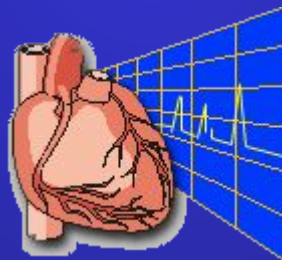


ФГБОУ ВО
«Башкирский государственный медицинский университет» МЗ РФ
Кафедра внутренних болезней
(зав.кафедрой, канд.мед.наук Тюрин А.В.)

Инструментальные (функциональные) методы исследования сердечно-сосудистой системы



Лекция для студентов

Специальность – 31.05.02 – Педиатрия

Дисциплина – Пропедевтика внутренних болезней

План лекции

- 1. Электрокардиография как метод исследования*
- 2. Фонокардиография*
- 3. Эхокардиография*
- 4. Рентгенологические исследования*

Электрокардиография (ЭКГ) – метод инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, основанный на графической регистрации биопотенциалов сердца, появляющихся при его работе на поверхности тела человека.



Аппарат
ЭКГ

- **ЭКГ** записывается с помощью различных систем отведений.

В каждом отведении регистрируется разность потенциалов, существующих между 2-мя определенными точками электрического поля сердца, в которых установлены электроды.

ЗАПОМНИТЕ !

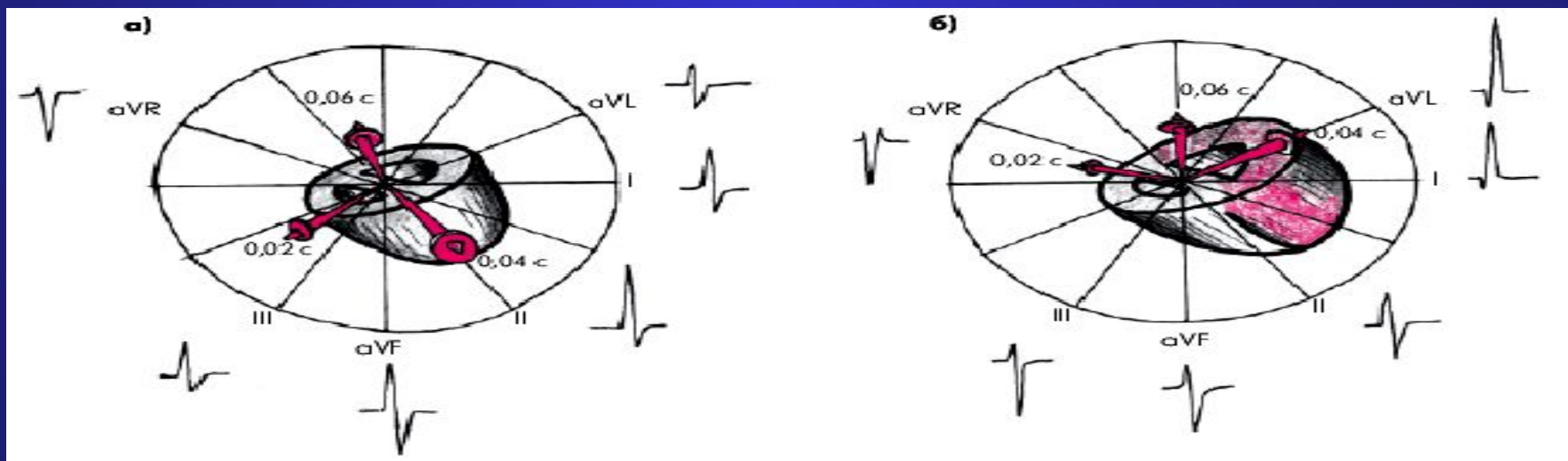
*различные отведения ЭКГ
отличаются между собой, прежде всего,
топическими участками тела, от
которых отводятся потенциалы ЭДС
сердца.*



- Каждое мышечное волокно представляет собой элементарную систему – диполь. Из бесчисленных микродиполей одиночных волокон миокарда складывается суммарная диполь (ЭДС). Ее направление называется ЭОС (основное направление волны возбуждения).
- ЭДС является векторной величиной (у нее есть величина и направление).
- Она параллельна анатомической оси сердца, идет от основания сердца к ее верхушке. У основания «-» заряд, а у верхушки сердца «+» заряд.

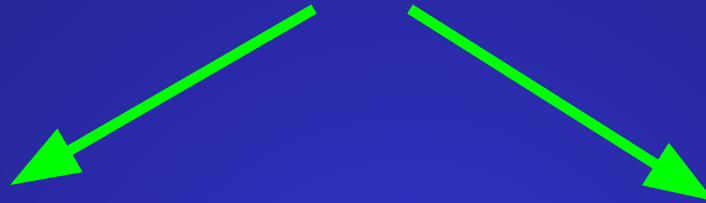
- **Усредненный (суммарный) вектор (т.е. среднее направление ЭДС сердца в течении всего времени деполяризации) называется электрической осью сердца (ЭОС).**
- **О направлении ЭОС судят по $\square \alpha$. $\square \alpha$ - это угол, образованный суммарным вектором ЭДС сердца с осью I стандартного отведения, выражающийся в градусах (во фронтальной плоскости).**

□ Для определения □ α используется шестиосевая система Бейли (представляет собой сочетание осей стандартных отведений с осями усиленных отведений от



Шестиосевая система Бейли

К гальванометру электрокардиографа подключаются электроды



**1-ый подсоединяется
к (+) полюсу
гальванометра.**

**Это активный
электрод
соответствующего
отведения**

**2 –ой подсоединяется к
(-) полюсу
гальванометра и
считается
отрицательным
электродом отведения**

В структуре сердца выделяют сократительный миокард и проводящую систему сердца. Последняя состоит из

- Синусового узла, расположенного у места впадения верхней полой вены в правое предсердие;
- Атриовентрикулярного узла , находящегося в нижней части межпредсердной перегородки ;
- Волокон пучка Гиса, конечные части которых переходят в сеть волокон Пуркинье. Окончания этих волокон направляются в толщу миокарда, где контактируют с волокнами сократительного миокарда

Функции сердца

1. **Автоматизм – способность специализированных клеток миокарда спонтанно вырабатывать импульсы, вызывающие возбуждение (в норме клетки синусового узла, расположенного в правом предсердии)**

2. Проводимость – способность проводить импульсы от автоматических клеток до сократительного миокарда (наибольшей проводимостью обладает проводящая система сердца)

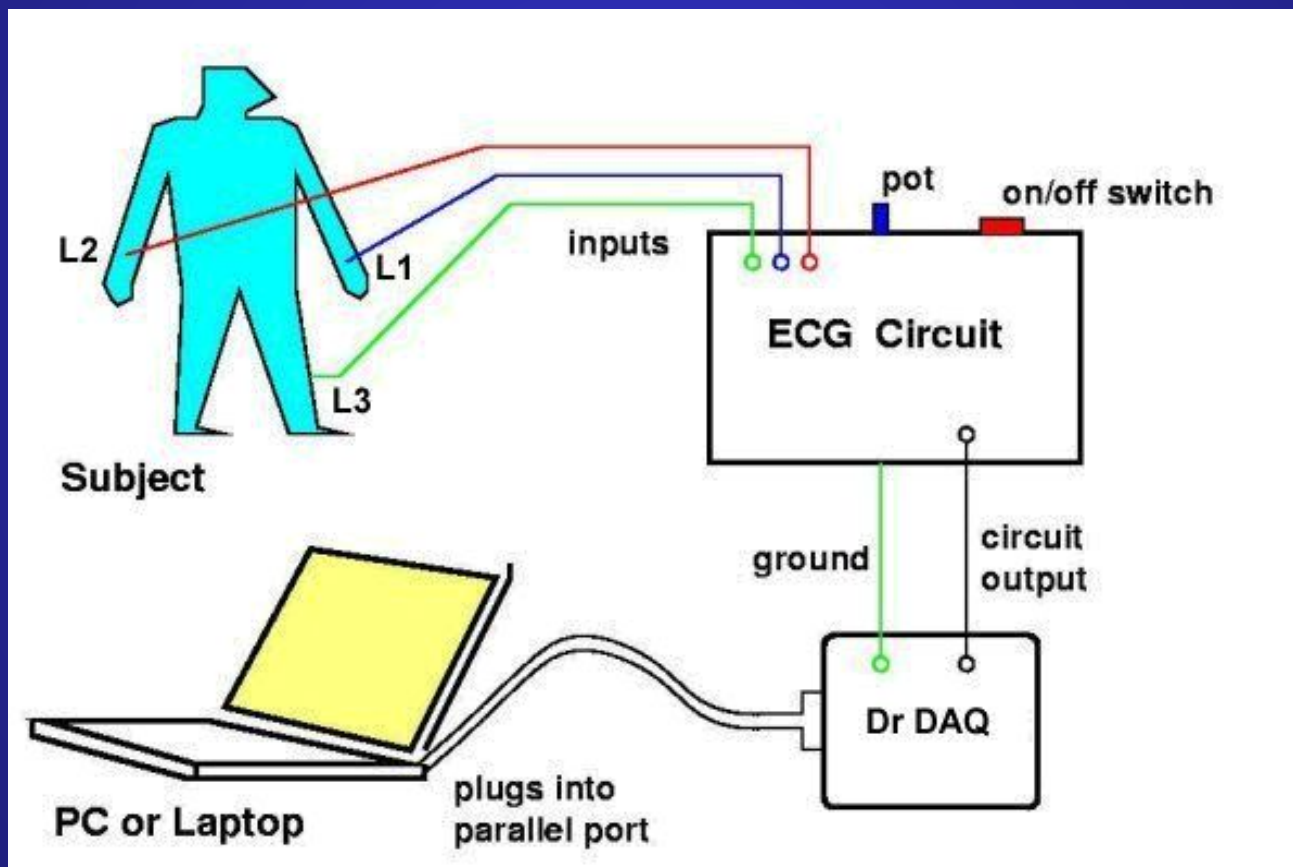
3. Возбудимость – способность сердца возбуждаться под влиянием автоматических импульсов (функцией возбуждения обладают клетки проводящей системы и сократительного миокарда).

Во время возбуждения инициируется электрический поток, который регистрируется в виде ЭКГ.

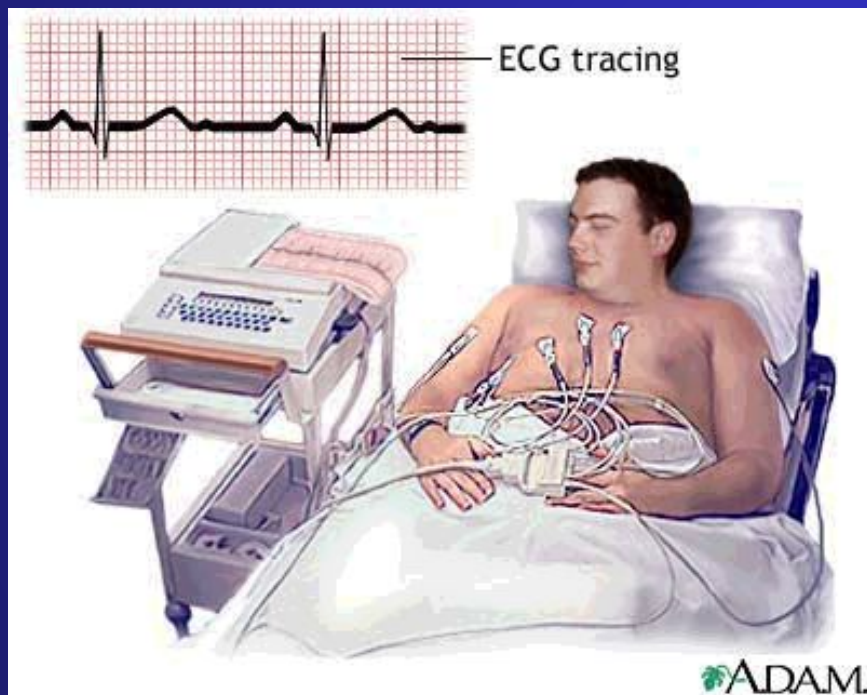
4. Сократимость – способность сердца сокращаться под влиянием импульсов.

5. **Рефрактерность** – снижение или отсутствие способности возбужденных клеток миокарда снова активизироваться при возникновении дополнительного импульса в определенной фазе (абсолютная рефрактерность соответствует комплексу QRS и сегменту ST на ЭКГ, относительная – зубцу T на ЭКГ)
6. **Абберантность** (аберрантное проведение) возникает в тех случаях, когда поступающий импульс застает один или несколько пучков проводящей системы в состоянии рефрактерности, что приводит к изменению распространения возбуждения по отделам сердца.

Принцип регистрации ЭКГ



Регистрация ЭКГ



Аппараты ЭКГ



Устройство электрокардиографов

- 1. Воспринимающее устройство-электроды, которые фиксируются на теле исследуемого для улавливания возникающей при возбуждении сердечной мышцы разности потенциалов.

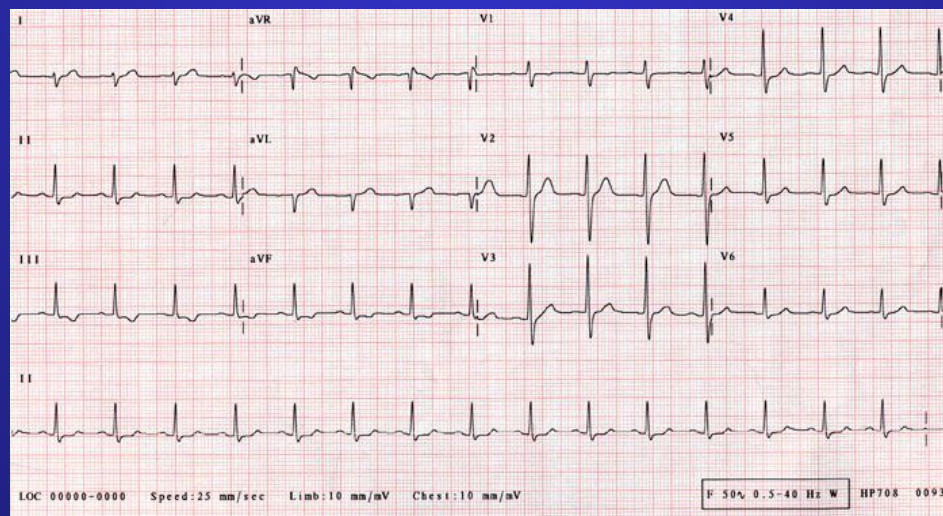
- **2. Усилители, позволяющие увеличивать ничтожно малое напряжение (1-2 мВ), обусловленное ЭДС, чтобы это напряжение можно было зарегистрировать.**
- **3. Гальванометр для измерения величины напряжения.**

- 4.Регистрирующее устройство, включающее лентопротяжный механизм и отсчетчик времени, который высвечивает на ленте вертикальные полосы через 0,05 сек
- 5. Блок питания аппарата (питание осуществляется от сети переменного тока с напряжением 127 и 220 В либо от аккумулятора)



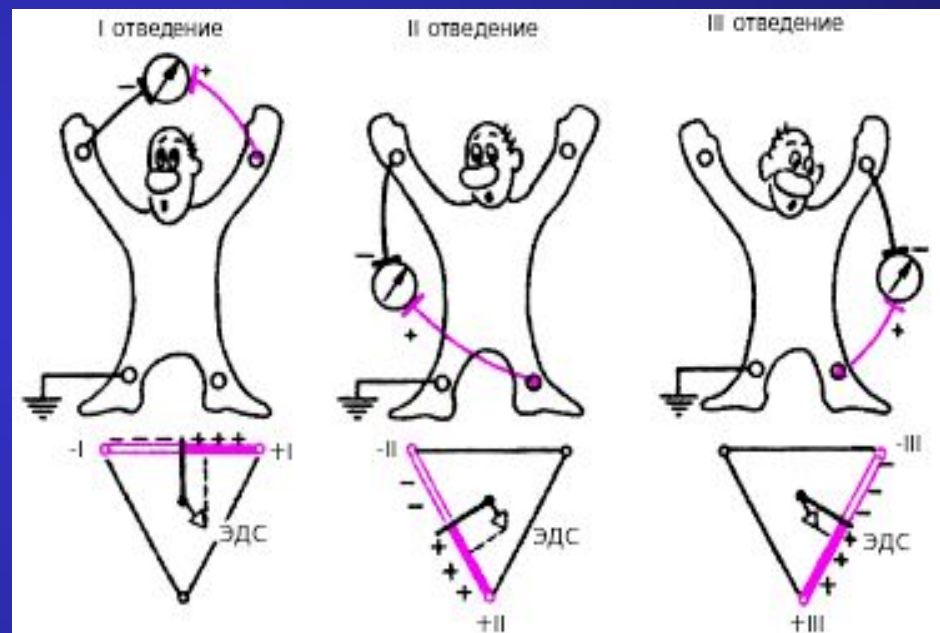
В настоящее время в клинической практике наиболее широко используется регистрация 12 отведений ЭКГ, запись которых является обязательной при каждом ЭКГ обследовании больного. К ним относятся:

- 3 стандартных отведения (I, II, III)**
- 3 усиленных однополюсных отведения от конечностей (aVR, aVL, aVF)**
- 6 грудных отведений (V1, V2, V3, V4, V5, V6)**



СТАНДАРТНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ

- I – правая рука (-), левая рука (+). Отражает переднюю стенку левого желудочка.
- II – правая рука (-), левая нога (+). Является «обезьянкой» повторяет патологию
- III – левая рука (-), левая нога (+). Отражает заднюю или нижнюю стенку левого желудочка

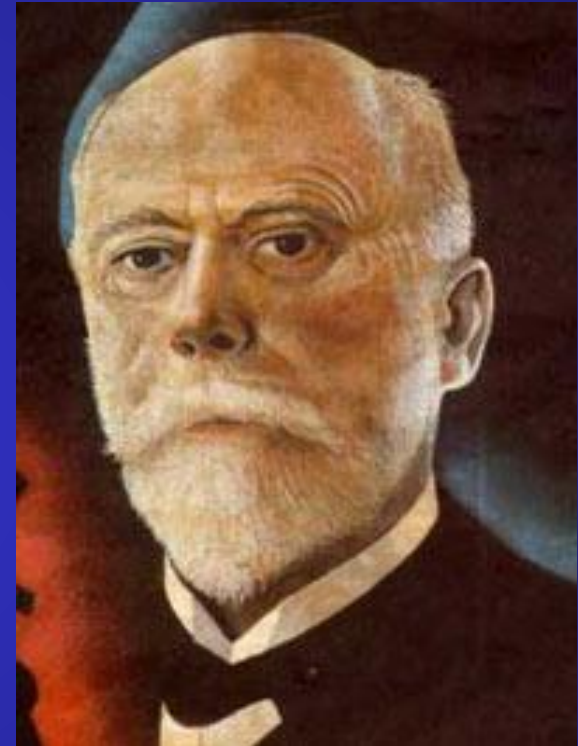


Стандартные отведения

предложены в 1903 году
Эйнтховеном, фиксируют
разность потенциалов между
2-мя точками
электрического поля,
удаленными от сердца и
расположенными во
фронтальной плоскости
тела- на конечностях с
учетом расположения
анатомической

(а значит и электрической)
оси сердца.

Электроды накладываются
на дистальные участки
конечностей и имеют
соответствующую
органность штыревого
кольца.

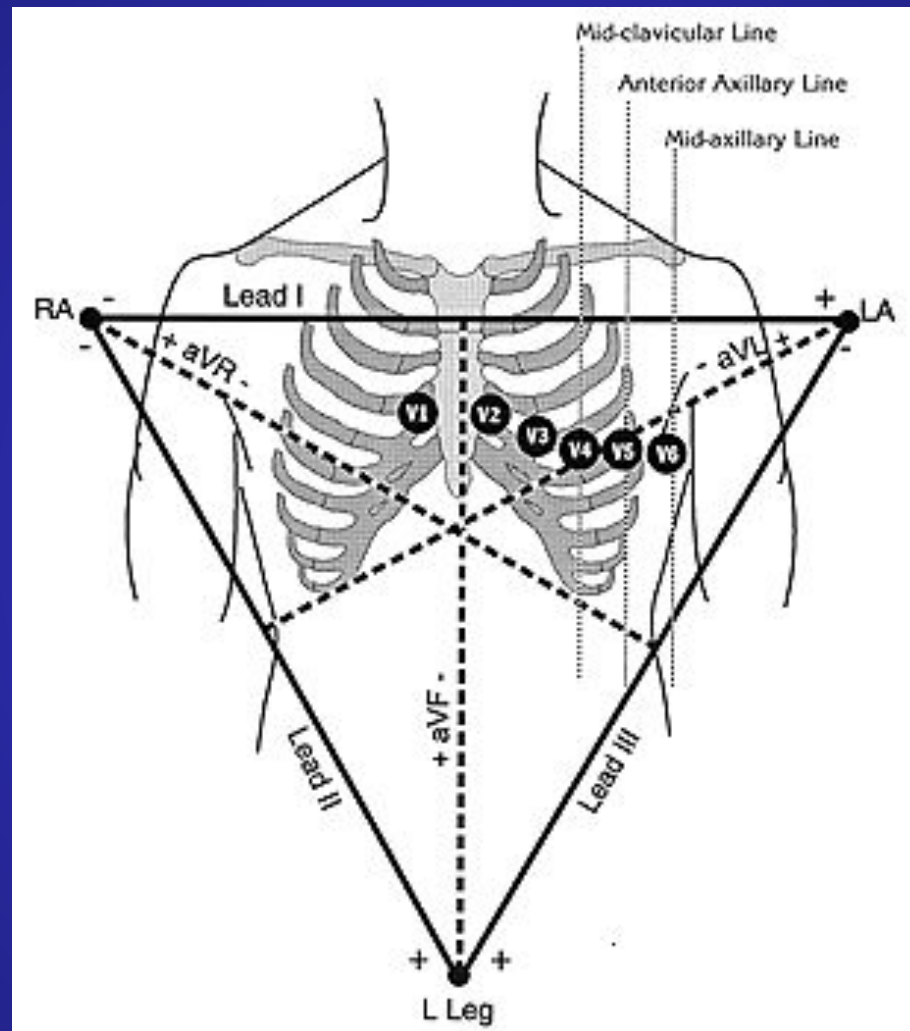


Willem Einthoven

Штыревые кольца имеют цветовые обозначения и наносятся следующим образом:

- на правой руке- красный*
- на левой руке-желтый*
- на левой ноге- зеленый*
- на правой ноге- заземляющий – черный (пассивный)*

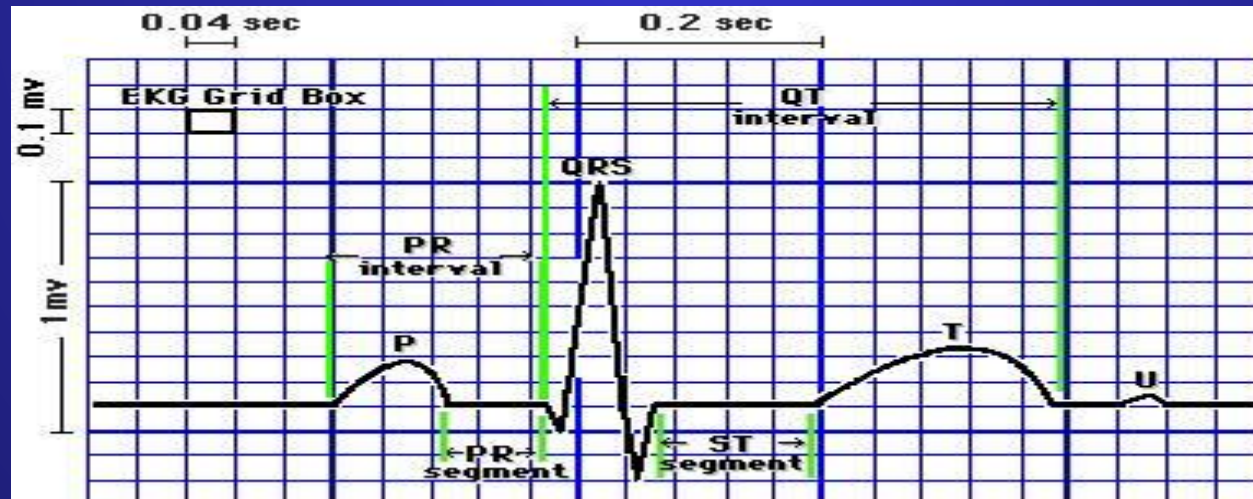
□ 3 стандартных отведения образуют треугольник Эйнтховена- в центре его расположен электрический центр сердца (точечный единый сердечный диполь, одинаково удаленный от всех 3 стандартных отведений).



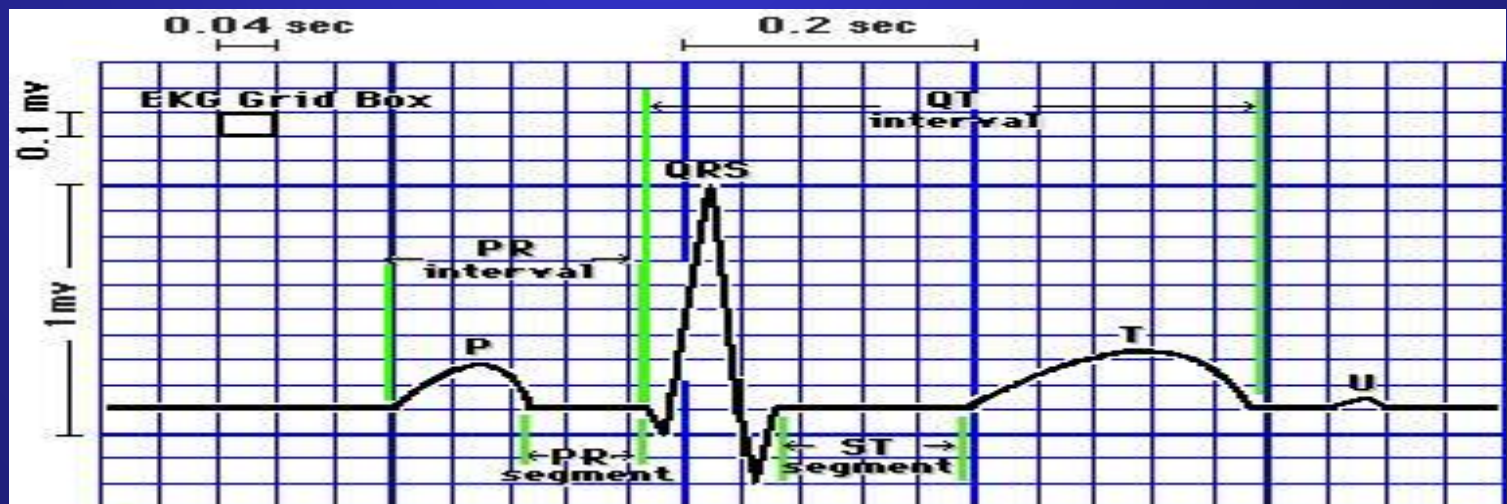
□ Гипотетическая линия, соединяющая 2 электрода, участвующих в образовании ЭКГ отведений- называются осью отведения.

Осями стандартных отведений являются стороны треугольника Эйтховена.

□ Если ЭДС сердца в какой-либо момент сердечного цикла проецируется на положительную часть оси отведения, на ЭКГ регистрируются (+) отклонения. Таковыми являются положительные зубцы P, R, T.



□ Если ЭДС сердца проецируется на отрицательную часть оси отведений- на ЭКГ регистрируются (-) отклонения, отождествляемые с зубцами Q, S, иногда T



Усиленные однополюсные отведения от конечностей были предложены Гольдбергером в 1942 году

- Они регистрируют разность потенциалов между одной из конечностей, на которой установлен активный положительный электрод данного отведения (правая, левая рука, левая нога) и средним потенциалом двух других конечностей, который называется «Объединенный электрод Гольдбергера».**

□ Отведения, усиленные от конечностей обозначаются следующим образом:

- **aVR**- усиленный однополюсный от правой руки
- **aVL**- усиленный однополюсный от левой руки
- **aVF**- усиленный однополюсный от левой ноги.

a (*augmented*)- усиленный

V (*voltage*)- потенциал

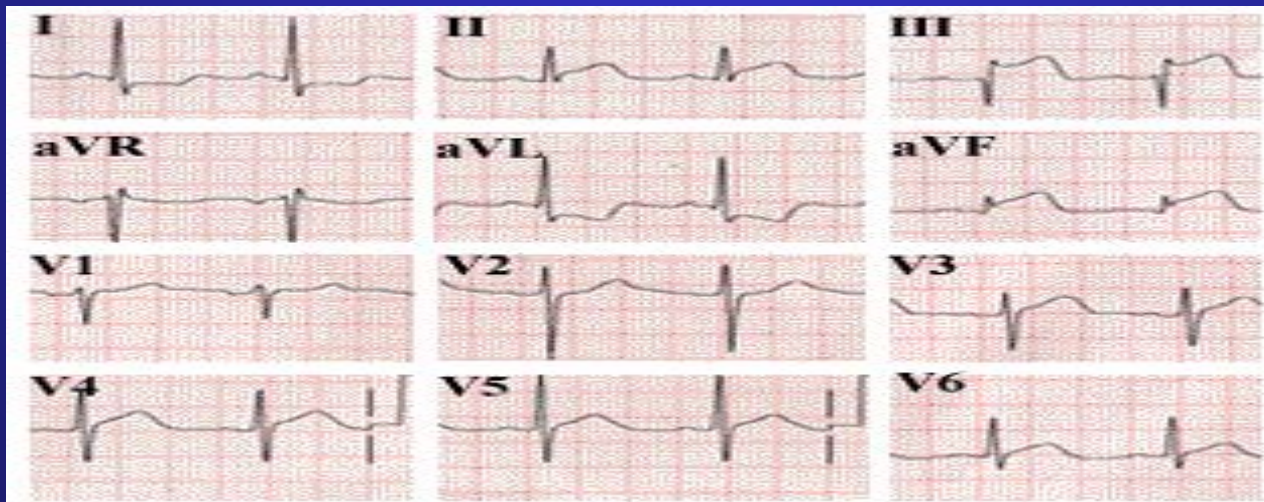
R (*right*)- правый

L (*left*) – левый

F (*foot*)- нога

Усиленные однополюсные отведения от конечностей

- **aVR** – отведение перевернутое, все зубцы смотрят вниз. Появление положительного **R** говорит о гипертрофии правого желудочка.
- **aVL**- передняя стенка левого желудочка
- **aVF**- задняя (нижняя) стенка левого желудочка



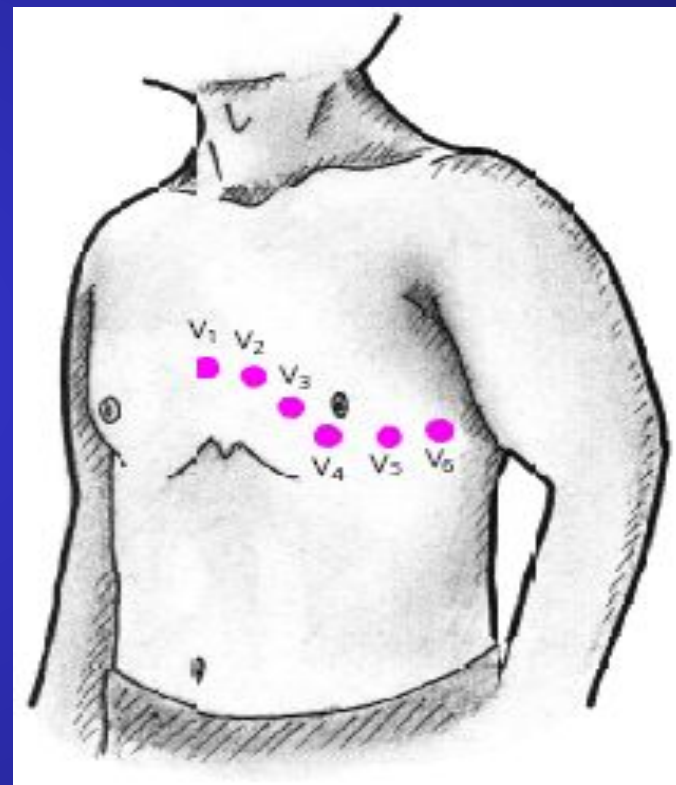
Стандартные и усиленные однополюсные отведения от конечностей дают возможность зарегистрировать изменения ЭДС сердца во фронтальной плоскости, т.е. в плоскости, в которой расположен треугольник Эйнтховена.

Грудные отведения

предложены Вильсоном в 1934 году, и позволяют регистрировать разность потенциалов между активным положительным электродом, установленным в определенных точках на поверхности грудной клетки и отрицательным «объединенным электродом Вильсона».

ГРУДНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ

- V1- у правого края грудины в четвертом межреберье
- V2 –у левого края грудины в четвертом межреберье
- V3 – по левой окологрудинной линии между четвертым и пятым межреберьями
- V4 – по левой среднеключичной линии в пятом межреберье
- V5 – по левой передней подмышечной линии в пятом межреберье
- V6- по левой средней подмышечной линии в пятом межреберье



Расположение электродов:

- V_1 - активный электрод расположен в 4 м/р по правому краю грудины
- V_2 - в 4 м/р по левому краю грудины
- V_3 - на уровне 4 ребра по левой парастернальной линии
- V_4 - в 5 м/р по левой средне-ключичной линии
- V_5 в 5 м/р по левой передней подмышечной линии
- V_6 - в 5 м/р по средней подмышечной линии слева.

В отличие от стандартных и усиленных отведений от конечностей грудные отведения позволяют регистрировать изменения ЭДС преимущественно в горизонтальной плоскости.



Нормальная ЭКГ

Любая ЭКГ состоит из :

- нескольких зубцов*
- сегментов*
- интервалов отражающих сложный процесс распространения волны возбуждения по сердцу*

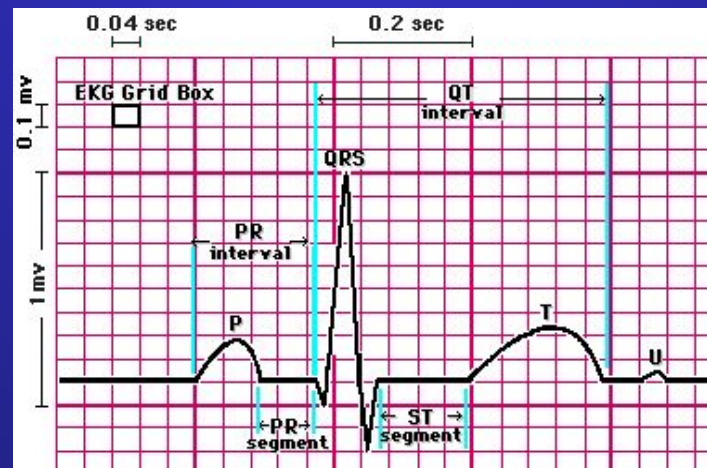


Зубец Р

- отражает процесс деполяризации правого и левого предсердий
- в норме во фронтальной плоскости средний результирующий вектор деполяризации предсердий расположен почти параллельно оси II стандартного отведения и проецируется на положительные части осей отведений aVF, I, II, III
- поэтому в этих отведениях обычно регистрируется (+) зубец

Зубец Р

- Р, имеющий максимальную амплитуду в I и II отведениях
- в отведении AVR зубец Р всегда отрицательный, т.к. вектор Р проецируется на отрицательную часть оси этого отведения;
- величина зубца Р будет изменяться в зависимости от положения электрической оси сердца (ЭОС)



В норме зубец P

1) I
II
AVF
 V_2-V_6 } зубец P всегда (+)

2) III
AVL
 V_1 } может быть (+; +/-)

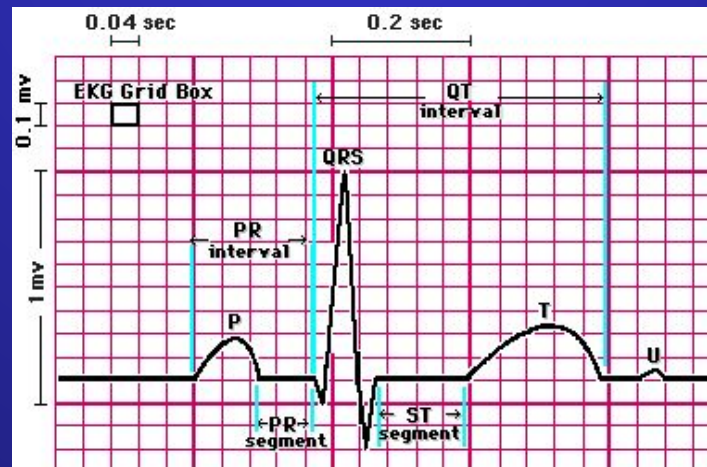
3) III
AVL } иногда даже (-)

4) В отведении AVR зубец P всегда отрицательный.

- Продолжительность зубца P не > 0.1 с, а амплитуда его - 1.5-2.5 мм.

ИНТЕРВАЛ PQ

- *отсчитывается от начала зубца P до начала желудочкового комплекса (QRS)*
- *Отражает продолжительность атриовентрикулярного проведения, т. е. время распространения возбуждения по AV пути*
- *сегмент PQ считается от конца P до начала Q*
- *длительность интервала PQ составляет от 0.12 до 0.18 с*

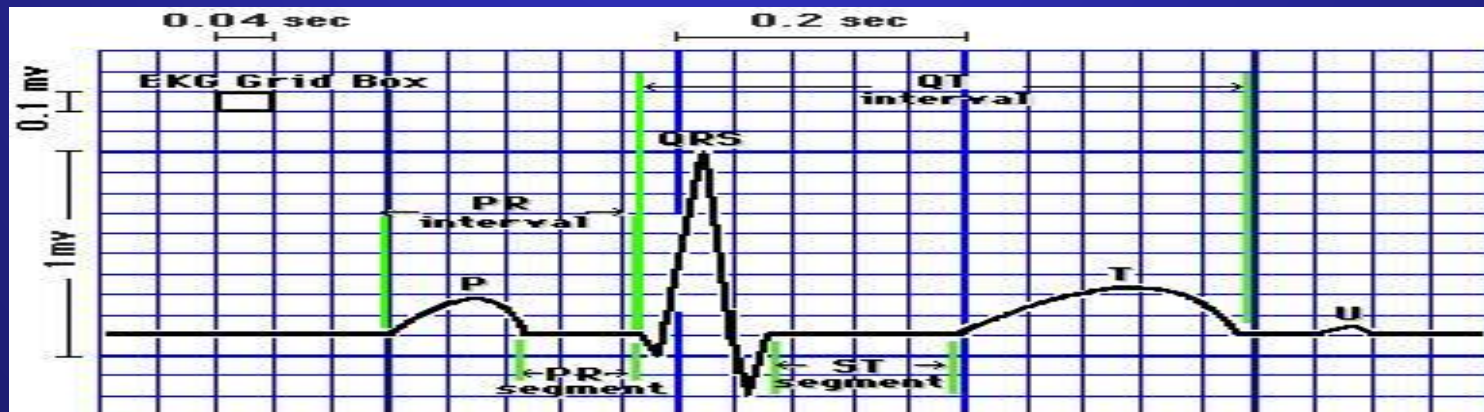


Зубец Q

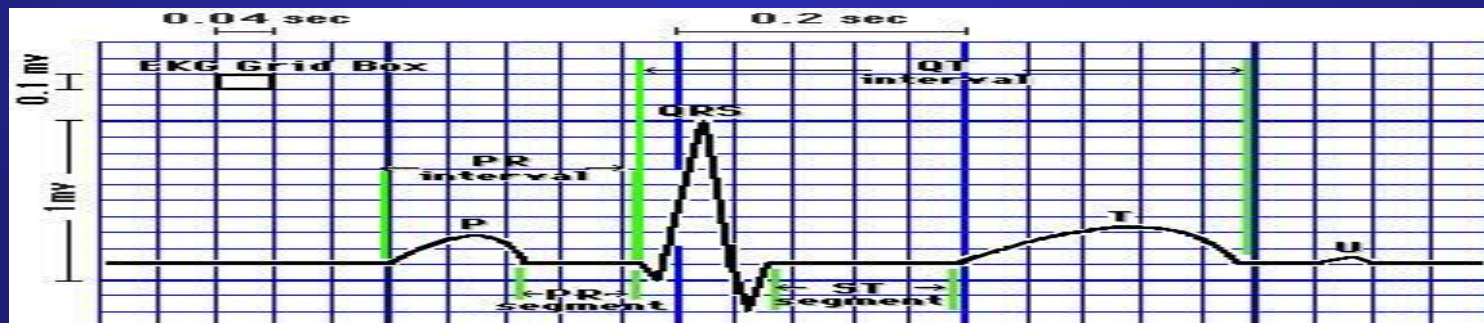
- Обусловлен вектором деполяризации межжелудочковой перегородки.
- Амплитуда его не более $\frac{1}{4} R$
- Длительность - не более 0,03 с
- Отсутствует в отведениях V1-V3, тогда как в других отведениях может быть зарегистрирован.
- В отведении aVR может быть зафиксирован глубокий и широкий зубец Q или QS

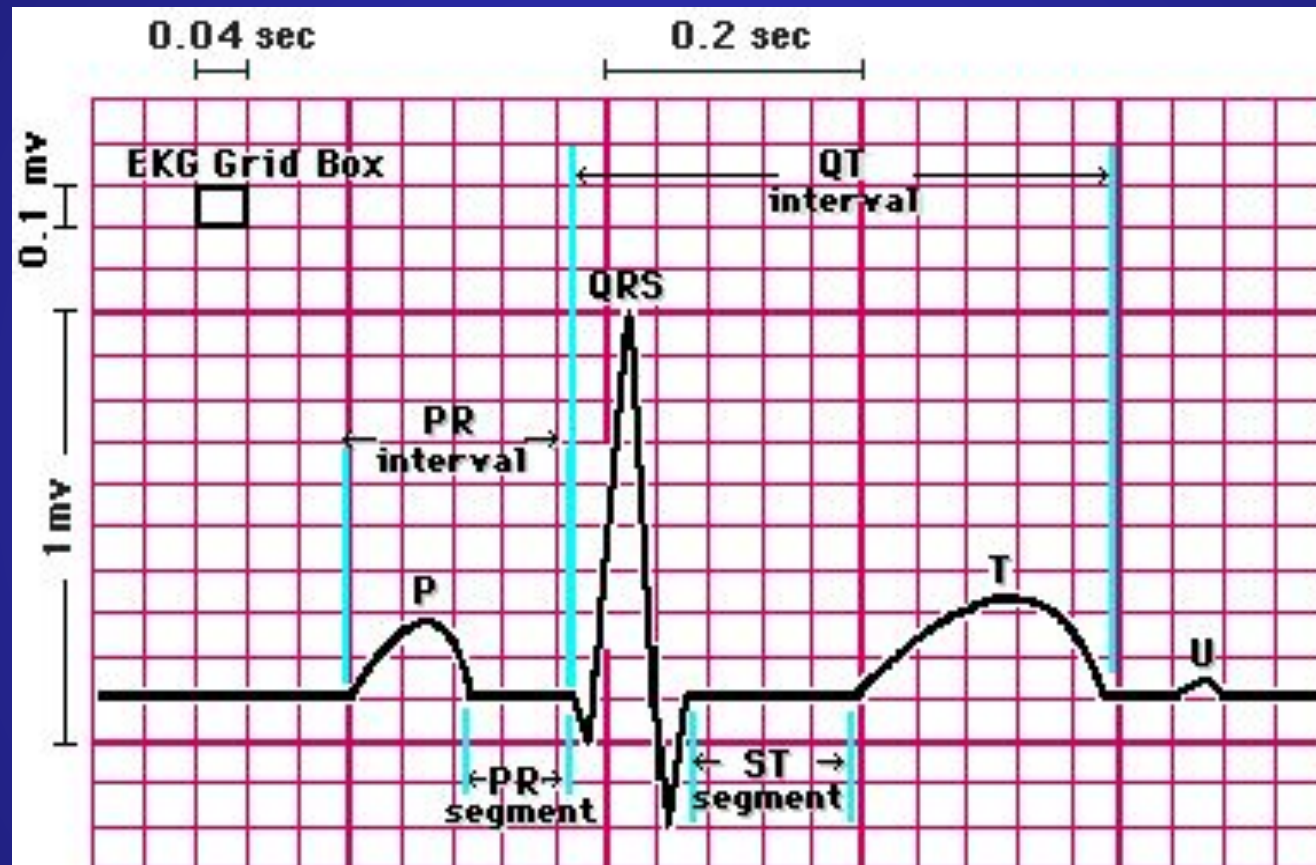
Комплекс QRS

- отражает сложный процесс распространения (QRS) и угасание (RS-T и зубец T) возбуждения по миокарду желудочков
- если амплитуда зубцов комплекса QRS достаточно велика и превышает 5 мм, их обозначают заглавными буквами (Q, R, S)
- если менее 5 мм- строчными (q,r,s)



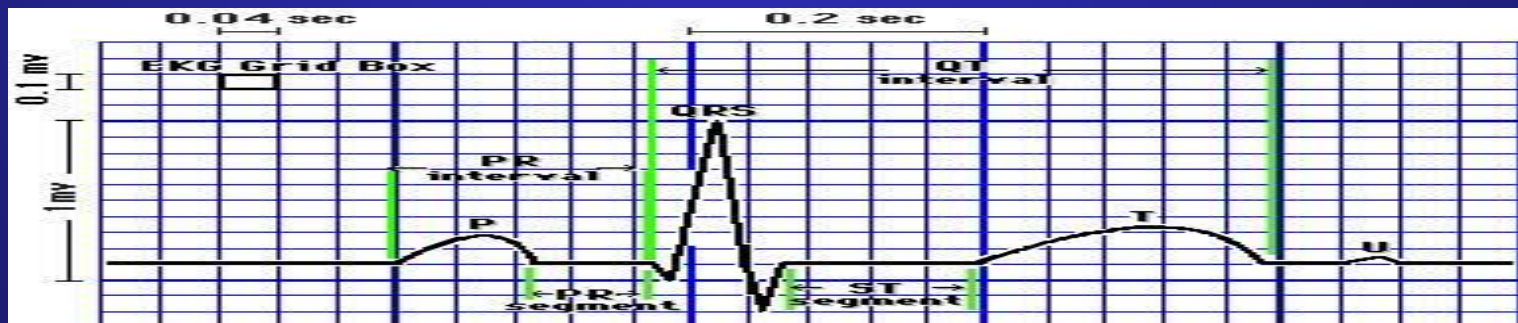
- зубцом *R* называется любой (+) зубец, входящий в состав комплекса *QRS*; если имеется несколько таких зубцов, то их обозначают *R*, *R'*, *R''* и т.д.
- отрицательный зубец комплекса *QRS*, непосредственно предшествующий зубцу *R* (*r*), обозначают буквой *Q* (*q*), а отрицательный, следующий сразу за зубцом *R* (*-*), *S* (*s*).
- если на ЭКГ регистрируется только отрицательное отклонение, а зубец *R* отсутствует совсем, то желудочковый комплекс обозначают *QS*

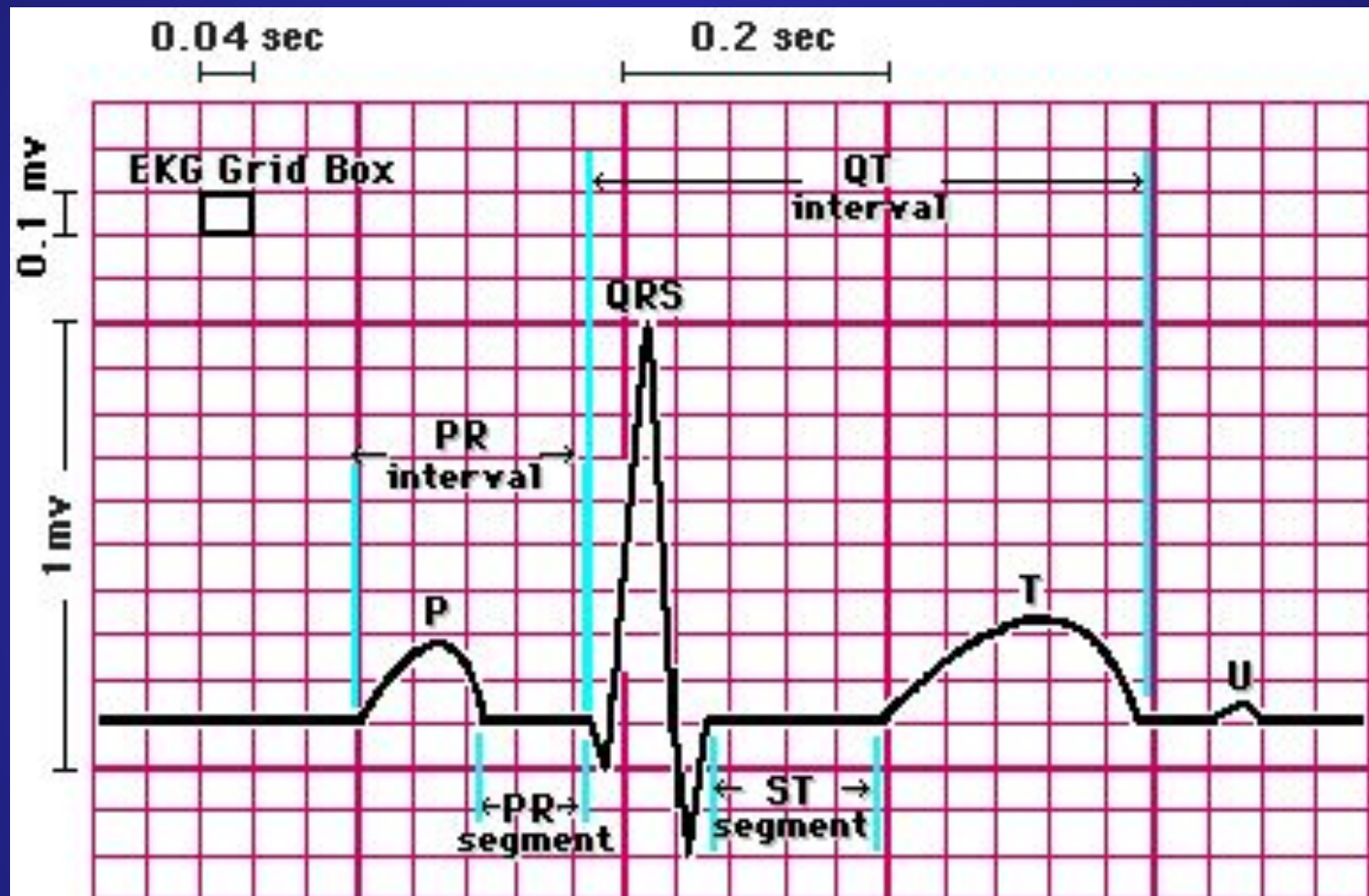




Зубец Q

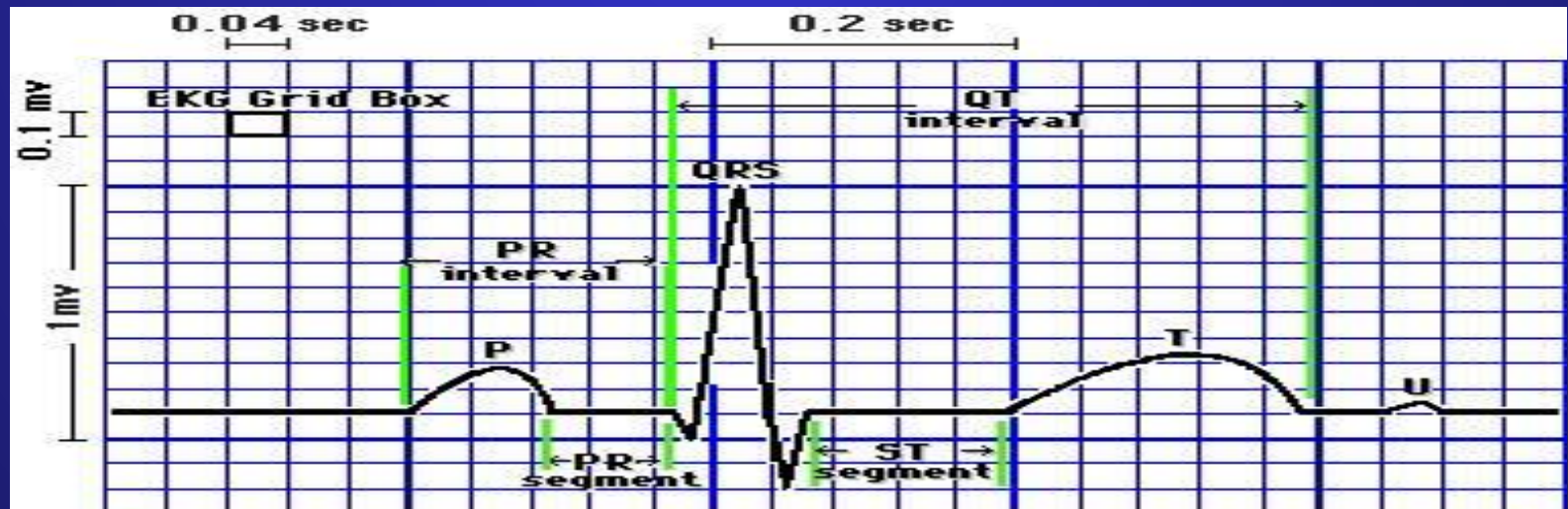
- обусловлен начальным моментальным вектором деполяризации межжелудочковой перегородки
- в норме зубец Q может быть зарегистрирован:
 - во всех стандартных и усиленных однополюсных отведениях от конечностей и в грудных отведениях $V_4 - V_6$
 - амплитуда (в норме) зубца Q во всех отведениях, кроме AVR, не превышает $\frac{1}{4}$ высоты зубца R, а его продолжительность - 0.03 сек.
 - в отведении AVR у здорового человека может быть зафиксирован глубокий и широкий зубец Q и даже комплекс QS





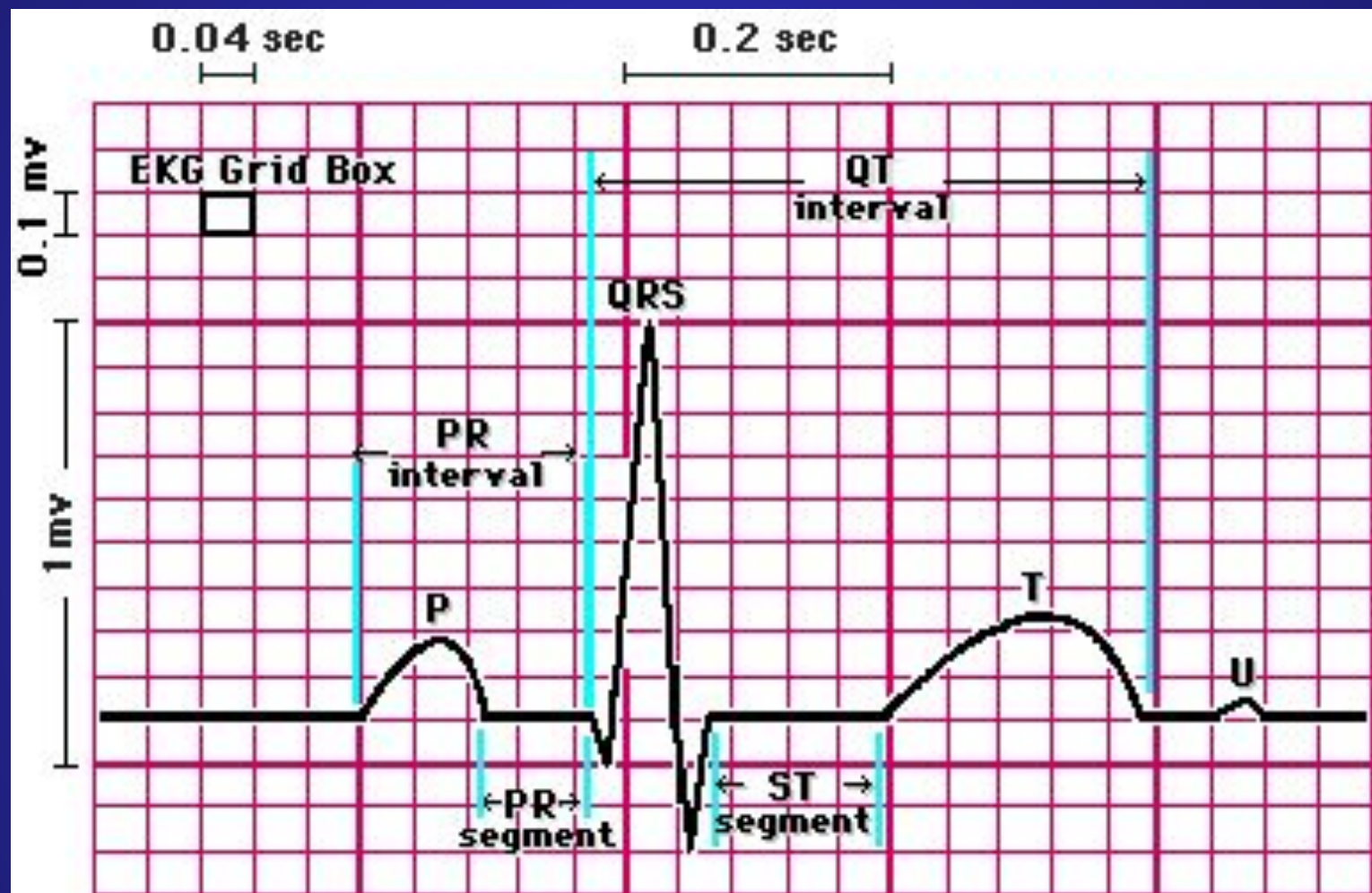
Зубец R

□ отражает процесс дальнейшего распространения возбуждения по миокарду правого и левого желудочков



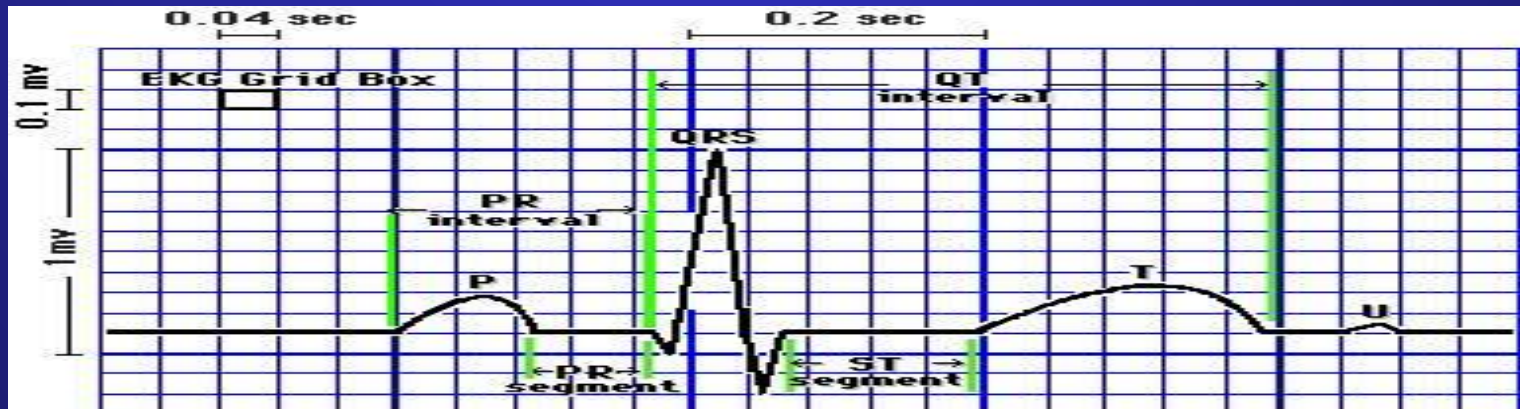
в норме:

- зубец R регистрируется во всех стандартных и усиленных отведениях; в AVR зубец R нередко плохо выражен или отсутствует вообще
- в грудных отведениях амплитуда зубца R постепенно увеличивается от V_1 к V_4 отведению, а затем несколько уменьшается в V_5 и V_6 ; иногда R в V_4 отведении может отсутствовать
- зубец R в V_1 и V_2 отражает распространение возбуждения по межжелудочковой перегородке, а зубец R в V_4 - V_6 по мышце левого и правого желудочков
- ширина зубца R в V_1 не > 0.03 с, в V_6 - 0.05 сек



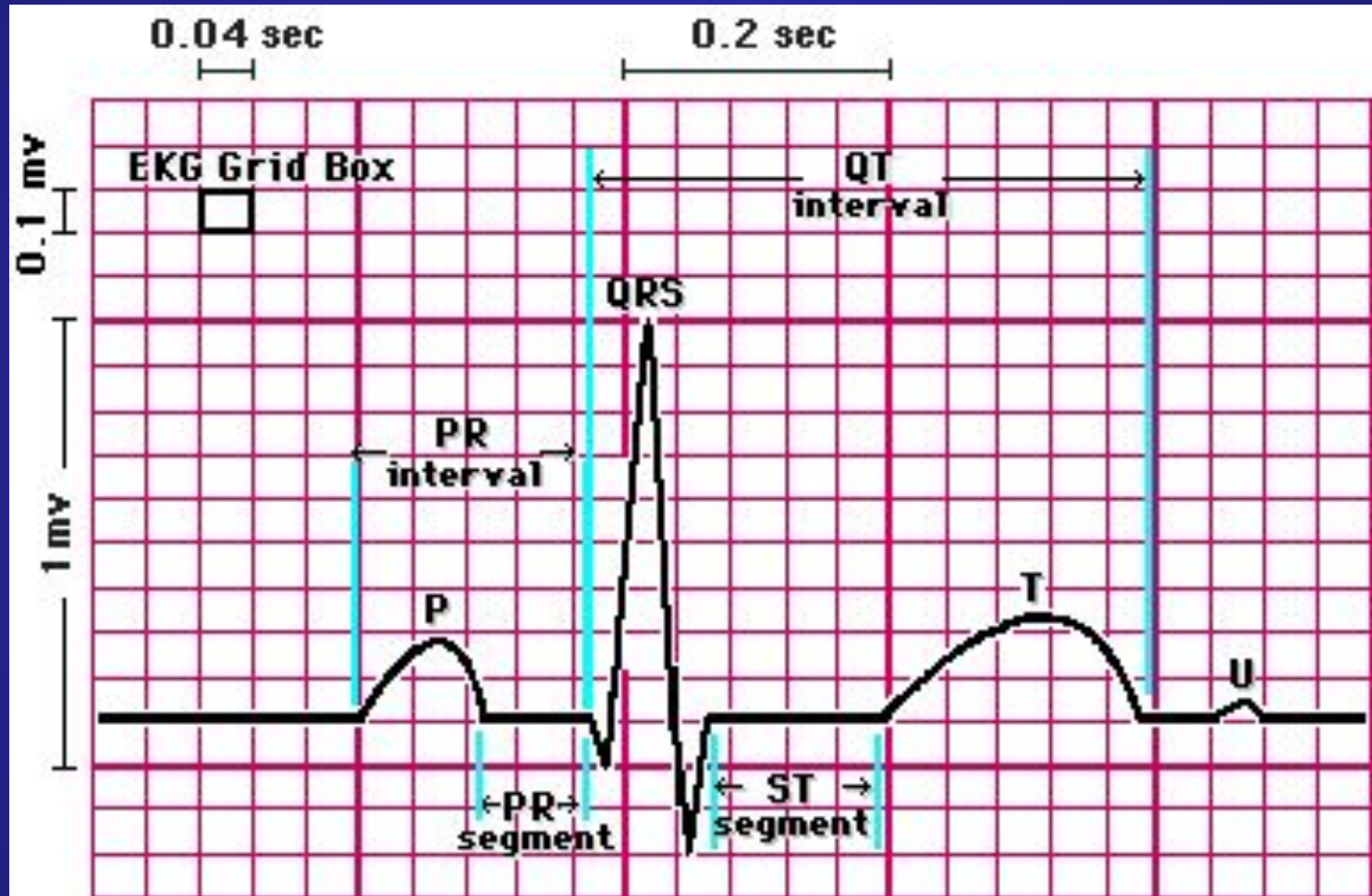
Зубец S

- отражает процесс распространения возбуждения в базальных отделах межжелудочковой перегородки правого и левого желудочков,
- у здорового человека амплитуда зубца S в различных отведениях ЭКГ колеблется в больших пределах, но не превышает 20 мм (не более $1/3 R$)



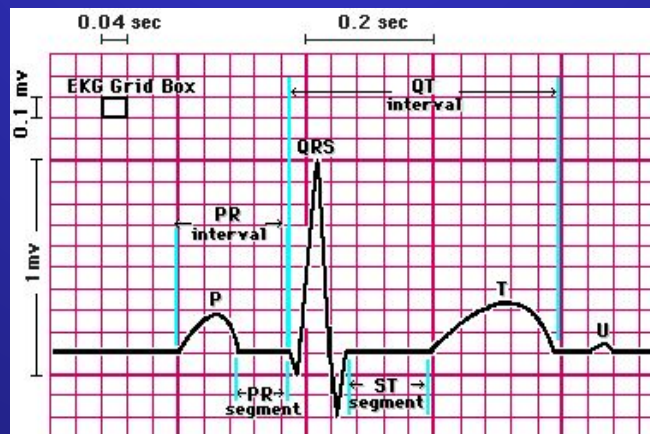
Зубец S

- при нормальном положении оси сердца в отведениях от конечностей амплитуда зубца S мала, кроме отведения aVR,
- в грудных отведениях зубец S постепенно уменьшается от V_1 - V_2 до V_4 , а в V_5 - V_6 имеет малую амплитуду или отсутствует совсем
- равенство зубцов R и S по величине в грудных отведениях обозначается как переходная зона, и, обычно, регистрируется в отведениях V_3 (V_2 - V_3), (V_3 - V_4)



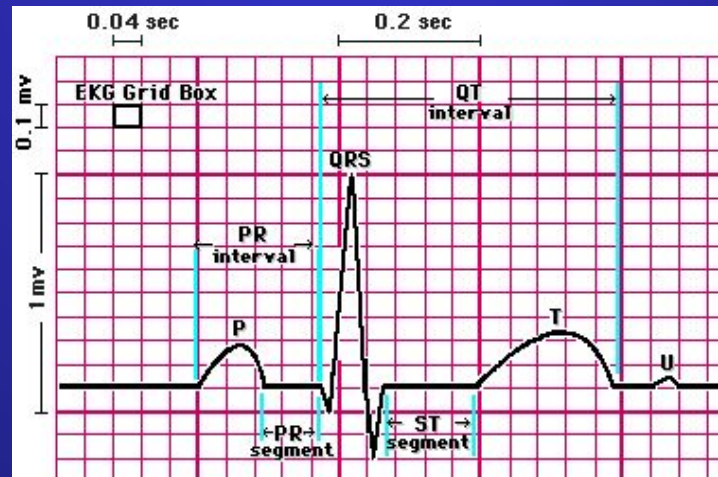
Сегмент ST

- сегмент ST у здорового человека в отведениях от конечностей расположен на изолинии (± 0.5 мм)
- в норме в грудных отведениях V_1 - V_3 может наблюдаться небольшое смещение сегмента ST вверх от изолинии (не > 2 мм),
- а в отведениях $V_{4,5,6}$ – вниз (не > 0.5 мм)



Зубец T

- в норме зубец T всегда положительный в отведениях I, II, AVF, V_2 - V_6 , причем $T_1 > T_{III}$, а $T_{v6} > T_{vI}$
- в отведениях III, AVR и V_1 зубец T может быть (+, +/-, -)
- в отведениях AVR- в норме зубец T всегда отрицательный



Интервал QT (QRST) (электрическая систола желудочков)

- Отражает время возбуждения и восстановления миокарда желудочков. Его продолжительность зависит от частоты сердечных сокращений, при учащении - укорачивается

- Рассчитывается по формуле Базетта

$$QT = K * (R - R),$$

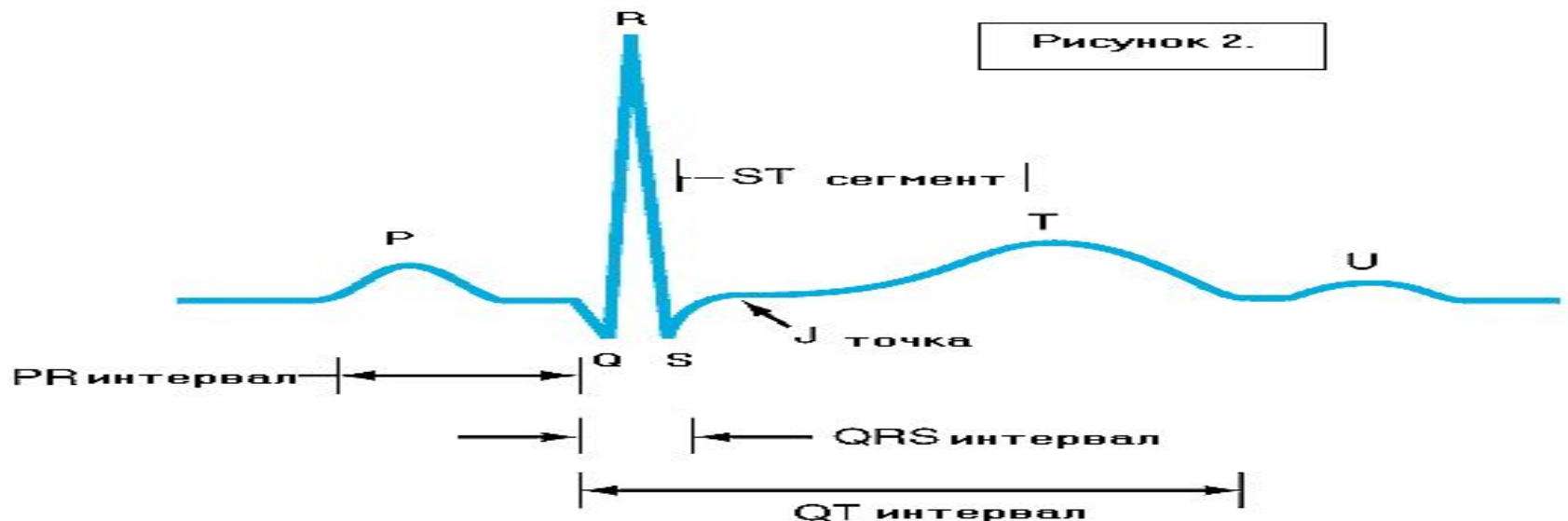
K-коэффициент у мужчин 0,37, у женщин- 0,39
R-R-длительность одного сердечного цикла в (с)

- Длительность QT равняется 0,35-0,44

Зубец U

Он непостоянен. В случае его наличия – он следует за зубцом T, и наиболее выражен в грудных отведениях.

Зубец U, если он определяется, всегда положительный в I, II, V4-V5



АНАЛИЗ ЭКГ

- 1.Определение правильности сердечного ритма.
- 2. Подсчет частоты сердечного ритма ($ЧСС = 60/R-R$).
- 3. Определение вольтажа основных зубцов ЭКГ
- 4. Определение расположения электрической оси сердца (по форме желудочковых комплексов стандартных отведений. Взаимосвязь между положением ЭОС и величиной зубцов QRS в стандартных отведениях отражается в т.н. треугольнике Эйнтховена)
- 5.Измерение продолжительности и величины отдельных элементов ЭКГ.

- 6. Определение продолжительности комплекса *QRST* и сопоставление ее с ЧСС (т.е. Электрической систолы желудочков).
- 7. Оценка фазы восстановления (реполяризации) миокарда желудочков, состояния коронарного кровообращения (смещение сегмента *ST* вверх – элевация, смещение сегмента *ST* вниз – депрессия свидетельствует об ишемии миокарда).

ЭОС

В период сердечного цикла ЭДС сердца, являясь векторной величиной, постоянно меняет свое направление.

Усредненный (суммарный) вектор (т.е. среднее направление ЭДС сердца в течение всего времени деполяризации) называется электрической осью сердца (ЭОС)

О направлении ЭОС судят по углу α – это угол, образованный суммарным вектором ЭДС сердца с осью I ст. отвердения, выражающийся в градусах (во фронтальной плоскости)

Определение угла α производят, используя шести осевую систему Бейли, представляющей собой сочетание осей стандартных отведений с осями усиленных отведений от конечностей

**Ориентировочно о направлении ЭОС
можно предположить по следующим
признакам:**

**ЭОС в пределах нормального
расположения:**

$$R_{II} > R_I > R_{III} \quad R_{II} = R_I + R_{III}$$

**То есть Амплитуда зубца R во II
отведении больше, чем в I и III
отведениях, причем в III отведении
амплитуда зубца R примерно
соответствует амплитуде зубца S.**

ЭОС отклонена влево:

$$R_I > R_{II} > R_{III}$$

То есть, максимальный зубец R регистрируется в I отведении, а глубокий S - в III отведении.

ЭОС отклонена вправо:

$$R_{III} > R_{II} > R_I$$

То есть, максимальный зубец R регистрируется в III отведении, а глубокий S в I отведении.

Спасибо за внимание!