

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЕКГ.

НОРМАЛЬНАЯ ЕКГ.

Перепельченко Н.А.

**Ассистент кафедры кардиологии и
функциональной диагностики НМАПО
им. П.Л. Шупика**

История электрофизиологии и электрокардиографии

- 1791 - Л. Гальвани доказал существование «животного электричества»
- 1837- С. Маттеуччи обнаружил токи повреждения в альтерированной мышце.
- 1848 - Э. Дюбуа-Реймон предпринял попытку теоретического обоснования биоэлектрических явлений, предложив электромолекулярную гипотезу возникновения в мышце токов покоя и токов действия за счет наличия полярно заряженных молекул - диполей, меняющих свою ориентацию при возбуждении. Установил, что в нервах и мышцах возбужденная часть электроотрицательна по отношению к находящейся в покое.



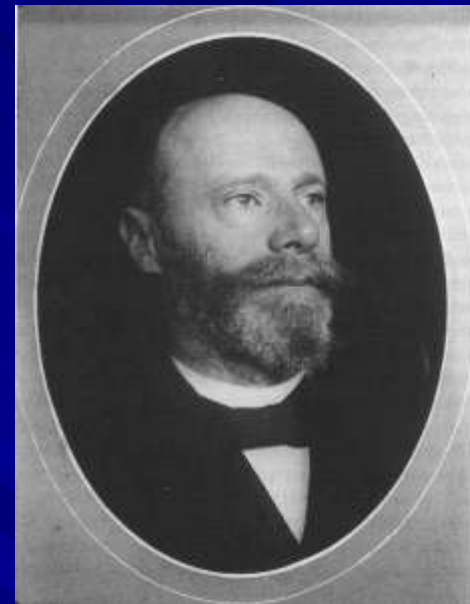
История электрофизиологии и электрокардиографии

- **1854-Гельмгольц (Helmholtz)** доказал, что каждая точка мышцы в момент своего возбуждения перед началом сокращения становится электроотрицательной по отношению к участкам мышцы находящемся в покое. т.о., впереди волны сокращения распространяется электроотрицательная волна.
- **1887 Уоллер (Waller)** зарегистрировал электродвижущую силу сердца живого человека при помощи капиллярного электрометра, им сконструированного . Доказал, что тело является проводником, окружающим источник электродвижущей силы - сердце.

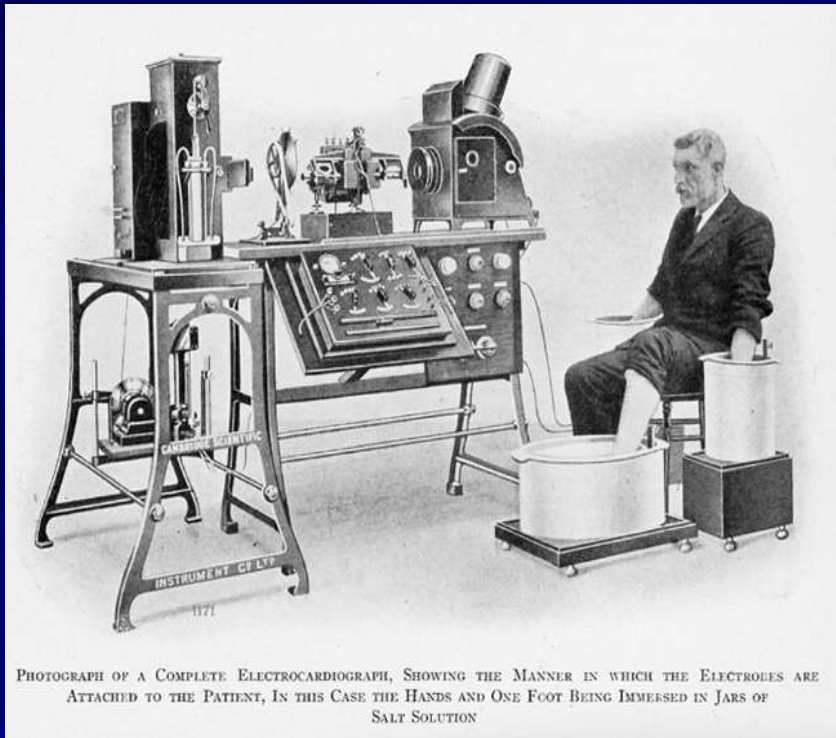
История электрофизиологии и электрокардиографии

- **1903-Эйнтховен (Einthoven)** сконструировал прибор, струнный гальванометр, для регистрации электрической активности сердца, впервые в 1906 году использовал электрокардиографию в диагностических целях, описал некоторые нарушения в работе сердца.

В 1924 году ему присудили Нобелевскую премию по медицине.



Раннии модели электрокардиографа



PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMersed IN JARS OF SALT SOLUTION

- К 1911 году CSIC была разработана «настольная модель» аппарата.
- С 1911 по 1914 годы было продано 35 электрокардиографов.
- К 1935 году удалось снизить вес аппарата до примерно 11 килограмм



История электрофизиологии и электрокардиографии

- **Первые электрокардиографы вели запись на фотоплёнке, затем появились чернильные самописцы, теперь, как правило, ЭКГ записывается на термобумаге. Электронные приборы позволяют сохранять ЭКГ в компьютере.**

История электрофизиологии и электрокардиографии

- **1906г. В.Ю. Чаговцев предложил первую ионную теорию биоэлектрических явлений. Экспериментально обосновал теорию раздражающего действия электрического тока.**
- **Первая отечественная книга по электрокардиографии вышла под авторством русского физиолога А. Самойлова в 1909 г. (Электрокардиограмма. Йенна, изд-во Фишер)**

Электрокардиограмма (ЭКГ) - это запись ("грамма") генерированной сердечными клетками ("кардио") электрической активности ("электро"), достигающей поверхности тела.

или

это графическое представление разности потенциалов, возникающей во время работы сердца на поверхности тела, регистрируемой аппаратом под названием электрокардиограф.

- **При записи ЭКГ каждый электрод регистрирует проекцию той электрической активности, которую он "видит" со своей позиции на поверхности тела.**

Применение метода ЭКГ:

- **Определение частоты и регулярности сердечных сокращений**
- **Диагностика острого или хронического повреждение миокарда**
- **Метод скрининга при ишемической болезни сердца, в том числе и при нагрузочных пробах**
- **Может быть использована для выявления нарушений обмена калия, кальция, магния и других электролитов**
- **Выявление нарушений внутрисердечной проводимости**
- **Может быть информативным для диагностики внесердечных заболеваний, таких как ТЭЛА**

Образование и проведение сердечного импульса

Мышца сердца состоит из двух видов клеток – клеток водителя ритма и проводящей системы, и сократительного миокарда.

- Клетки сократительного миокарда в норме не имеют способность к спонтанному образованию или быстрому проведению электрического импульса**
- Клетки водителя ритма и проводящей системы – сгруппированы в узлы, пучки, ножки и ветвящиеся сети волокон. Эти клетки генерируют спонтанные электрические импульсы, способны изменять скорость электрического проведения по сердцу.**

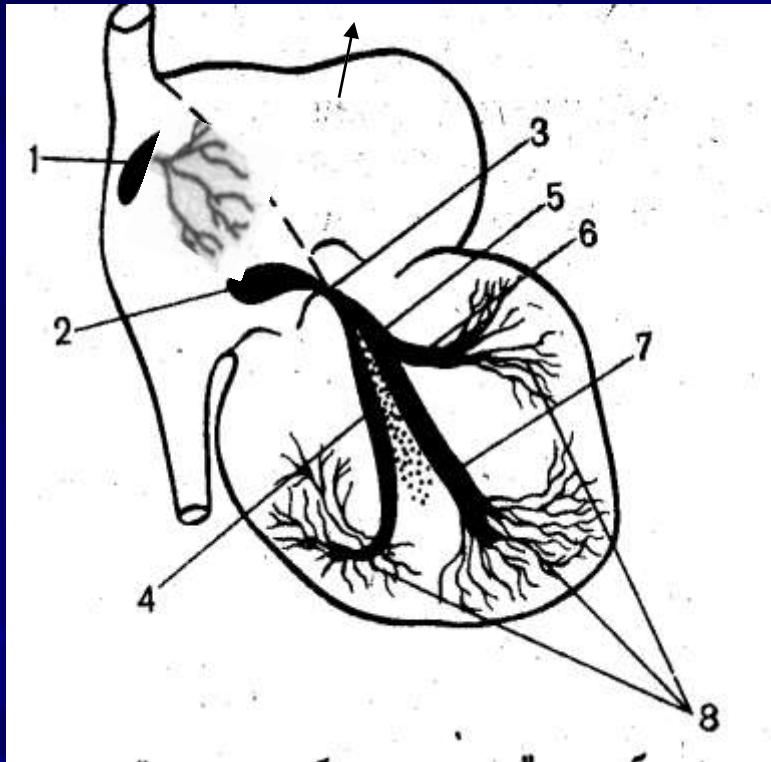
Функции сердца

- **Автоматизм** – способность генерировать импульсы при отсутствии внешних раздражителей. Функцией автоматизма обладают клетки синоатриального узла и проводящей системы сердца.
- **Проводимость** – способность к проведению импульсов. Ею обладают проводящая система сердца и сократительный миокард.
- **Возбудимость** – это способность сердца возбуждаться под влиянием импульсов.
- **Сократимость** – способность миокарда сокращаться под влиянием возбуждения.

Функции сердца

- **Тоничность** – способность сердца сохранять свою форму в диастоле.
- **Рефрактерность** – невозможность возбужденных клеток миокарда снова активироваться при возникновении дополнительного импульса.
- **Аберрантность** – патологическое проведение импульса по предсердиям или желудочкам, когда импульс застаёт проводящую систему (один или несколько пучков) в состоянии рефрактерности.

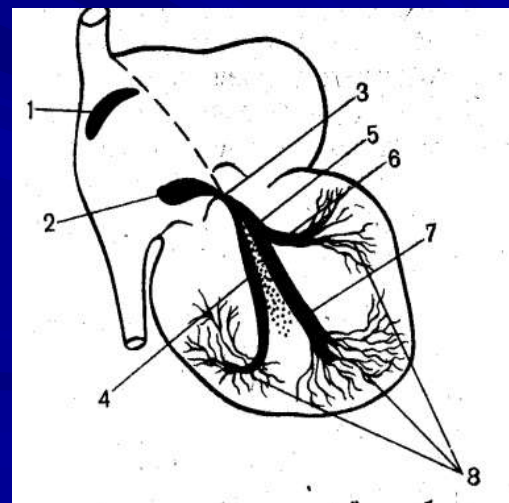
Строение проводящей системы сердца:



- 1. Синусовый узел (Киса- Флака)**
- 2. Тракт Бахмана, Венкебаха, Тореля (передний, средний, задний)**
- 3. Атриовентрикулярный узел**
- 4. Пучок Гиса**
- 5. Правая ножка пучка Гиса**
- 6. Общий ствол левой ножки пучка Гиса**
- 7. Передняя ветвь левой ножки**
- 8. Задняя ветвь левой ножки**
- 9. Конечные разветвления ножек пучка Гиса и волокон Пуркинью.**

Строение проводящей системы сердца

Центр автоматизма 1-го порядка – синоатриальный узел (Киса-Флака) расположен субэпикардially в верхней части правого предсердия между устьями полых вен; длина 10 - 20мм, ширина 3 - 5 мм, состоит из двух вида клеток: Р-клетки - генерируют электрические импульсы для возбуждения сердца с нормальной периодичности (60-90 в мин.), Т-клетки осуществляют проведение импульсов от синусового узла к предсердиям со скоростью 1 м/с



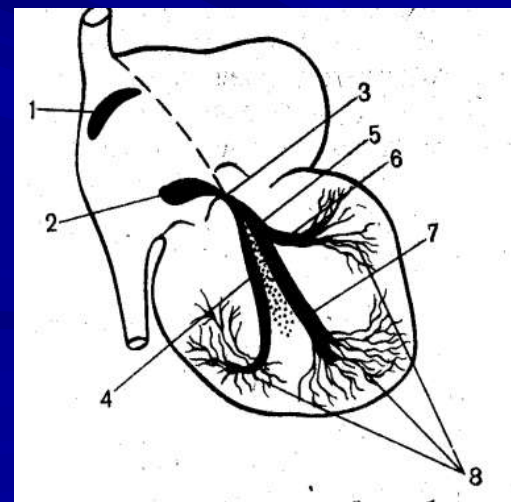
Строение проводящей системы сердца (2)

Центр автоматизма 2-го порядка –

AV-соединение (узел Ашоффа - Тавара + пучек Гиса);
длина 5мм, толщина 2мм, фильтрует и задерживает подходящие к нему импульсы, скорость проведения возбуждения по нему варьирует от 5 до 20 см/с.

Скорость проведения импульса в пучке Гиса

составляет 1м/с, обладает функцией автоматизма, вырабатывает 40 - 60 импульсов в мин

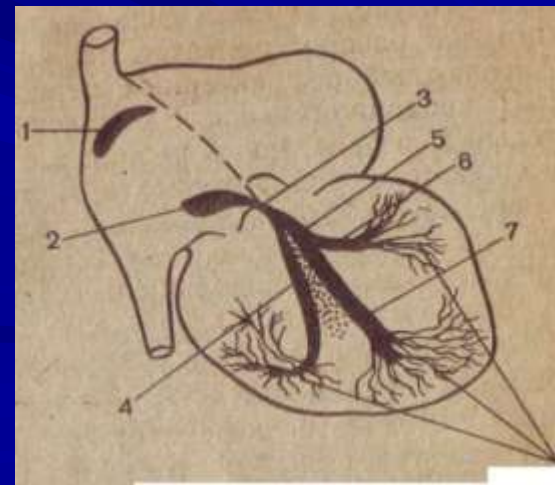


Строение проводящей системы сердца (3)

Центр автоматизма 3-го порядка –

нижняя часть п. Гиса (правая ножка, передняя (передневерхняя) и задняя (задненижняя) ветви левой ножки) скорость распространения возбуждения составляет 3 - 4 м/с , автоматизм составляет 30 - 40 импульсов в мин.

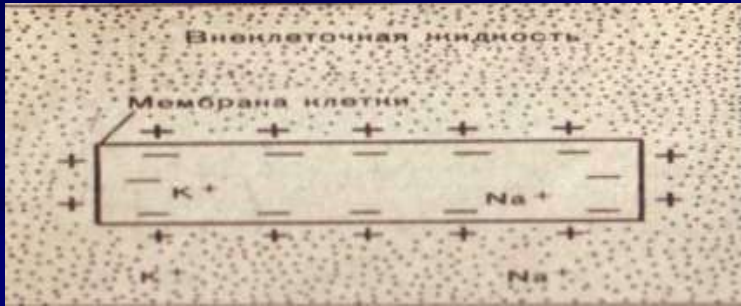
Волокна Пуркинье - скорость распространения возбуждения к миокарду желудочков составляет 4 - 5 м/с, их автоматизм – 15 - 30 импульсов в 1 мин



Кровоснабжение проводящей системы:

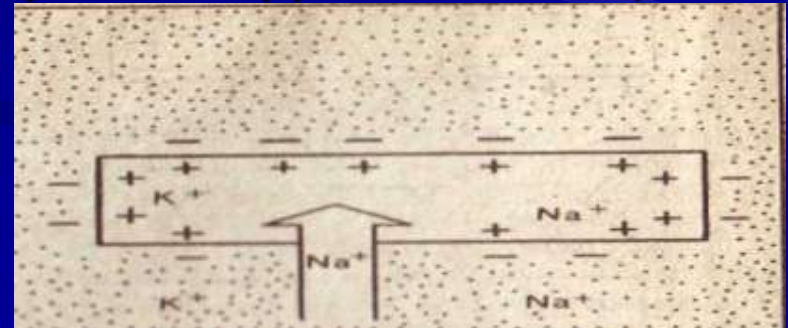
- **Синусовый узел - 60% от правой коронарной артерии, 40% от левой коронарной артерии**
- **Атриовентрикулярный узел и пучок Гиса – от конечных ветвей правой коронарной артерии, 10% из конечных ветвей огибающей артерии**
- **Правая ножка, передняя ветвь левой ножки – из передней нисходящей артерии**
- **Основной ствол левой ножки и ее задняя ветвь – из передней и задней нисходящей артерии**
- **Начальный сегмент правой ножки, передняя и задняя ветви левой ножки – из конечных ветвей правой коронарной артерии**

Биоэлектрический потенциал кардиомиоцитов



В состоянии покоя внутренняя поверхность мембран кардиомиоцитов заряжена отрицательно.

Потенциал покоя определяется в основном трансмембранным градиентом концентрации ионов K^+ и Na^+ , у большинства кардиомиоцитов (кроме синусового узла и АВ-узла) составляет от минус 80 до минус 90 мВ. При возбуждении в кардиомиоциты входят катионы, и возникает их временная деполяризация — потенциал действия.



Потенциал действия кардиомиоцитов

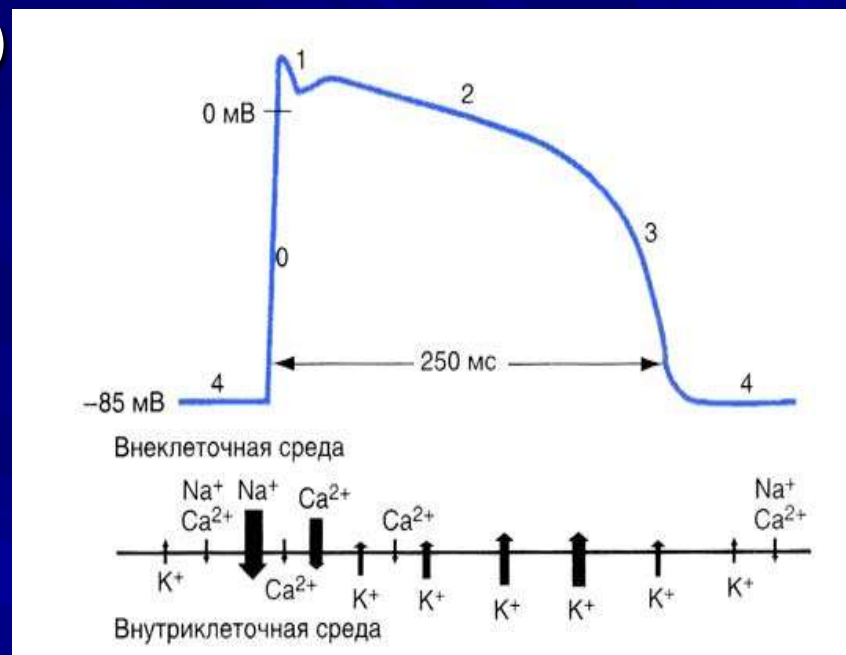
У потенциала действия кардиомиоцитов выделяют пять фаз.

Фаза быстрой деполяризации (фаза 0) обусловлена входом ионов Na^+ по так называемым быстрым натриевым каналам (1-2мс).

После кратковременной фазы ранней быстрой реполяризации (фаза 1), наступает фаза медленной реполяризации, или плато (фаза 2). Она обусловлена одновременным входом ионов Ca^{2+} по медленным кальцевым каналам и выходом ионов K^+ .

Фаза поздней быстрой реполяризации (фаза 3) обусловлена преобладающим выходом ионов K^+ .

Наконец, фаза 4 - восстановления потенциал покоя.

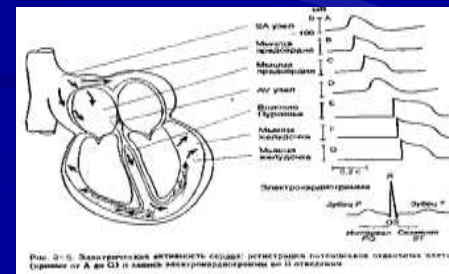


Во время потенциала действия возбудимость кардиомиоцитов резко снижена - вплоть до полной невозбудимости (рефрактерность).

В период **абсолютной рефрактерности** никакой раздражитель не способен возбудить клетку.

В период **относительной рефрактерности** возбуждение возникает только в ответ на надпороговые раздражители; скорость проведения возбуждения снижена.

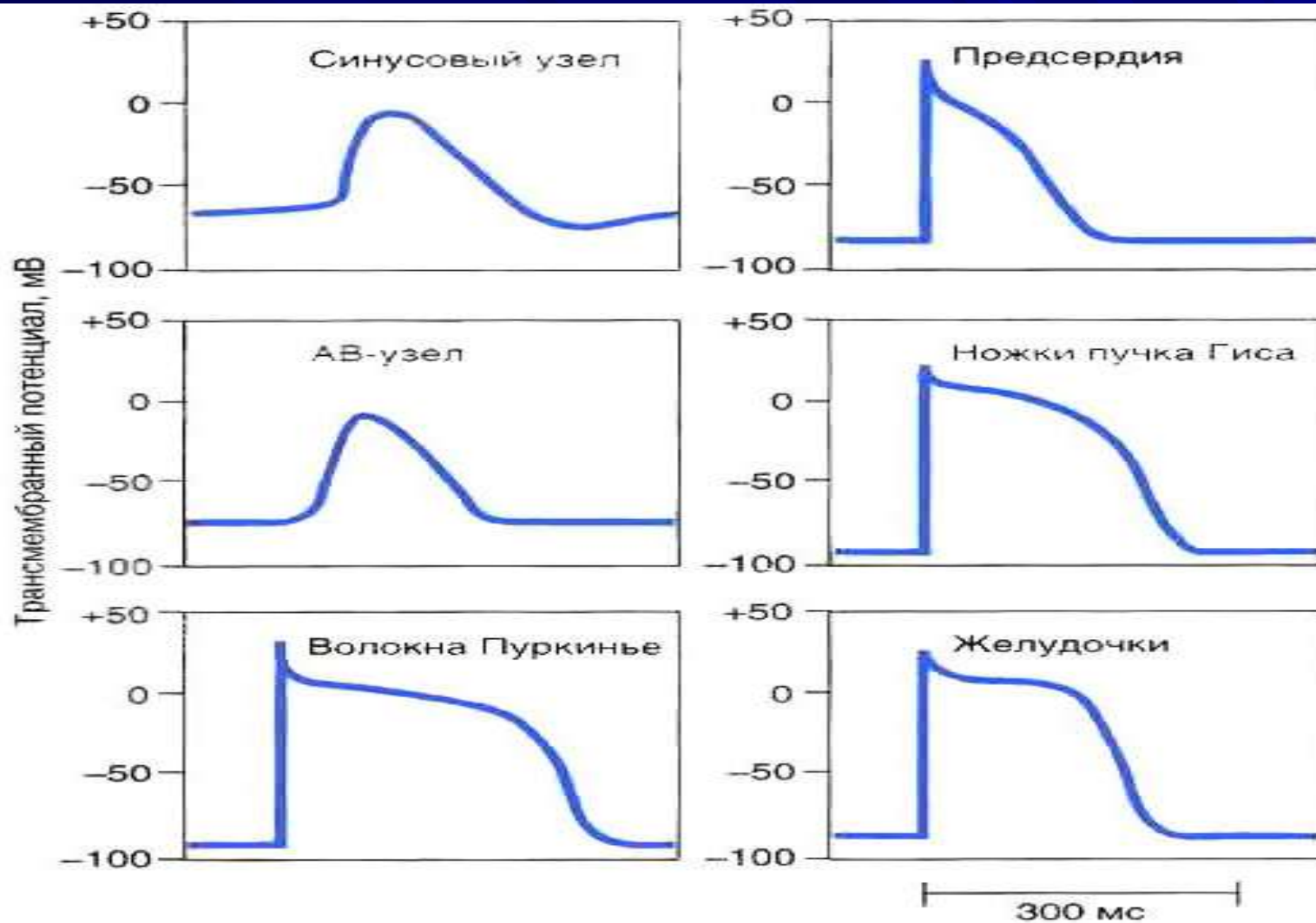
Эффективный рефрактерный период - возбуждение может возникнуть, но не проводится за пределы клетки.



- **Длительность потенциала действия кардиомиоцитов составляет ~ 200 - 400мс, что более чем в 100 раз превышает длительность потенциала действия клеток скелетных мышц и нервных волокон.**

Эта особенность неспецифического эффекта возбуждения кардиомиоцита обуславливает определенные особенности специфического эффекта возбуждения кардиомиоцита - его сокращение.

Потенциалы действия кардиомиоцитов различных структур.



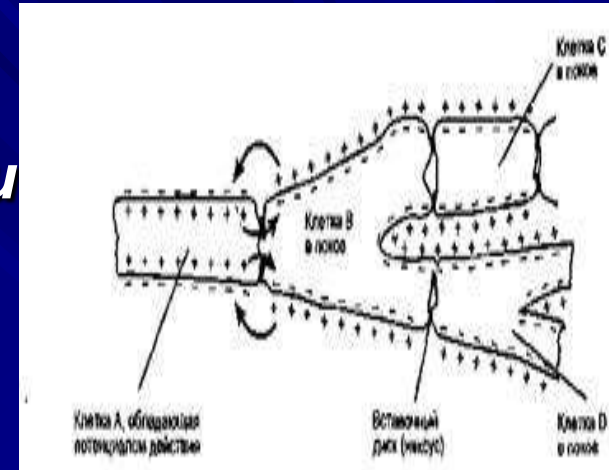
Особенности ПД в клетках проводящей системы

- **Автоматизм обусловлен тем, что после окончания потенциала действия (то есть в фазу 4) вместо потенциала покоя наблюдается так называемая спонтанная (медленная) диастолическая деполяризация. Ее причина - вход ионов Na^+ и Ca^{2+} .**

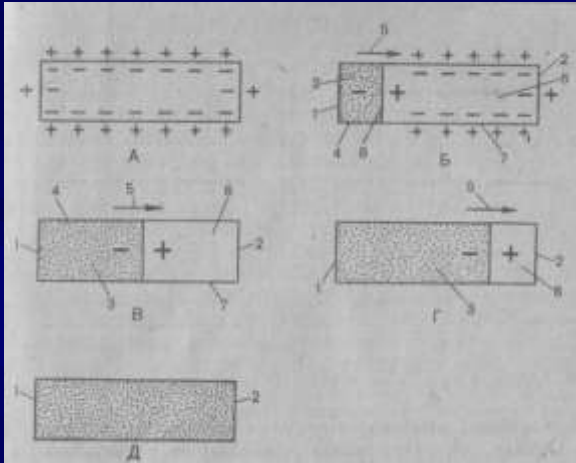
Когда в результате спонтанной диастолической деполяризации мембранный потенциал достигает порога, возникает потенциал действия.

Распространение потенциала действия в сердце:

- ПД распространяются от клетки к клетке, через участки тесного соприкосновения мембран-вставочные диски (нексусы), через которые может легко проходить внутренний локальный электрический ток.
- Специализированные каналы, построенные из белковых соединений, расположены на концах клеток и соединяются конец в конец с образованием межклеточного канала, который позволяет ионам перемещаться из клетки в клетку.



Деполяризация в одиночном мышечном волокне



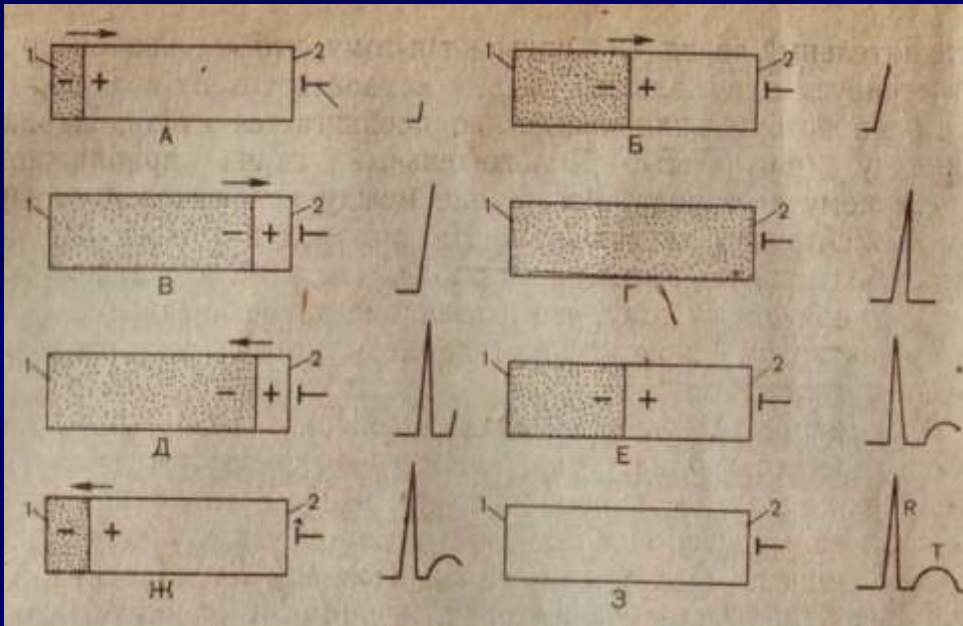
А - мышечное волокно в состоянии статической поляризации (каждому «+» заряду вдоль клеточной мембраны соответствует «-» заряд;

Б - начало деполяризации (возбужденный участок одиночного мышечного волокна становится электроотрицательным по отношению к соседним участкам).

Между положительным и отрицательным зарядом расположена нулевая линия (8).

- ✓ **Равные по величине отрицательный и положительный заряды, расположенные напротив друг друга, образуют диполь и электрическое поле клетки, находящейся в состоянии деполяризации.**
- ✓ **Два одинаковых по величине поля расположены по обе стороны от нулевой линии. Поэтому положительный и отрицательный электроды гальванометра, помещенные в любые точки положительного и отрицательного поля, регистрируют электрический ток.**

Активный электрод расположен у эпикарда одиночного мышечного волокна



- а - начало деполяризации;
- б - продвижение волны деполяризации от эндокарда к эпикарду,
- в - волна возбуждения непосредственно подошла к электроду;
- г - все волокна полностью охвачено возбуждением;
- д - начало реполяризации;
- е - продвижение волны реполяризации от эпикарда к эндокарду;

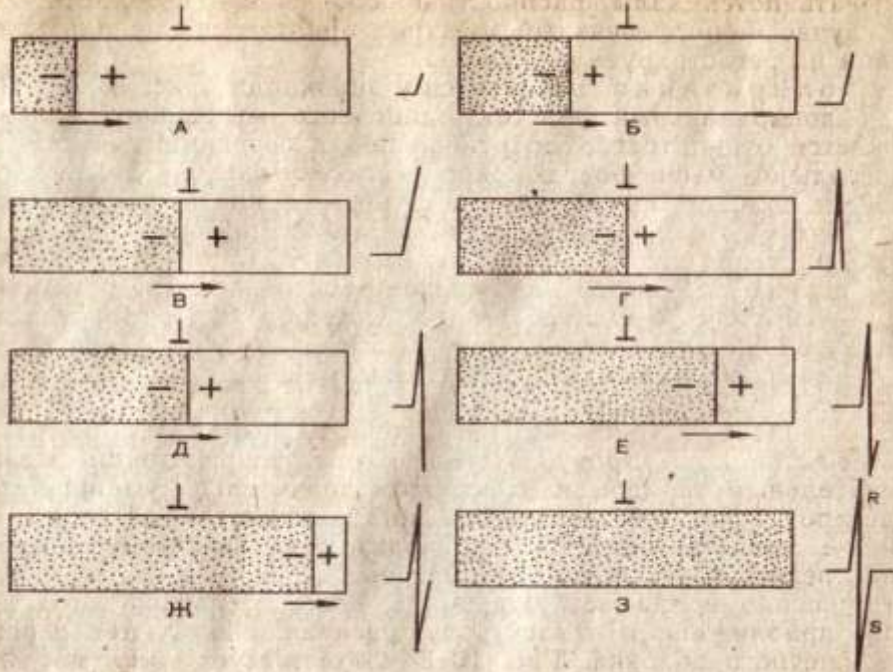
ж - конец реполяризации;

з - реполяризации закончилась. Клетка находится в состоянии статической поляризации.

1- эндокард;

2 - эпикард;

Активный электрод расположен над серединой одиночного мышечного волокна



а - начало деполяризации;
б - волна деполяризации приближается к электроду;
в - под электродом максимальный положительный заряд;
г - под электродом нулевая линия;
д - под электродом максимальный

отрицательный заряд;

е - волна деполяризации удаляется от электрода;

ж - конец деполяризации;

з - все волокно полностью охвачено возбуждением.

Процессы деполяризации и реполяризации в целом миокарде протекают гораздо сложнее, чем в одиночном мышечном волокне.

В сердце одновременно существует огромное количество диполей, которые перемещаются в различных направлениях в одно и то же время.

Электрофизиологические основы электрокардиографии

- **Каждое возбужденное волокно представляет собой элементарный диполь, вызывающий появление ЭДС.**
- **ЭДС – векторная величина.**
- **Векторы складываются друг с другом по правилу сложения векторов.**
- **Электрические силы, возникающие во время возбуждения различных частей желудочков сердца, резко отличаются по направлению, амплитуде и причинам их вызывающим.**

В целом миокарде деполяризация начинается у эндокарда и распространяется к эпикарду.

Возбуждение в целом миокарде является непрерывный процессом.

Схематически нормальный ход возбуждения в миокарде можно разделить на несколько стадий. Такое разделение является условным, но оно помогает наблюдать за последовательным ходом возбуждения в различные моменты электрической систолы желудочков.

Последовательный ход волны условно разделяют на пять стадий.

Ход возбуждения в целом миокарде

Стадия I

Возбуждение левой половины межжелудочковой перегородки.

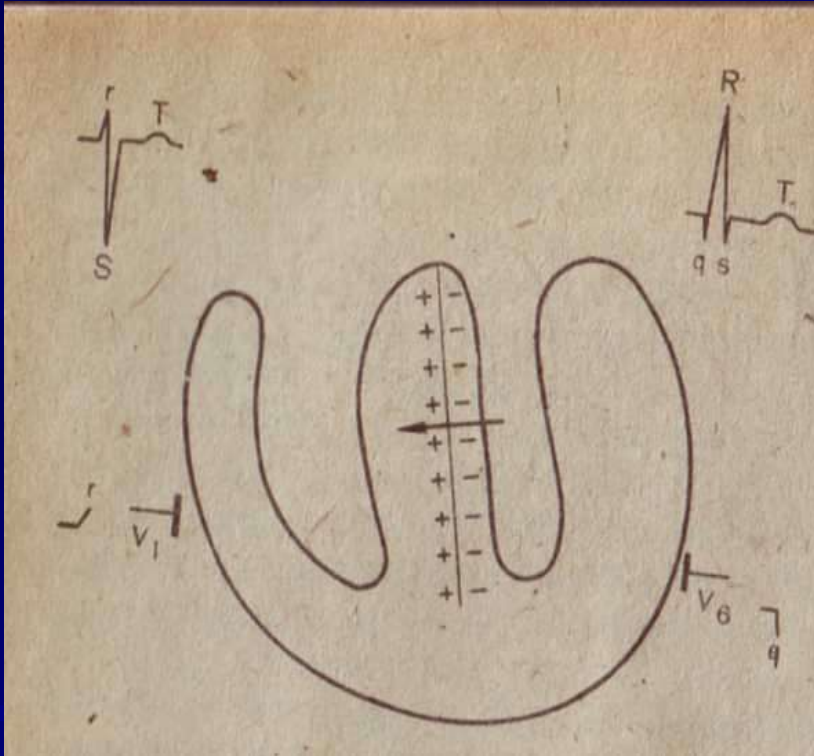
Вектор ЭДС направлен слева направо.

Электрод V1 соответствует правым грудным отведениям V1, V2

электрод V6 - левым грудным отведениям V5, V6.

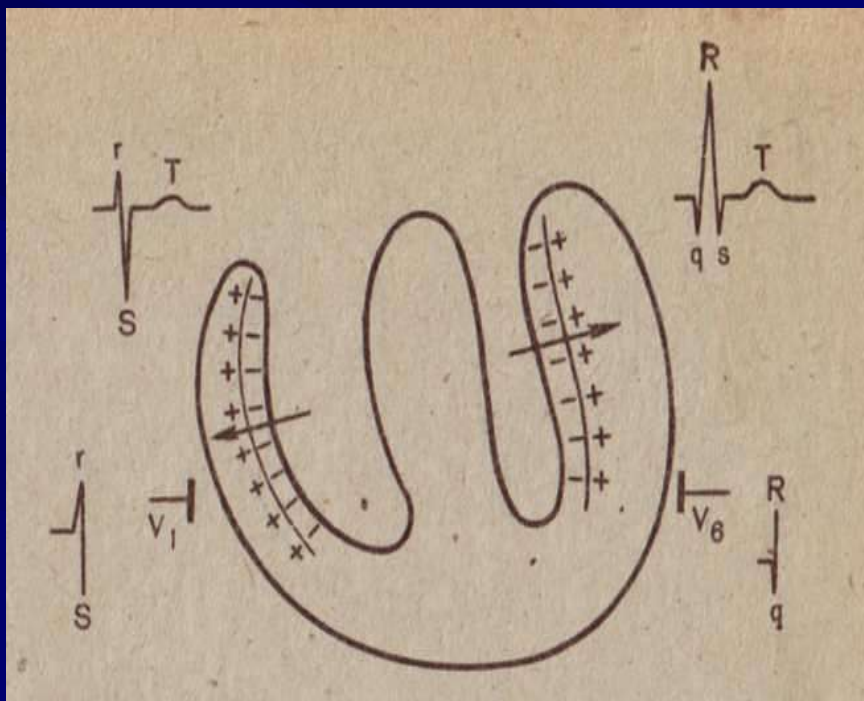
У электрода V1 регистрируется зубец r,

у электрода V6 - зубец q.



Ход возбуждения в целом миокарде

Стадия II



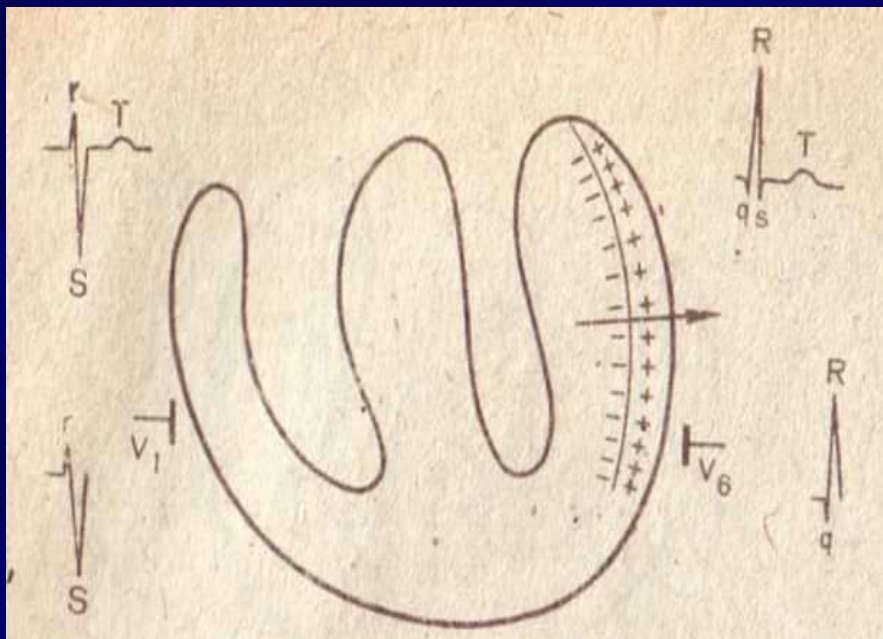
Возбуждение правого и левого желудочков.

Суммарный вектор ЭДС в основном обусловлен возбуждением левого желудочка и направлен справа налево.

У электрода V1 регистрируется дальнейший подъем зубца r, а затем зубец S.

У электрода V6 записывается зубец R.

Ход возбуждения в целом миокарде Стадия III

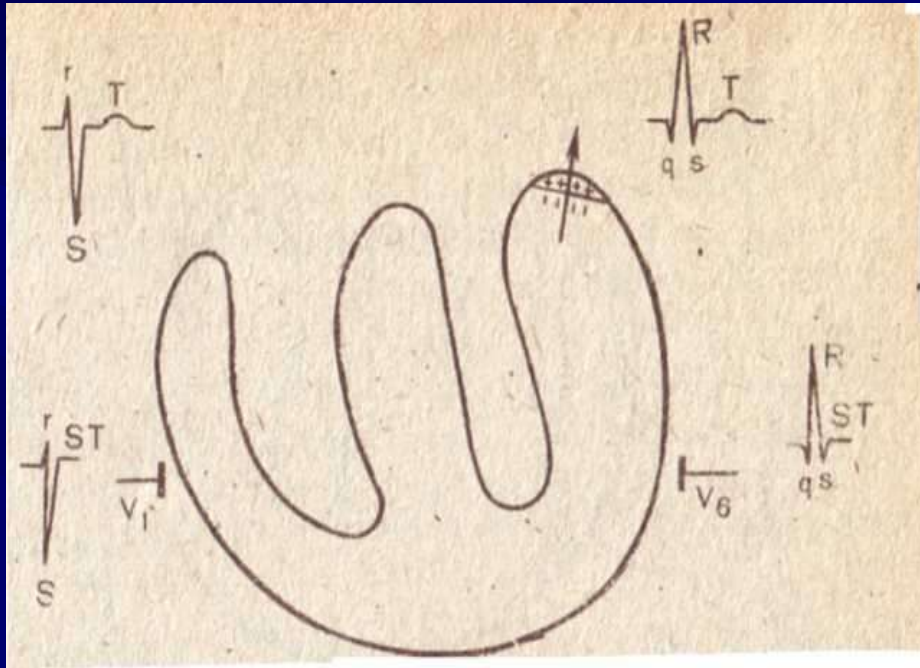


*Возбуждением охвачено
максимальное количество
волокон левого желудочка
Суммарный вектор ЭДС
направлен справа налево.*

*У электрода V1
регистрируется зубец S.*

*У электрода V6 записывается
зубец R.*

Ход возбуждения в целом миокарде. Стадия IV.



**Возбуждение основания
левого желудочка.
Вектор возбуждения
направлен от электрода V6.**

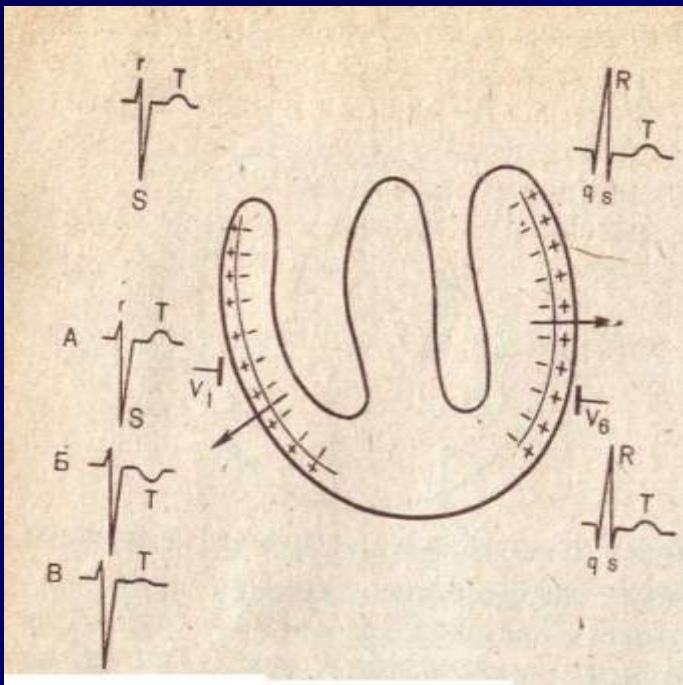
**Это приводит к
регистрации s V6.**

**Сегмент ST у электродов
V1 и V6 расположен на
изолинии .**

Ход реполяризации в целом миокарде.

Стадия V.

Вектор реполяризации левого желудочка направлен справа налево, вектор правого желудочка - слева направо.



А - векторы реполяризации обоих желудочков не оказывают влияния друг на друга.

Т_{V1} и Т_{V6} положительные;

Б - значительное преобладание вектор реполяризации левого желудочка.

Суммарный вектор направлен справа налево

Т_{V1} - отрицательный; Т_{V6} положительный;

В - умеренное преобладание вектора реполяризации левого желудочка.

На электрод V₁, действуют 2 вектора, приблизительно равные по величине и направленные в противоположные стороны, Т_{V1} - сглаженный, Т_{V6} - положительный.

Дипольная теория электрокардиографии

- **Электрическое поле сердца в каждый данный момент времени определяется балансом различных электрических сил, направленных в различные стороны.**
- **Сумма всех векторов в каждый момент сердечного цикла представляет собой суммарный диполь и рассматривается как суммарный вектор ЭДС сердца в данный момент.**
- **Суммарный вектор ЭДС сердца проецируется на оси отведений и обуславливает регистрацию ЭКГ в различных электрокардиографических отведениях.**
- **Суммарный вектор во время сердечного цикла постоянно меняет свою величину и направление.**

Электрокардиографически е отведения

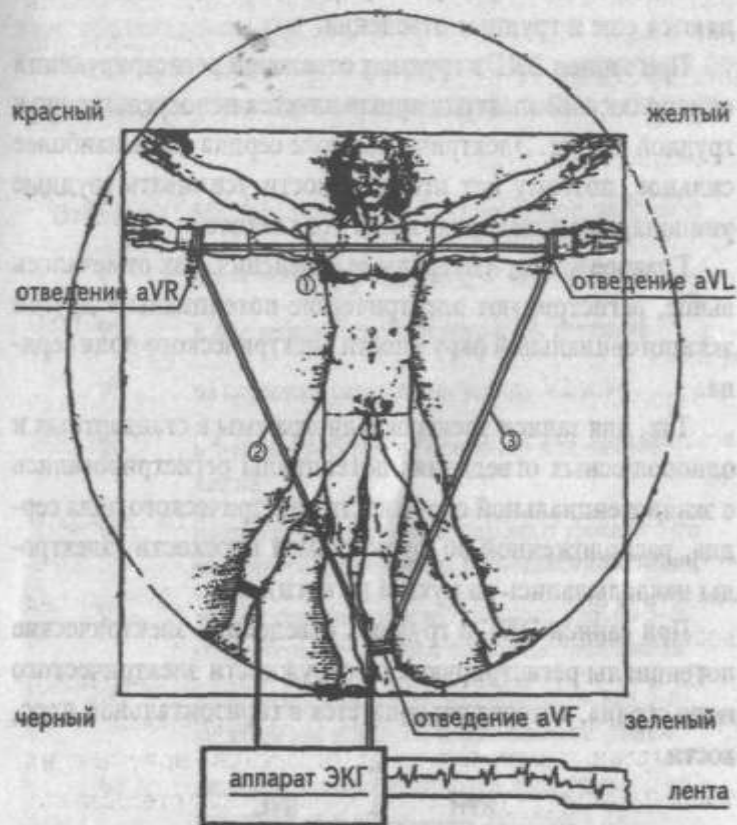
Электрокардиографические отведения

- **Электрические потенциалы, образующиеся при работе сердца, можно зарегистрировать с помощью двух электродов, один из которых соединен с положительным, а другой - с отрицательным полюсом гальванометра.**
- **При ЭКГ-исследовании электроды накладывают на определенные точки тела человека и соединяют проводами с электрокардиографом.**
- **Соединение двух точек тела человека, имеющих разные потенциалы, называется отведением.**

При записи ЭКГ

в **стандартных отведениях** (I, II, III) регистрируется разность потенциалов между двумя точками электрического поля.

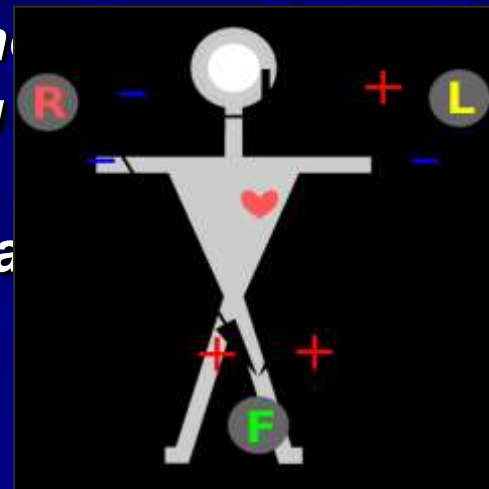
В **усиленных однополюсных отведениях** от конечностей (aVR, aVL и aVF) регистрирующий электрод определяет разность потенциалов между конкретной точкой электрического поля и гипотетическим нулем.



- ① — I стандартное отведение
- ② — II стандартное отведение
- ③ — III стандартное отведение

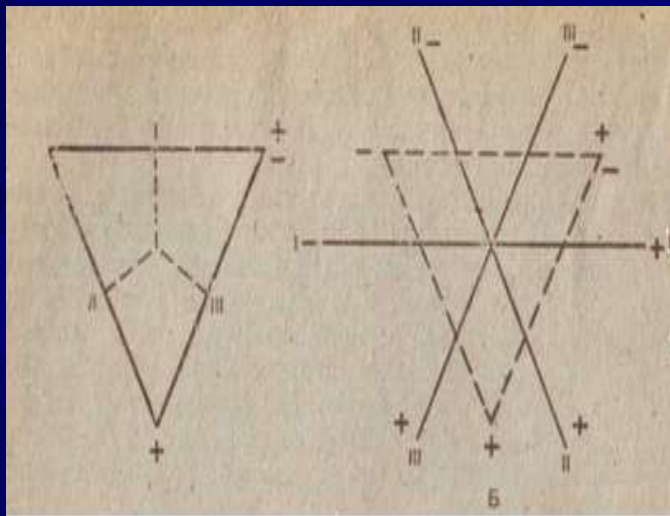
Стандартные отведения

■ *W. Einthoven* исходил из допущения, что сердце является точечным источником электрического тока расположенным в центре равностороннего треугольника образованного правой и левой руками и левой ногой.



- Стандартные отведения обозначаются цифрами I, II, III. Для их получения соединяют электродами две конечности:
I стандартное отведение - правая рука - левая рука;
II стандартное отведение - правая рука - левая нога;
III стандартное отведение - левая рука - левая нога.
- Правую руку всегда соединяют с «-» полюсом гальванометра, левую ногу — всегда с «+», левую руку в I стандартном отведении соединяют с «+» полюсом гальванометра, а в III стандартном отведении с «-» полюсом.

Оси стандартных отведений



Если ЭДС сердца проецируется на положительную часть оси стандартного отведения, то регистрируется положительный зубца R в этом отведении. В тех случаях, когда вектор возбуждения проецируется на отрицательную часть оси отведения – регистрируется отрицательный зубец.

Если спроецировать оси 3 стандартных отведений на центр сердца, то получим трехосевую систему отведений.

Эта система указывает на расположение в пространстве осей I, II, III стандартных отведений. Угол между каждыми двумя отведениями составляет 60° .

В практической электрокардиографии было установлено:

- **при преобладании потенциалов левых отделов сердца суммарный вектор возбуждения желудочков и предсердий во фронтальной плоскости большей частью направлен к левой руке. Это приводит к появлению высоких положительных зубцов ЭКГ в I стандартном отведении.**
- **При преобладании потенциалов правых отделов сердца суммарный вектор возбуждения предсердий и желудочков во фронтальной плоскости ориентирован к левой ноге. Это приводит к регистрации высоких положительных зубцов ЭКГ в III стандартном отведении.**
- **II стандартное отведение занимает в этом смысле промежуточное положение между I и III отведением.**

Усиленные отведения от конечностей

- **Усиленные отведения от конечностей предложил E. Gold-berger (1942). Это однополюсные отведения, в них имеется индифферентный электрод, потенциал которого близок к нулю, и дифференциальный (активный), электрод.**
- **Активный электрод присоединяют к положительному полюсу гальванометра, а индифферентный - к отрицательному.**
- **В ЭКГ применяют три усиленных отведения от конечностей - отведения aVR , aVL и aVF . Это усиленные отведения от правой руки, левой руки и левой ноги.**

Усиленные отведения от конечностей

aVR - индифферентный электрод – объединяет левую руку, и левую ногу через сопротивление (объединенный электрод Гольдбергера).

Активный электрод присоединяют к правой руке.

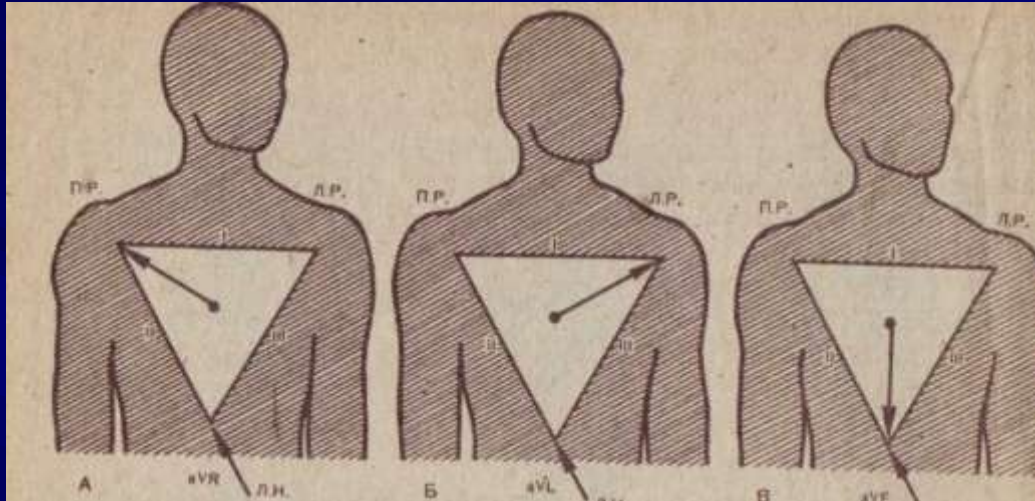
aVL - индифферентный электрод – объединяет правую руку и левую ногу через сопротивление.

Активный электрод накладывают на левую руку.

aVF - индифферентный электрод объединяет левую и правую руки через сопротивление .

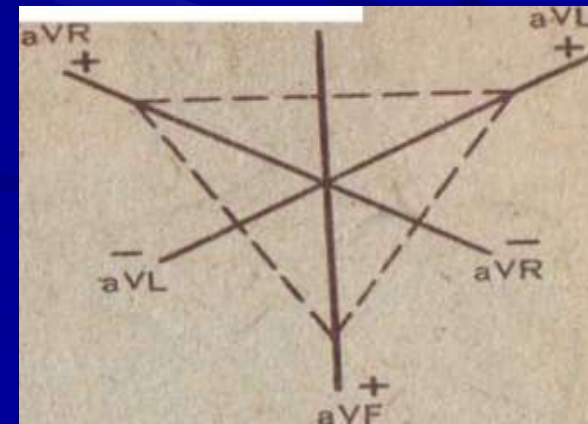
Активный электрод присоединяют к левой ноге.

Оси усиленные отведения от конечностей

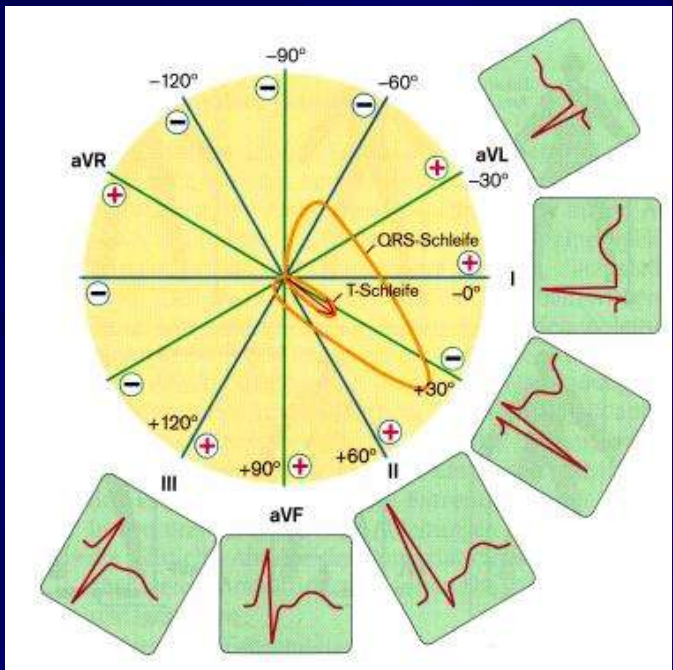


Для получения оси отведения aVR , (aVL , aVF) - соединяют электрический центр сердца с правой рукой (рис. А), с левой рукой (рис. Б), с левой ногой (рис. В).

На рис. А, Б, В представлены положительные части осей отведений aVR , aVL и aVF , так как активный электрод всегда присоединяется к положительному полюсу гальванометра. Продолжая оси каждого отведения за центр сердца, получают также отрицательные части осей этих отведений.



Шестиосевая система отведений БЕЙЛИ



отражает пространственное расположение 6 отведений от конечностей во фронтальной плоскости и, следовательно, регистрирует изменения ЭДС сердца, происходящие в этой плоскости.

Угол между любым стандартным отведением и расположенным рядом, с ним усиленным отведением от конечностей равен 30° .

Грудные отведения



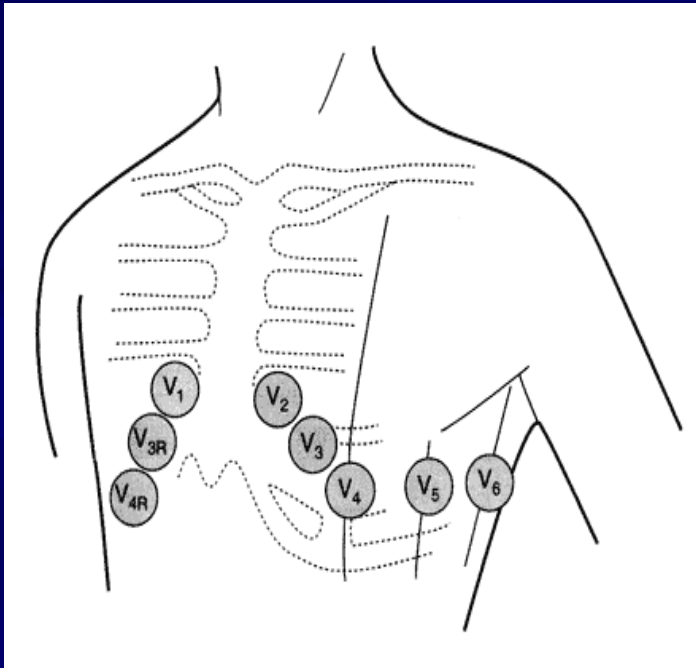
■ Грудные отведения были предложены F. Wilson (1946). Они являются однополюсными.

В качестве индифферентного электрода используют объединенный электрод Вильсона, образующийся при соединении проводами через сопротивление трех конечностей.

Индифферентный электрод присоединяют к отрицательному полюсу гальванометра.

Активный электрод помещают на различные точки грудной клетки.

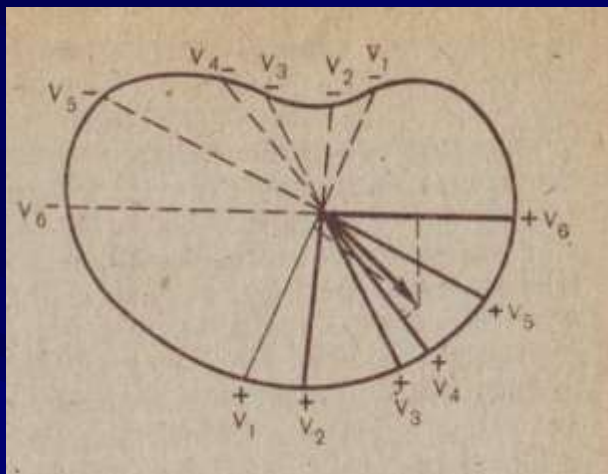
Грудные отведения



Чтобы получить грудные однополюсные отведения активный электрод устанавливают в следующих точках:

- V1 - четвертое межреберье по правому краю грудины,
- V2 - четвертое межреберье по левому краю грудины,
- V3 - между V2 и V4,
- V4 - пятое межреберье по левой среднеключичной линии;
- V5 и V6 – на той же горизонтали, что и V4, но, соответственно, по передней и средней подмышечной линии

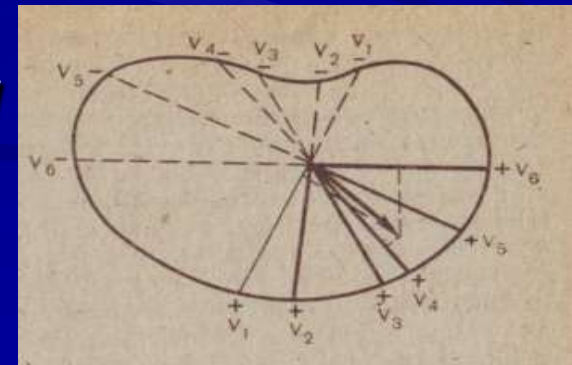
Оси грудных отведений



Оси грудных отведений расположены в горизонтальной плоскости приблизительно под углами: $V1+115^\circ$, $V2+94^\circ$, $V3+58^\circ$, $V4+47^\circ$, $V5+22^\circ$ и $V6 - 0^\circ$.

- направление суммарного вектора возбуждения сердца почти полностью совпадает с положительной частью оси отведения $V4$, проекция вектора ЭДС сердца на ось ЭТОГО отведения будет наибольшей (R_{V4} имеет наибольшую амплитуду). Проекция вектора на ось отведения наименьшая $V1$ (R_{V1} имеет наименьшую амплитуду). $R_{V6} < R_{V5}$, так как проекция вектора возбуждения на ось отведения $V6$ меньше, чем $V5$.

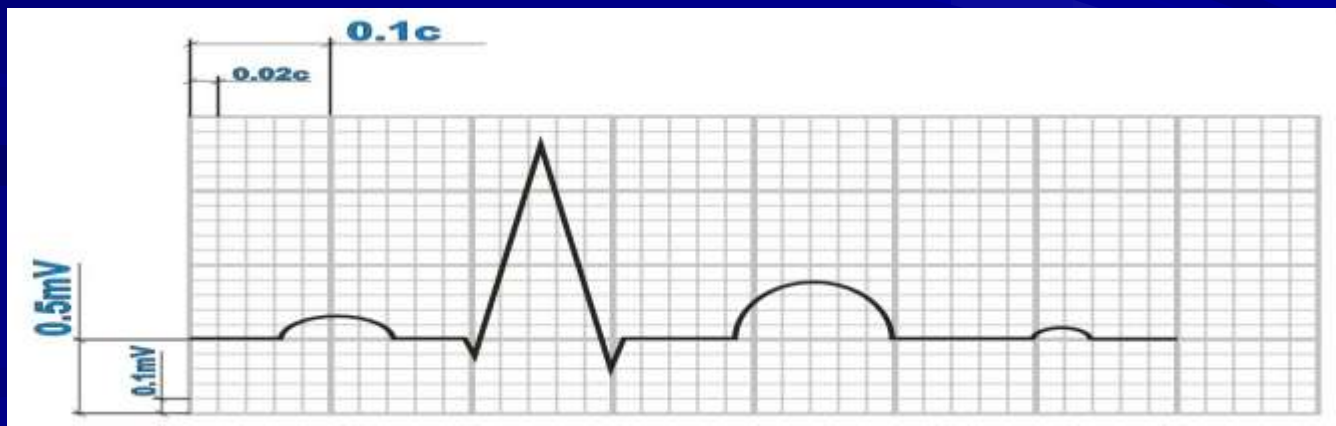
- При преобладании потенциалов правой половины сердца, наблюдаемой при гипертрофии правого предсердия или правого желудочка, суммарный вектор возбуждения в основном проецируется на положительную часть отведений V_1 , V_2 . Это приводит к увеличению амплитуды положительных зубцов в первую очередь в правых грудных отведениях V_1 и V_2 .
- При преобладании ЭДС левой половины сердца суммарный вектор возбуждения предсердий и желудочков в основном ориентирован по направлению к положительным частям осей грудных отведений V_5 , V_6 . Поэтому гипертрофия левого предсердия или левого желудочка приводит к увеличению амплитуды соответствующих зубцов ЭКГ именно в этих отведениях.



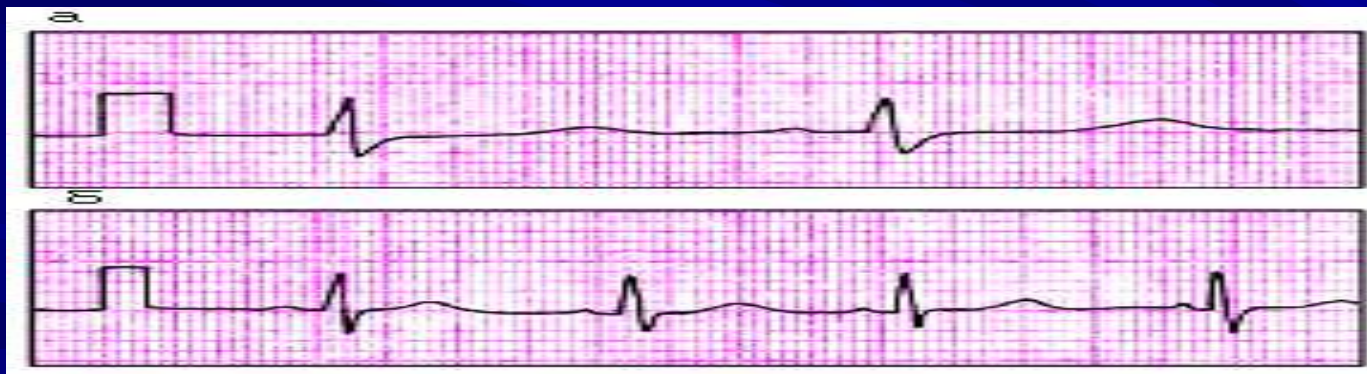
НОРМАЛЬНАЯ ЕКГ

Что в действительности измеряет электрокардиограмм?

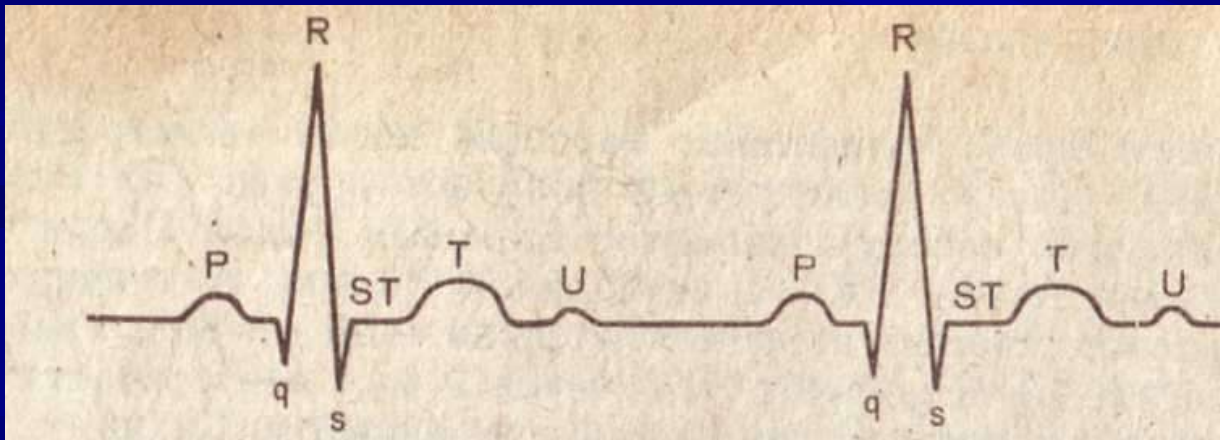
- Измерения по вертикальной оси отражают электрическое напряжение в зависимости от времени и "суммирование" электрической активации всех сердечных клеток.
- Измерения вдоль горизонтальной оси отражают частоту и регулярность сердечного ритма, интервалы времени, необходимые для перемещения электрической активности от одной области сердца к другой.



- **Скорость движения бумаги составляет обычно 25 или 50 мм/с. В начале каждой записи регистрируется контрольный милливольт. Обычно его амплитуда составляет 10 мм/мВ.**

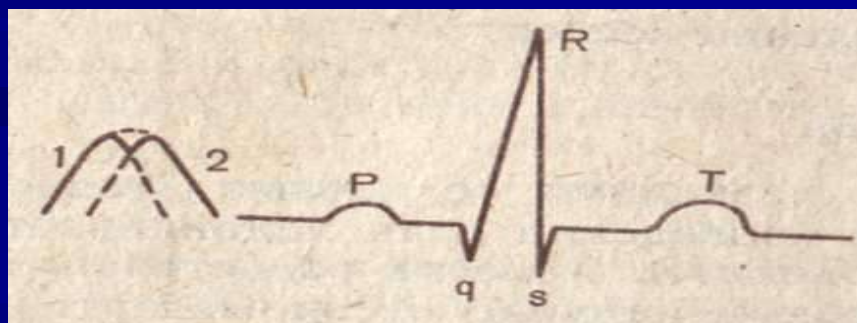


- **Зубцы ЭКГ обозначают латинскими буквами.**
- **Если амплитуда зубца составляет больше 5 мм, то этот зубец обозначают прописной (заглавной) буквой.**
- **Если же амплитуда зубца меньше 5 мм, то для его названия используют строчную (малую) букву.**

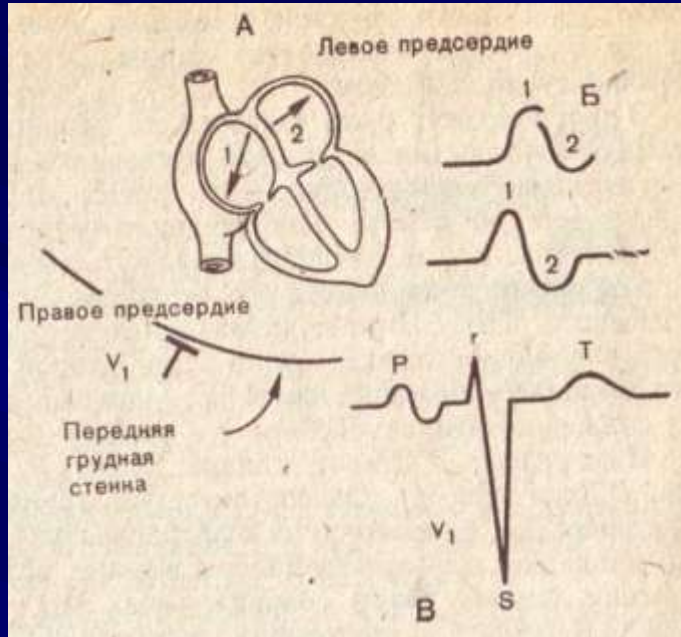


Зубец Р

- **Образован возбуждением обоих предсердий**
- **Начинает регистрироваться сразу после выхода импульса из СУ**
- **Образуется в результате наложения возбуждения ПП и ЛП друг на друга**
- **Возбуждение ПП начинается раньше ЛП на 0,02с.**
- **Подъем и спуск зубца пологий, вершина закруглена**
- **Продолжительность зубца Р составляет до 0,1 с.**
- **Амплитуда не должна превышать 2,5 мм**



Зубец Р



- Положительный зубец Р является показателем синусового ритма.
- Амплитуда зубца обычно наибольшая во II стандартном отведении.
- Р должен быть обязательно «+» во II, I, aVF.
- В отведении aVR он всегда «-».
- В III и aVL отведениях зубец Р может быть «+», «+-» или «-».
- $P_{II} > P_I > P_{III}$.
- $P_{II, III, aVF} < T_{II, III, aVF}$.
- P_{V1} «+», «-», «+-», небольшой амплитуды или изоэлектричный.
- $P_{V4 - V6}$ обычно «+», нередко низкоамплитудный

Интервал PQ

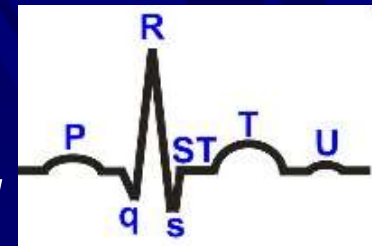
- от начала зубца P до начала зубца Q или R.
- Он соответствует времени прохождения возбуждения по предсердиям и AV-соединению к миокарду желудочков.
- Продолжительность 0,12 - 0,18 с (до 0,20 с).
- Имеет тенденцию удлиняться с возрастом и укорачиваться при учащении ритма.
- Для измерения продолжительности интервала PQ выбирают отведение, где хорошо выражены зубец P и комплекс QRS (II отведение).
- В грудных отведениях продолжительность интервала PQ может отличаться от его длительности в отведениях от конечностей на 0,04 с или даже больше.



Комплекс QRS

- Регистрируется во время возбуждения желудочков.
- Обычно это наибольшее отклонение ЭКГ.
- Ширина комплекса QRS в норме 0,06 - 0,08 с (до 0,1с)
- С возрастом ширина комплекса QRS увеличивается.
- Продолжительность комплекса лучше определять в стандартных отведениях (преимущественно II) или в усиленных отведениях от конечностей).
- В грудных отведениях ширина комплекса QRS обычно на 0,01 – 0,02 с. больше, чем в отведениях от конечностей.
- По крайней мере в одном из стандартных отведений или отведениях от конечностей амплитуда комплекса должна превышать 5мм, а в грудных отведениях - 8мм.
- Если амплитуда комплекса во всех стандартных отведениях и в отведениях от конечностей меньше 5 мм или во всех грудных отведениях меньше 8 мм, то говорят о снижении вольтажа зубцов ЭКГ.

Зубец Q



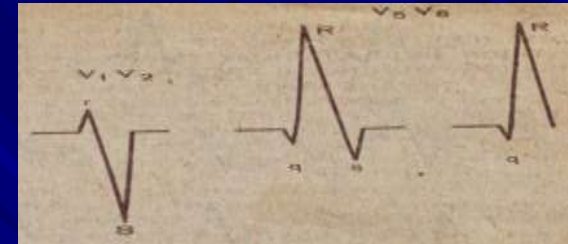
- Регистрируется во время возбуждения левой половины межжелудочковой перегородки.
- В норме регистрируется в I и aVL отведениях при горизонтальном расположении электрической оси сердца или отклонении ее влево или во II, aVF отведениях при вертикальном расположении ЭОС или отклонении ее вправо.
- Должен обязательно быть в наличии в отведениях V4-V6.
- Регистрация зубца даже малой амплитуды в отведениях V1-V3 является патологией.
- В норме ширина зубца не должна превышать 0,03 с.
- Амплитуда меньше $\frac{1}{4}$ следующего за ним зубца R (меньше 2 мм).
- Исключением из этого правила является Q_{III}, который может быть больше 6 мм.
- Нормальный зубец q не должен быть зазубрен.

Зубец R

- Обусловлен возбуждением желудочков.
- Амплитуда зубца в стандартных и в усиленных отведениях от конечностей обусловлена расположением ЭОС.
- При нормальном расположении ЭОС $R_{II} > R_I > R_{III}$.
- Зубец может отсутствовать в отведении aVR (QS).
- Зубец R изредка может отсутствовать в отведении aVL при вертикальном расположении ЭОС (комплекс приобретает вид QS, который часто сочетается с отрицательным зубцом P в этом отведении).
- В норме амплитуда $R_{aVF} > R_{III}$.
- В грудных отведениях зубец R должен нарастать по амплитуде с V1 по V4.
- В отведении VI может отсутствовать (QS).
- Иногда на ЭКГ наблюдается не один, а два или больше положительных зубцов в комплексе QRS. Эти дополнительные зубцы обозначаются как $R'(r)$, $R''(r'')$ и т. д.



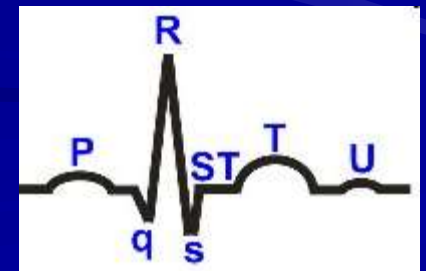
Зубец S



- Обусловлен конечным возбуждением основания левого желудочка.
- Может отсутствовать, в отведениях от конечностей.
- В грудных отведениях наибольшая амплитуда зубца обычно наблюдается в V1 или V2.
- Амплитуда зубца S постепенно уменьшается от V1, V2 к отведениям V5, V6, где он может отсутствовать.
- При переходе от правых к левым грудным отведениям отношение R/S постепенно увеличивается.
- Грудное отведение ЭКГ, где амплитуда зубцов $R \approx S$, называется переходной зоной (V3, реже - в V4).
- Изредка у здоровых людей ЭКГ в отведении V1 имеет вид rSr', амплитуда зубца r' меньше высоты начального зубца r.
- Если на ЭКГ регистрируется несколько отрицательных зубцов, то они последовательно обозначаются как S'(s'), S''(s'').

Сегмент ST

- Отрезок ЭКГ между концом комплекса QRS и началом зубца T.
- Сегмент ST соответствует периоду сердечного цикла, когда оба желудочка полностью охвачены возбуждением.
- Точка, где оканчивается комплекс QRS и начинается сегмент ST, обозначается как точка J.
- Продолжительность сегмента ST изменяется в зависимости от частоты ритма.
- Сегмент ST в норме расположен на изолинии.

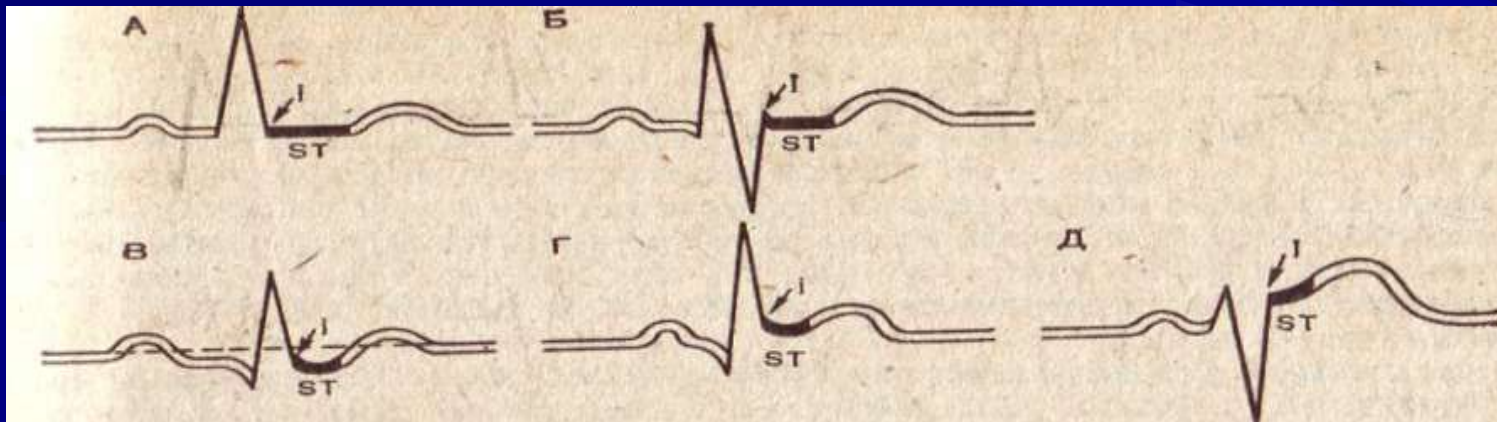


Сегмент ST

- **Снижение сегмента ST не должно превышать 0,5мм. Изредка в III стандартном отведении снижение сегмента ST превышает у здоровых людей 0,5мм, особенно если последующий зубец T низкой амплитуды или отрицательный.**
- **В норме сегмент ST может быть расположен на 1,5 - 2мм выше изолинии. У здоровых людей такой подъем сегмента ST обычно сочетается с высоким положительным зубцом T и имеет вогнутую форму.**

Различные варианты расположения сегмента ST у здоровых лиц

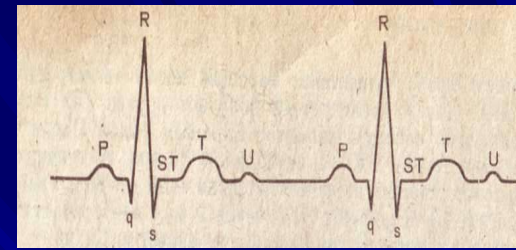
- А - точка J и сегмент ST расположены на изолинии;
- Б - точка J слегка приподнята над изолинией, сегмент ST изоэлектричен;
- В – точка J и сегмент ST расположены несколько ниже изолинии; наблюдается также небольшая депрессия сегмента PQ. Снижение сегмента ST лежит в пределах нормы;
- Г - точка J и сегмент ST имеет вогнутую форму;
- Д - точка J и сегмент ST расположены выше изолинии, наблюдается некоторая вогнутость сегмента ST. Смещение сегмента ST сочетается с наличием глубокого зубца S и высокого положительного зубца T является нормальным для правых грудных отведений).



Зубец Т

- Обусловлен реполяризацией желудочков.
- Это наиболее лабильный зубец ЭКГ.
- Обычно начинается на изолинии, где в него непосредственно переходит сегмент ST.
- В норме не зазубрен.
- Как правило, положителен в тех отведениях, где комплекс QRS в основном представлен зубцом R.
- В норме положителен в I и II стандартных отведениях.
- В отведении aVR - всегда отрицательный.
- Продолжительность зубца Т обычно составляет 0,10 - 0,25 с.
- В грудных отведениях амплитуда нарастает от V1 к V3 (по V4).
- $TV5, V6 < TV4, TV1 < TV6$.

Интервал QT

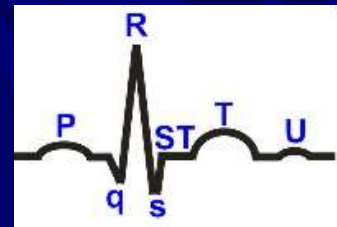


Электрическая систола желудочков

- Интервал QT — это время в секундах от начала комплекса QRS до конца зубца T;
- Зависит от пола, возраста и частоты ритма.
- QT является константой для данной частоты ритма отдельно для мужчин и для женщин.
- Формула Базетта:
$$QT \text{ (вычисленный)} = QT \text{ (измеренный на ЭКГ)} / \sqrt{R-R}$$

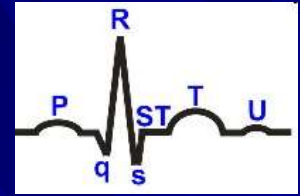
интервал (сек.)
Интервал QT считается патологическим, если вычисленный по формуле интервал QT превышает 0,42 с.
- Если у больного продолжительность интервала QT превышает нормативы больше чем на 0,05 с, то говорят об удлинении электрической систолы желудочков.

Зубец U



- **Небольшой положительный зубец, изредка регистрируемый за зубцом T.**
- **Он лучше всего бывает виден в V4-V6, особенно при редком ритме.**
- **Амплитуда зубца U увеличивается при урежении ритма.**
- **В норме всегда положителен I и II стандартных отведениях и в грудных отведениях V4-V6.**
- **Предполагают, что**
 - обусловлен реполяризацией папиллярных мышц или волокон Пуркинье
 - связан с входением ионов калия в клетки миокарда во время диастолы
- **Выраженный зубца U ($U > T$) указывает на гипокалиемию.**
- **Отрицательные зубцы U в отведениях I, II и V4 - V6 обычно связаны с ишемией миокарда или реже с гипертрофией левого желудочка.**

Время активации правого и левого желудочков



Различают время активации левого и правого желудочков

- Оно соответствует интервалу времени от начала комплекса QRS до перпендикуляра, проведенного через вершину R
- Это время соответствует периоду от начала возбуждения желудочка до охвата возбуждением максимального количества его мышечных волокон.
- Время активации левого желудочка определяется в левых грудных отведениях V5, V6. В норме оно не должно превышать 0,04 с.
- Время активации правого желудочка вычисляют в правых грудных отведениях V1, V2. В норме не должен превышать 0,03 с.

Диагностические критерии синусового ритма

- 1) наличие зубца P синусового происхождения, постоянно предшествующего комплексу QRS ;
 - 2) постоянное и нормальное расстояние PQ (0,12 - 0,20 с);
 - 3) постоянная форма зубца P во всех отведениях;
 - 4) частота ритма 60 - 90 в 1 мин;
 - 5) постоянное расстояние $P - P$ или $R - R$.
- Продолжительность $P - P$ (или $R - R$) считают одинаковой, если наибольшее и наименьшее расстояния отличаются друг от друга меньше чем на 10%.
 - Если же указанные расстояния в отдельных циклах отличаются больше чем на 10% говорят о наличии синусовой аритмии.

Электрическая ось сердца

Электрическая ось сердца



Направление ЭДС сердца в данный момент времени называется моментной электрической осью сердца.

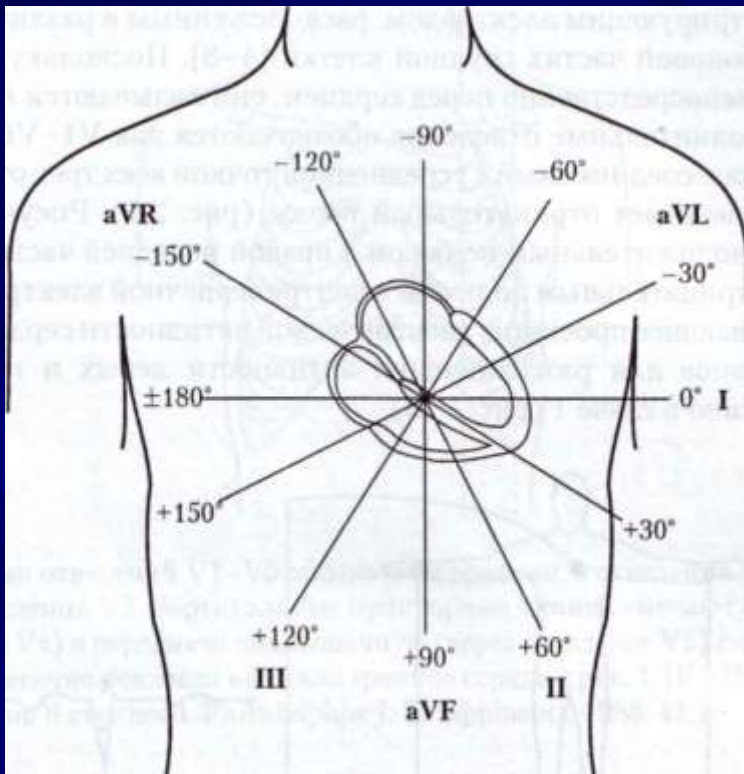
- При сложении всех этих моментных векторов по правилам сложения векторов получают суммарный вектор соответствующий среднему направлению ЭДС сердца в течение всего периода деполяризации (электрическая ось сердца).
- Угол между электрической осью сердца и осью I-го стандартного отведения называется углом α ($\angle \alpha$).

Различают следующие положения ЭОС:

- горизонтальное, если $\alpha =$ от 0 до $+40^\circ$;
- вертикальное, если $\alpha =$ от $+70$ до $+90^\circ$;
- нормальное, если $\alpha =$ от $+40$ до $+70^\circ$;
- отклонении электрической оси сердца вправо, если $\alpha \geq 90^\circ$;
- отклонении электрической оси сердца влево, если $\alpha < 0^\circ$;
- резкое отклонении электрической оси сердца вправо, если $\alpha \geq 120^\circ$;
- резкое отклонении электрической оси сердца влево, если $\alpha < -30^\circ$;



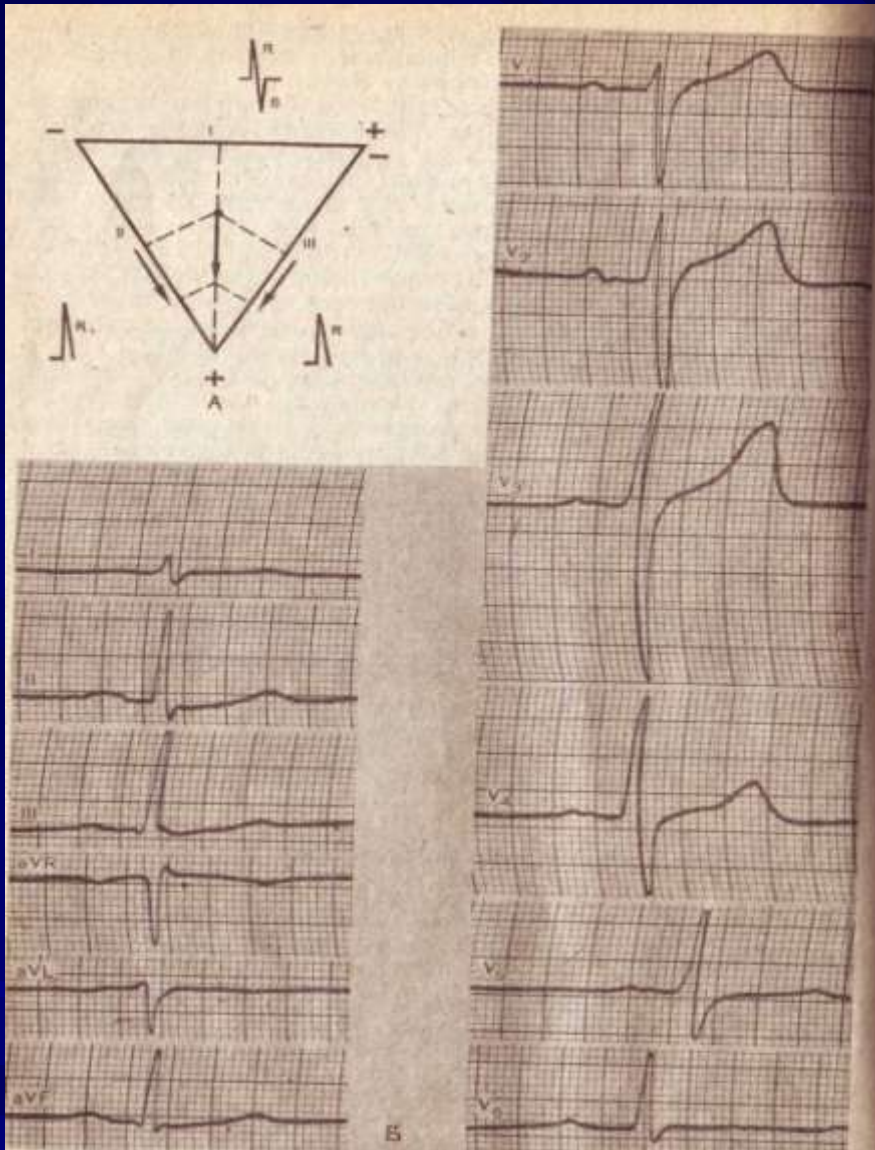
Как определить ЭОС ?



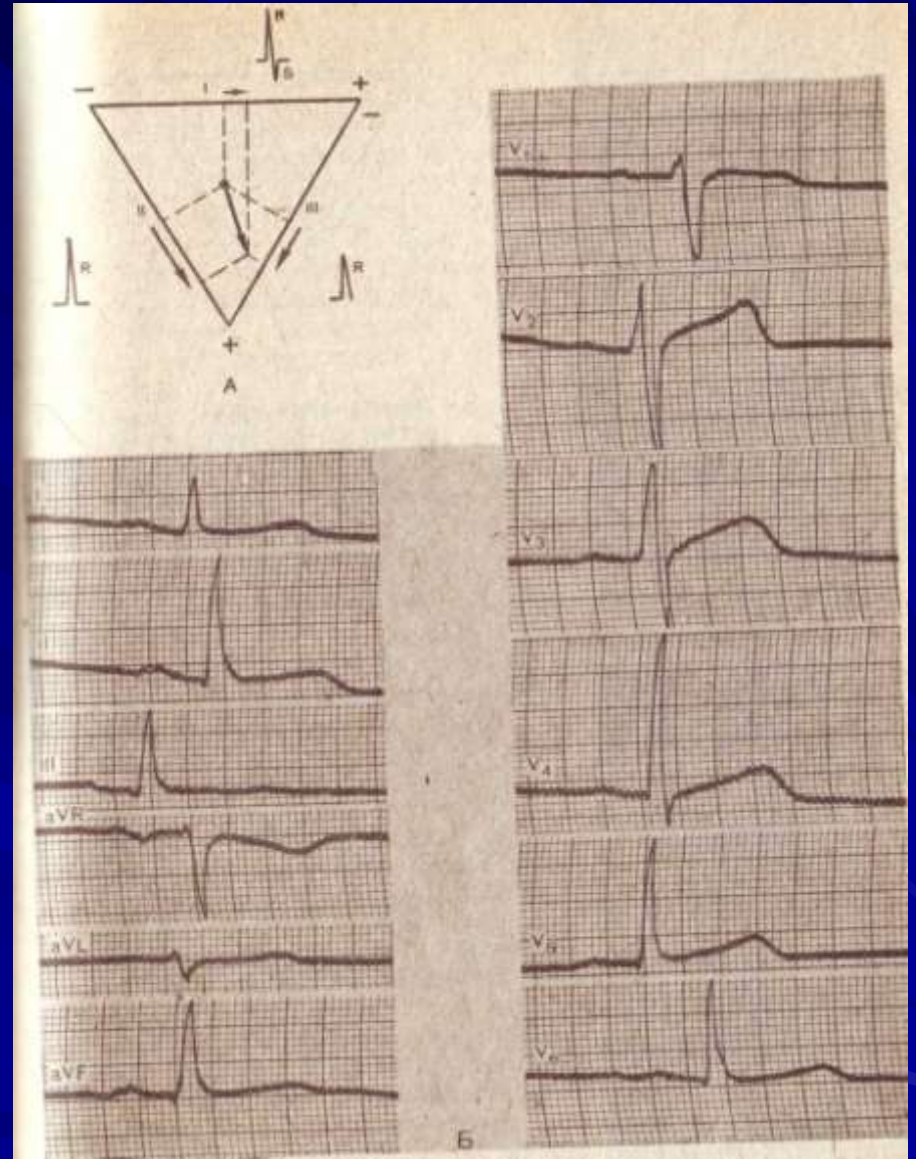
Если ЭОС расположена *параллельно* оси данного отведения, то в этом отведении регистрируется *зубец наибольшей амплитуды*

Если ЭОС расположена *перпендикулярно* оси данного отведения, то в этом отведении записывается *изолиния*, или $R=S$.

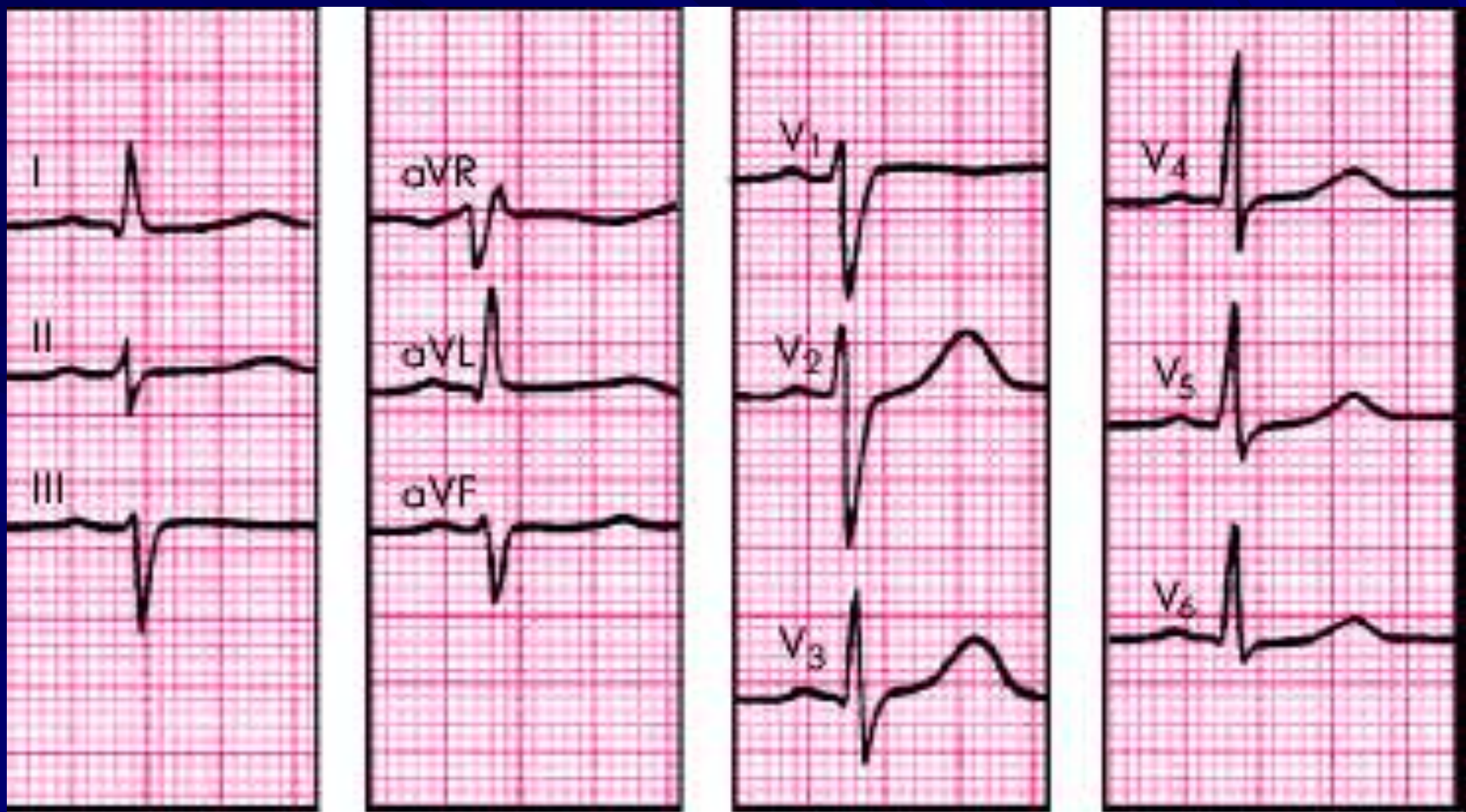
При проекции электрической оси сердца на *отрицательную* часть оси отведения в этом отведении зубцы $S(Q) > R$.



$R_I = S_I, R_{II} = R_{III} > R_I, <\alpha = 90$.

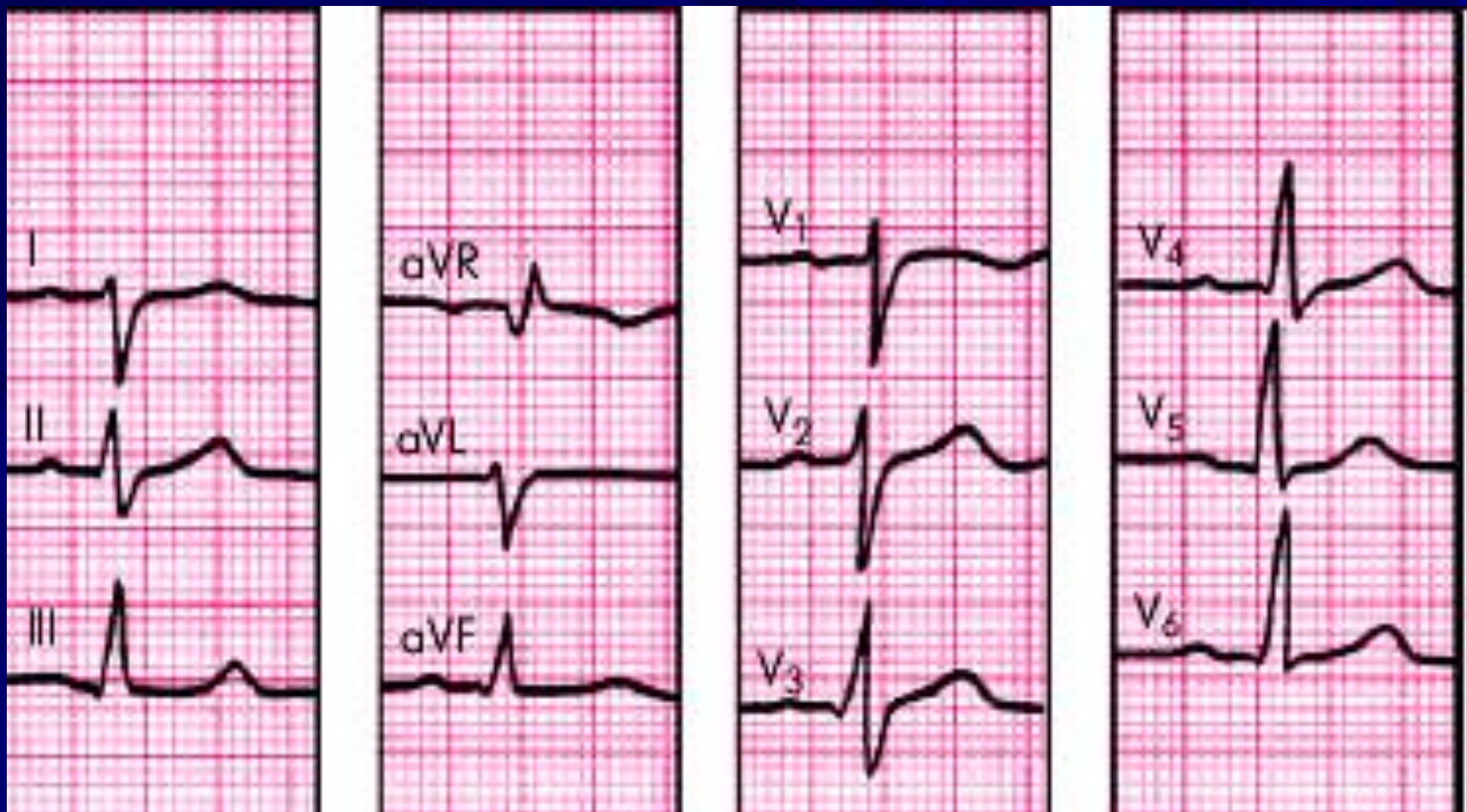


$R_{II} > R_{III} > R_I, S_{aVL} > R_{aVL}, <\alpha = \text{от } +70 \text{ до } 90$

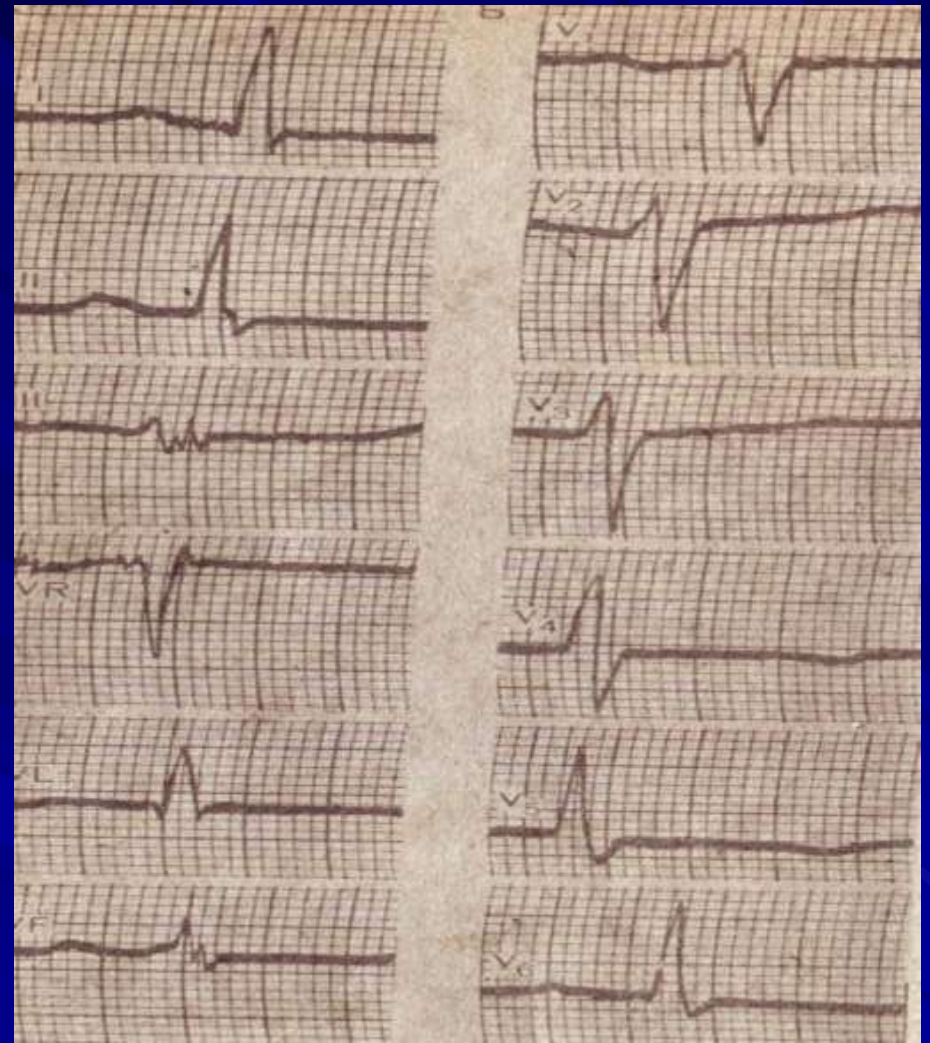
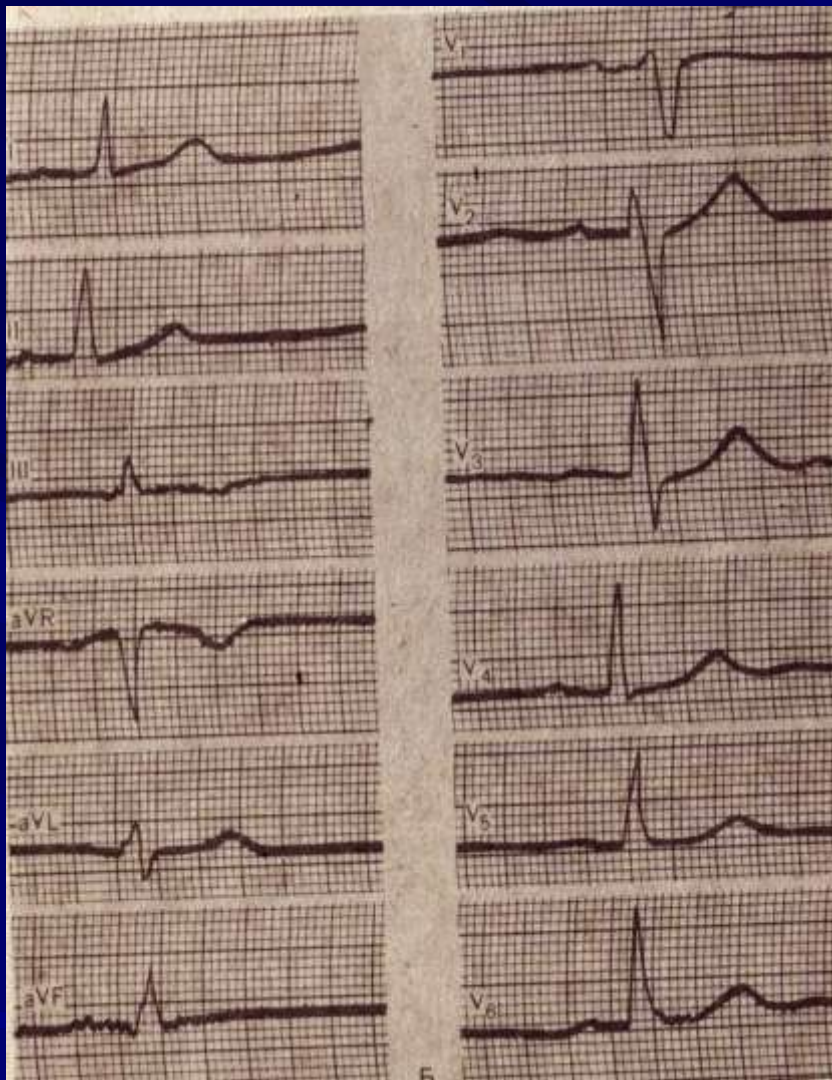


ЭОС ($\alpha \cong -30^\circ$), т.к. самые высокие положительные зубцы видны в aVL, а равенство зубцов отмечается во II отведении, которое перпендикулярно

aVL.

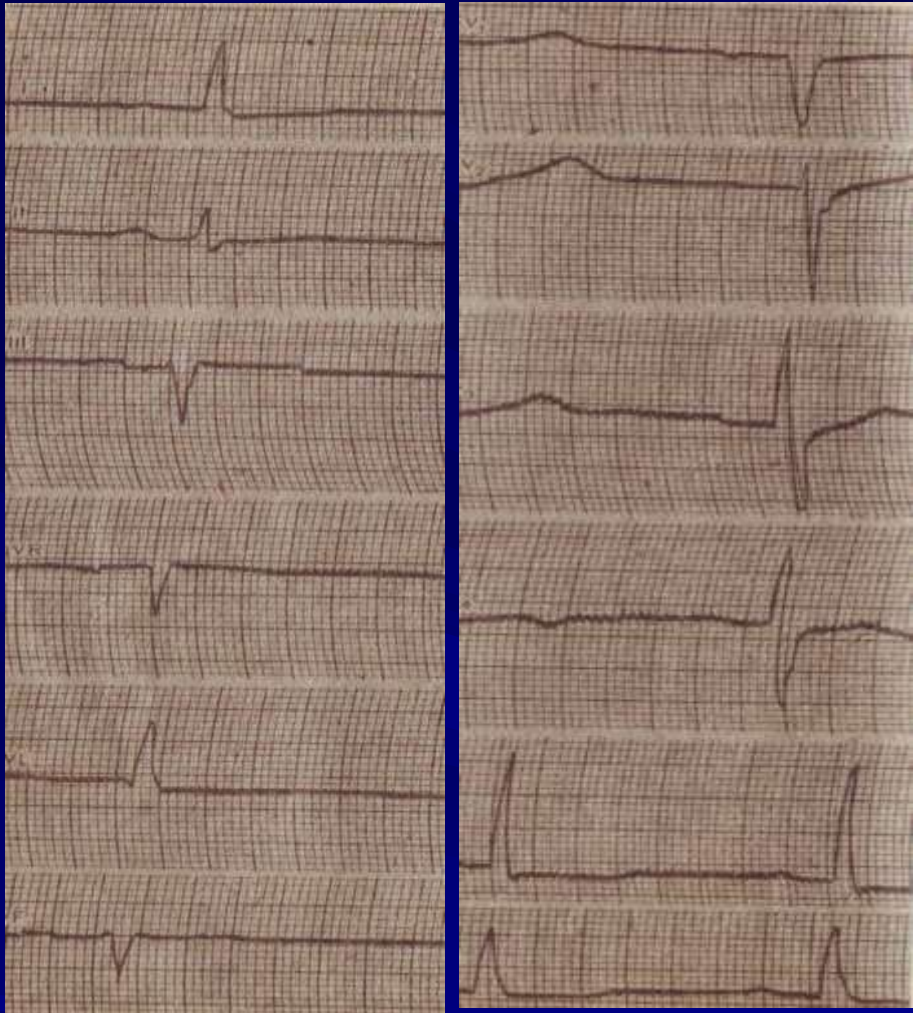


ЭОС резко отклонена вправо ($\alpha \cong +120^\circ$), т.к. самые высокие положительные зубцы видны в III отведении, а равенство зубцов отмечается в отведении aVR, которое перпендикулярно III.

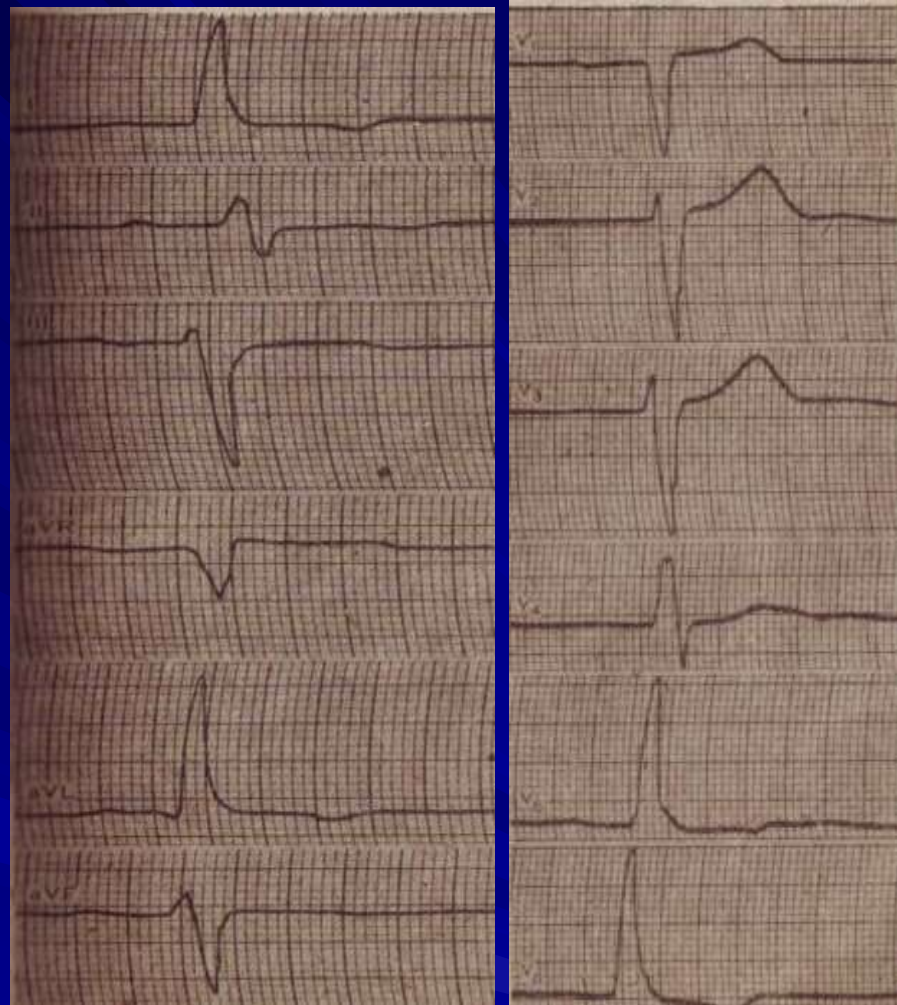


Нормальное положение ЭОС
 ($\alpha = \text{от } +40 \text{ до } +70^\circ$).
 $R_{II} > R_I > R_{III}$, $R_{aVL} \approx S_{aVL}$

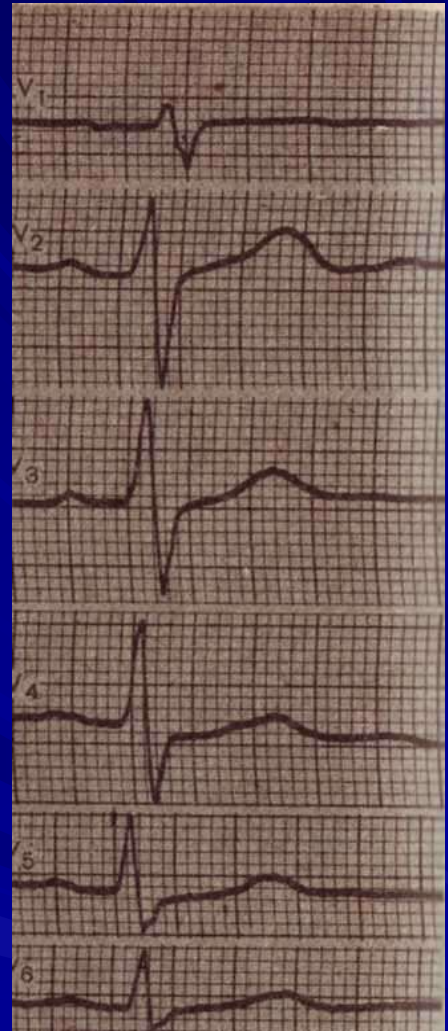
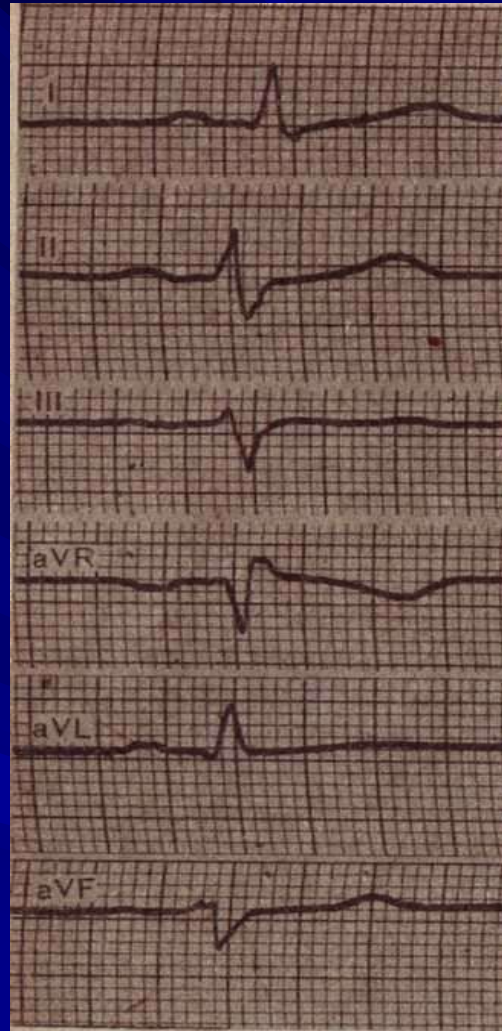
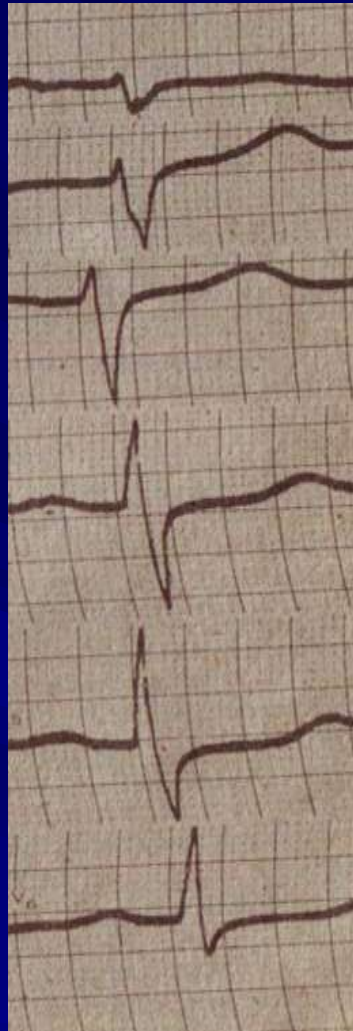
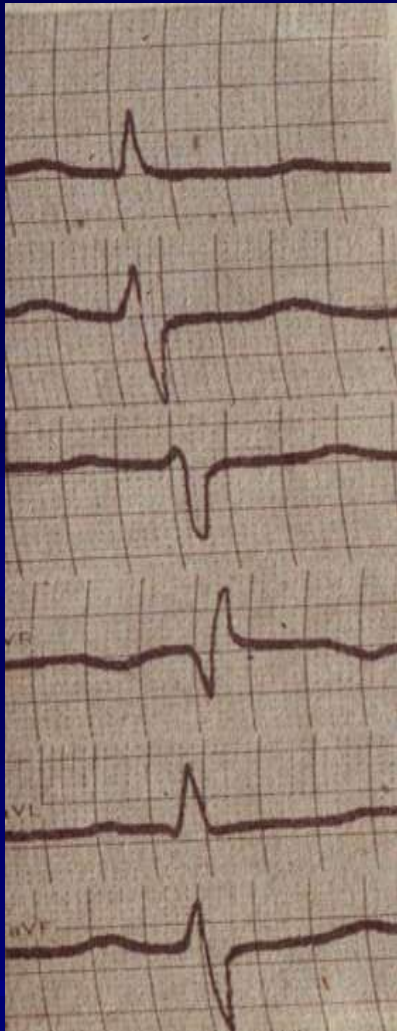
Полугоризонтальное положение ЭОС
 ($\alpha = +30^\circ$).
 $R_I = R_{II} > R_{III}$, $R_{III} = S_{III}$,



Отклонение ЭОС влево
 (α от 0 до -30°)
 $R_I > R_{II} > R_{III}$, $R_I \approx R_{aVL}$,
 $S_{III} > R_{III}$, $S_{aVF} > R_{aVF}$



Резкое отклонение ЭОС влево
 ($\alpha = -30^\circ$)
 $R_I > R_{II} > R_{III}$, $R_{II} = S_{II}$,
 $S_{aVF} > R_{aVF}$



**Резкое отклонение ЭОС влево
 ($\alpha < -30^\circ$),
 $R_I > R_{II} > R_{III}$, $S_{II} > R_{II}$, $S_{aVF} > R_{aVF}$**

ЭОС типа SI-SII-SIII

