команда из 5 человек, вес составлял около 270 кг.

# Отведения электрокардиограммы и их информативность

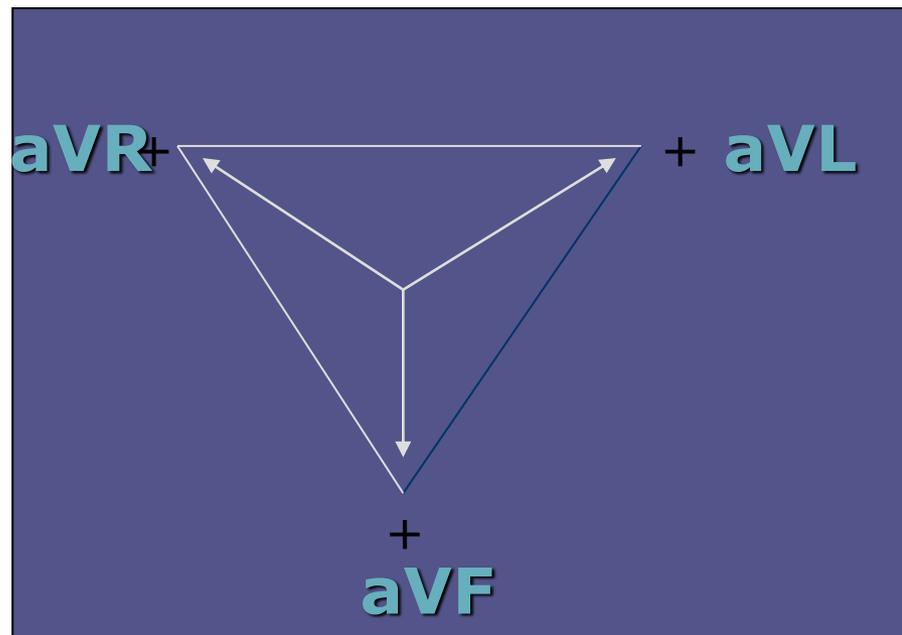
- ❑ I отведение регистрирует биопотенциалы боковой стенки левого желудочка
- ❑ II отведение контролирует весь миокард (по длиннику)
- ❑ III отведение улавливает потенциалы
  - правого желудочка
  - задне-диафрагмальных (нижних) отделов левого желудочка



# Усиленные однополюсные отведения от конечностей

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

*a* – *augmented* – усиленный  
*V* – **voltage** – обозначение потенциала

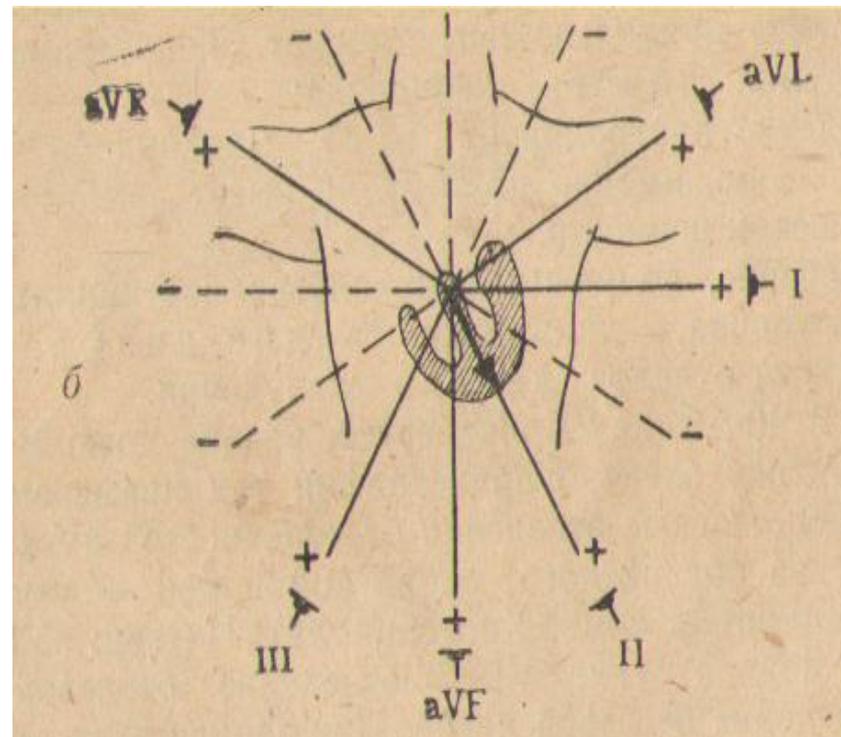


# Отведения электрокардиограммы и их информативность

**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



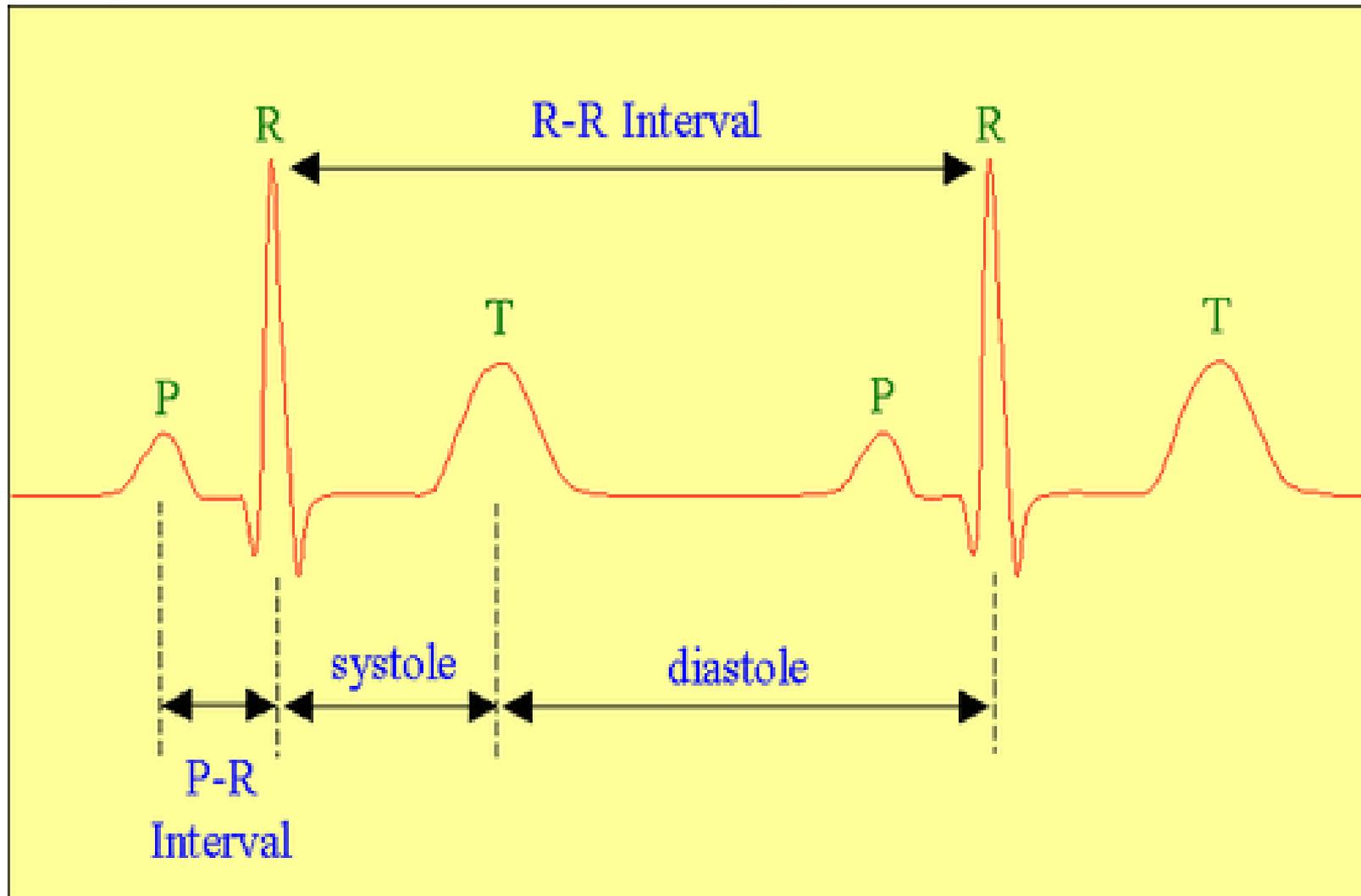
# Однополюсные грудные отведения

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

## *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



# 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

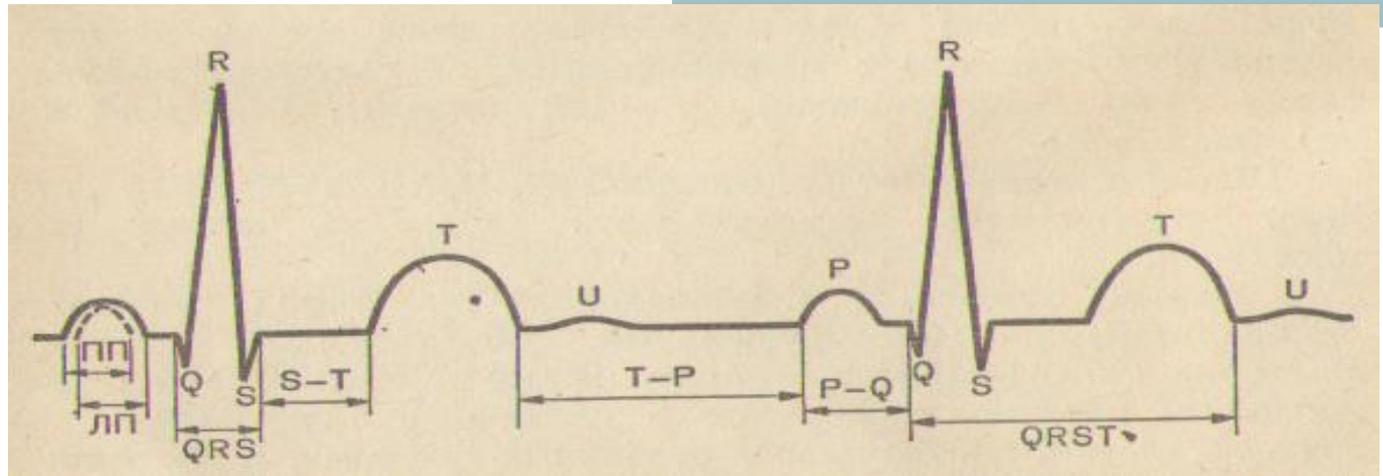
**Зубец Q**- менее 15% зубца R, не более 0,03 с

**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  
V<sub>1</sub>.

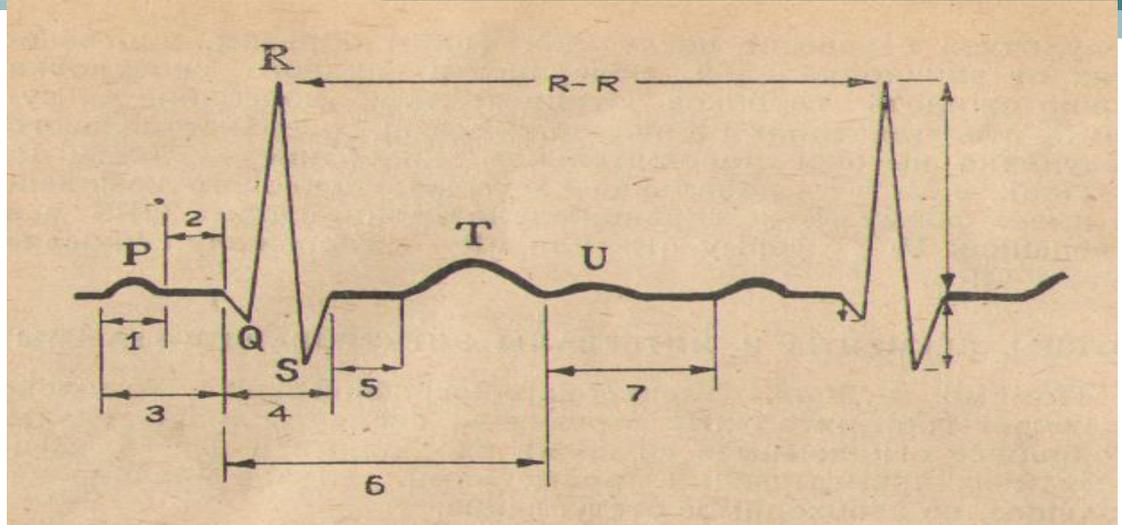
**Интервал QT** –электрическая систола желудочков,  
длительность 0,35-0,44 с

# 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 (+) зубец Р регистрируется в V1 (реже в V2)

# Интервал PQ (PR)



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

# 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

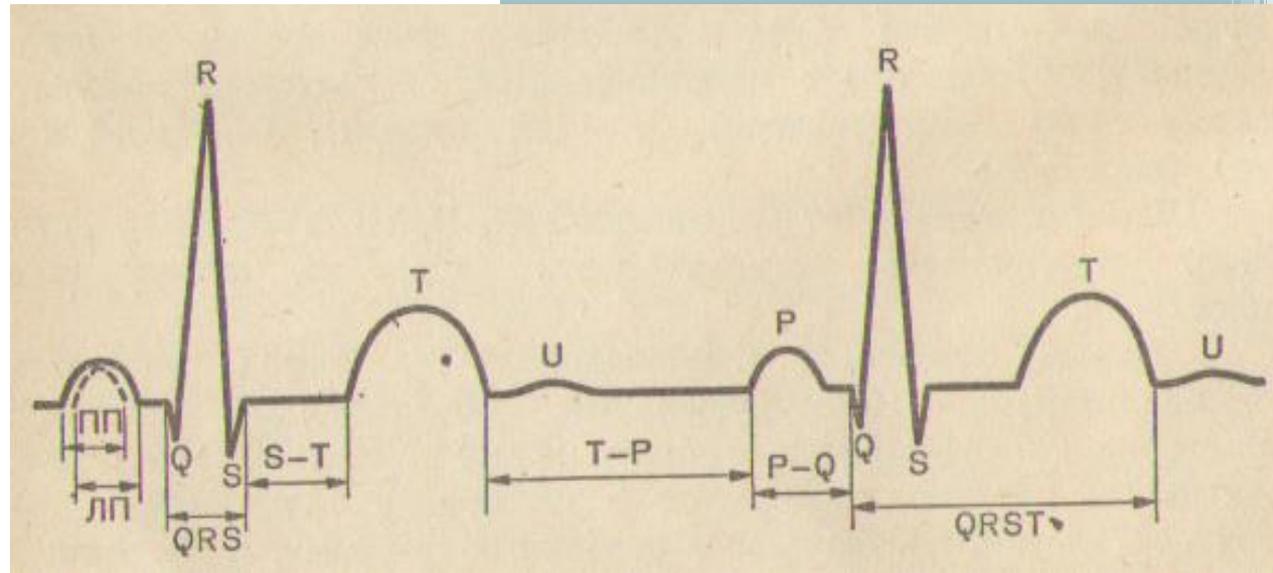
# Зубцы R и S

- 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
- 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)

# Продолжительность QRS

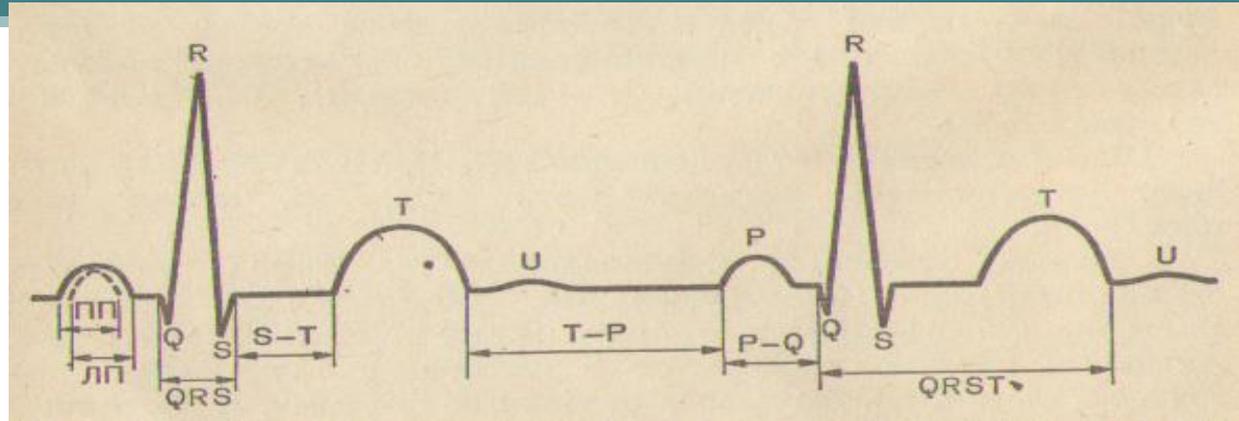
- В норме продолжительность QRS составляет 0,06 – 0,1 с
- Внутреннее отклонение желудочков – отрезок времени от начала R до его вершины (при расщепленном R – до второй вершины)
- Время внутреннего отклонения правого желудочка в отведениях V1-V2 не более 0,03 с
- Время внутреннего отклонения левого желудочка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

# Сегмент S-T



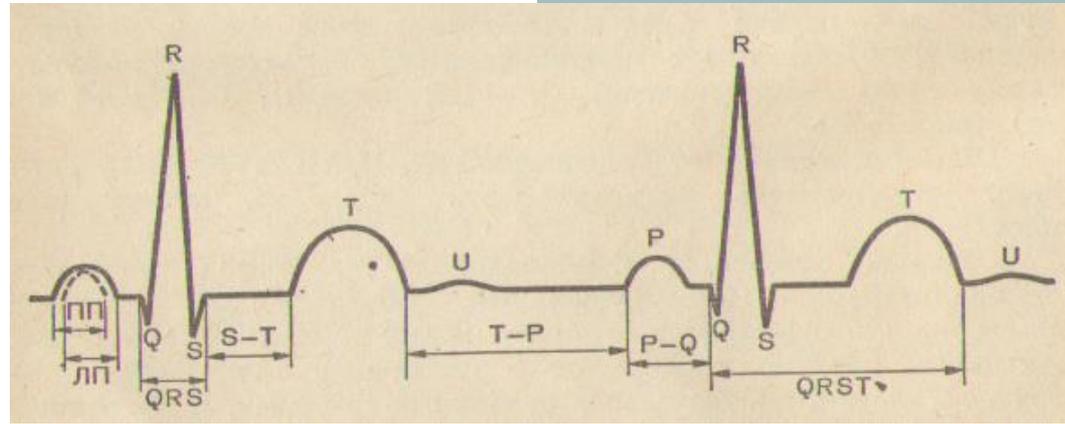
- Медленная реполяризация желудочков
- Расположен на изоэлектрической линии  
(допускается отклонение его книзу на 0,5 мм (0,05 мВ) и кверху на 1 мм (0,1 мВ) в стандартных отведениях. В V1-V3 он может быть приподнят до 2 мм, а в V5-V6 приспущен до 0,5 – 1 мм)
- **Смещение сегмента S-T вверх или вниз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

# Зубец Т



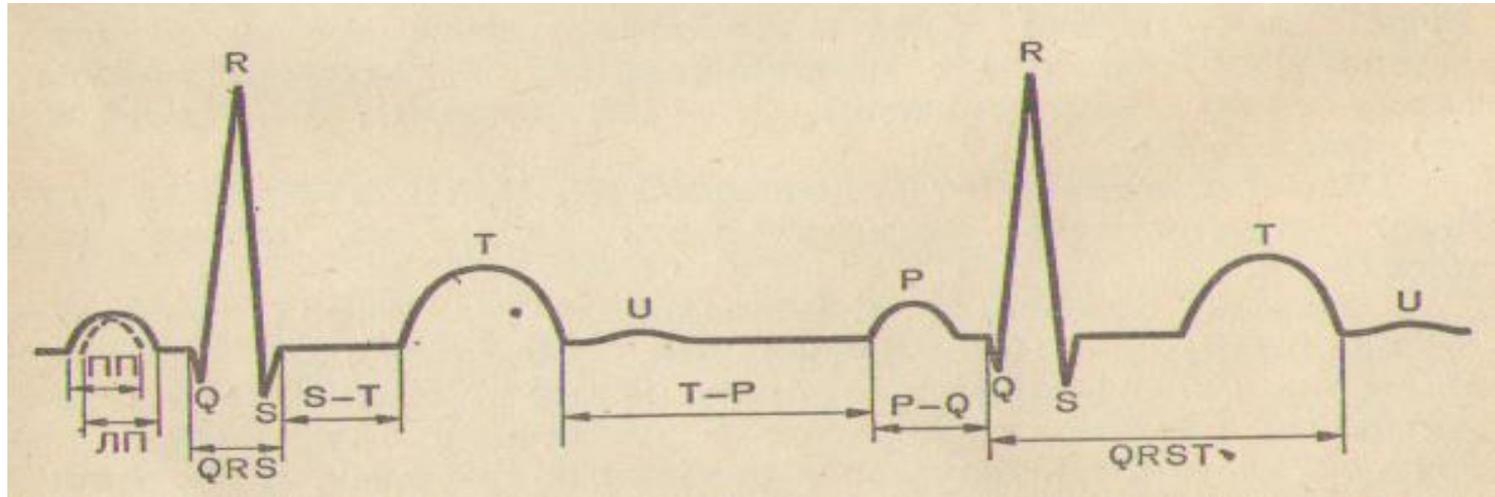
- Быстрая реполяризация желудочков
- В большинстве отведений положителен (кроме aVR, где он в норме отрицателен)  
В III отведении может быть отрицательным (например, при высоком стоянии диафрагмы) – сопоставляем с aVF!  
В V1, реже в V2, может быть отрицательным, изоэлектрическим, двухфазным (+) у здоровых
- 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



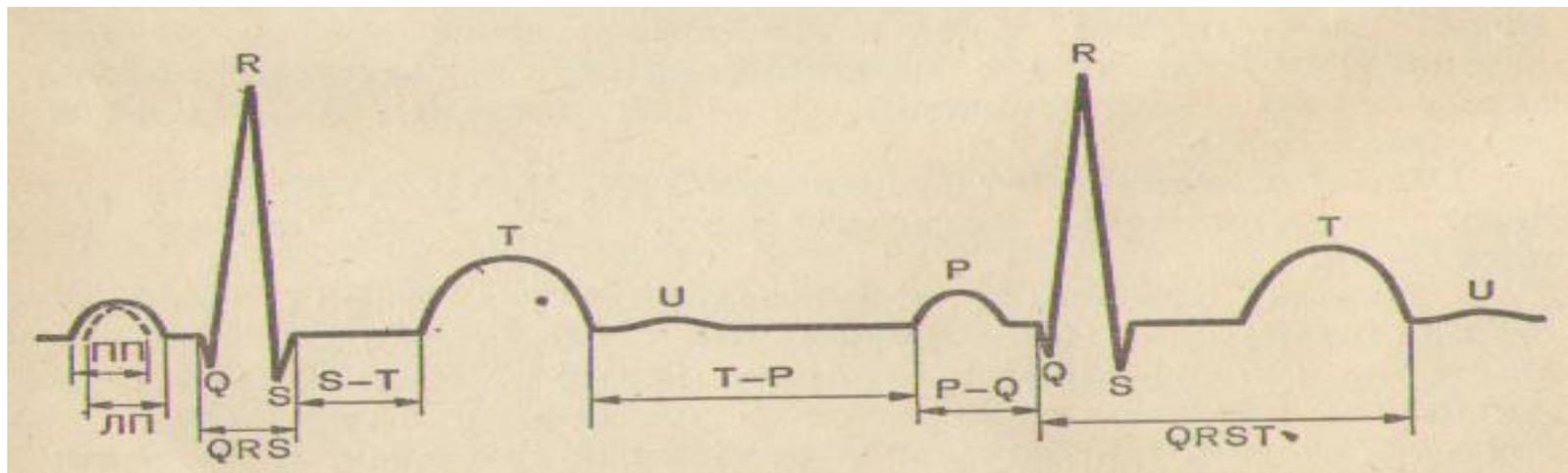
- Пологая положительная дуга через 0,02 – 0,04 с после окончания T
- Происхождение окончательно не выяснено. Возможно, реполяризация папиллярных мышц
- Встречается примерно у половины здоровых людей (лучше виден в грудных отведениях – в V3)
- Положительный зубец U более выражен при гипокалиемии и брадикардии, 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 =  $\frac{60}{R-R (с)}$

# 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).

## 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	$R_I > R_{II} > R_{III}, r_{III} < S_{III}, r_{AVF} < S_{AVF}$

# Общая схема расшифровки ЭКГ

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