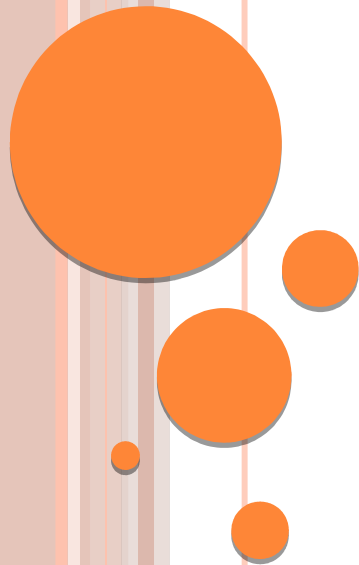


**ЛЕКЦИЯ. ОСОБЕННОСТИ  
БИОЭЛЕКТРОГЕНЕЗА  
МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН  
МИОКАРДА СЕРДЦА. СЕРДЦЕ -  
ТОКОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**

**ЧАСТЬ I.**



# БИОЭЛЕКТРОГЕНЕЗА МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН МИОКАРДА СЕРДЦА.

1. Сердце выполняет в кровеносной системе роль **четырёхкамерного насоса**, обеспечивающего движение крови по сосудам. Оно представляет собой **полый мышечный орган**, состоящий из **четырёх отделов** – двух предсердий и двух желудочков.

2. Ритмические сокращения сердца возникают под действием импульсов (ПД), **зарождающихся в нем самом**.

Изолированное сердце будет продолжать биться с постоянной частотой (**автоколебания**)



3. Функциональным элементом сердца служит **мышечное волокно** – цепочка из клеток миокарда, соединенных "конец в конец" и заключенных в общую саркоплазматическую оболочку (основную мембрану).

4. В зависимости от морфологических и функциональных особенностей различают **два типа волокон миокарда:**

а) волокна рабочего миокарда предсердий и желудочков, составляющие его основную массу и обеспечивающие насосную функцию (**типичные миокардиальные волокна = ТМВ**);

б) волокна водителя ритма (пейсмекера) и проводящей системы (**атипичные мышечные волокна**), отвечающие за **генерацию возбуждения и проведение его** к клеткам рабочего миокарда.



5. Миокард (сердечная мышца), подобно нервным тканям и скелетным мышцам, принадлежит к **возбудимым тканям**. Это значит, что клетки миокарда обладают потенциалом покоя (**ПП**), отвечают на надпороговые стимулы генерацией потенциала действия (**ПД**) и способны проводить ПД без затухания (**бездекрементно**).
6. Межклеточные соединения (**щелевые контакты**) способствуют проведению возбуждения и обеспечивают функционирование миокарда как **функционального синцития** (т.е. возбуждение, возникшее в каком-либо из отделов сердца, охватывает все без исключения невозбужденные волокна).



7. Как и в нервных клетках и волокнах скелетных мышц, ПД в типичных миокардиальных волокнах возникает **в ответ на стимул** (переданный с АТМВ ПД) и начинается с быстрой реверсии мембранного потенциала от ПП (**примерно - 90 мВ**) до потенциала инверсии (**примерно + 30 мВ**)

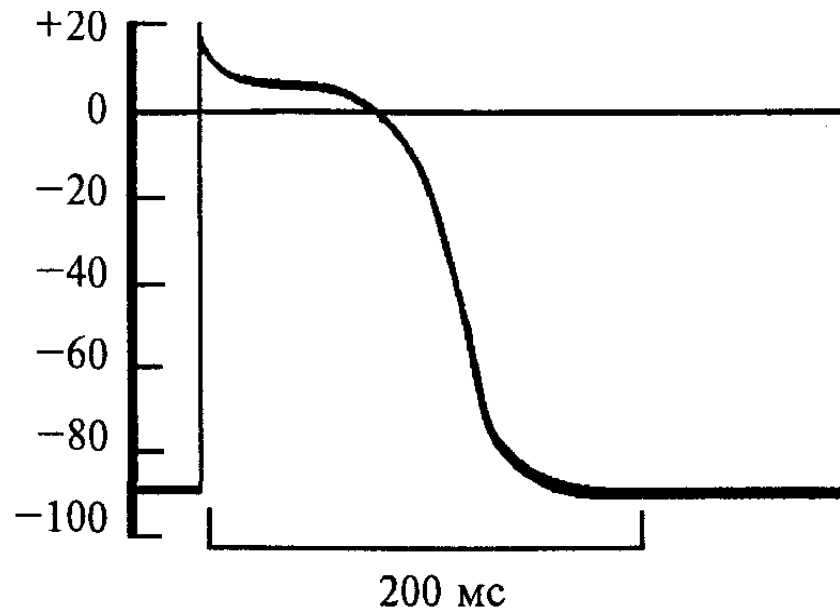
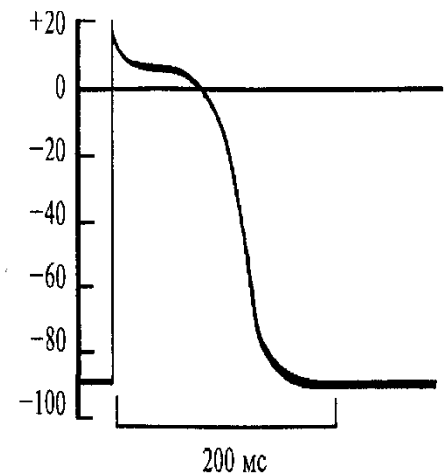


Рис. 2.8. Потенциал действия клетки желудочка сердца собаки.



8. За этой фазой **быстрой деполяризации** (продолжительность – 1-2 мс) следует более длительная фаза **плато** – специфическая особенность клеток миокарда, затем наступает фаза **реполяризации**, по окончании которой восстанавливается ПП.

ПП близок к  **$K^+$ -равновесному потенциалу**; деполяризация обусловлена лавинообразно нарастающим  **$Na^+$ -током** (однако, этот  $Na$ -ток быстро инактивируется); фаза плато обусловлена **входящим  $Ca^{2+}$ -током** (медленный входящий ток) + **снижение проводимости для  $K^+$** , возникающее при деполяризации и уменьшающее реполяризацию; реполяризация обусловлена **выходящим  $K^+$ -током** и снижением

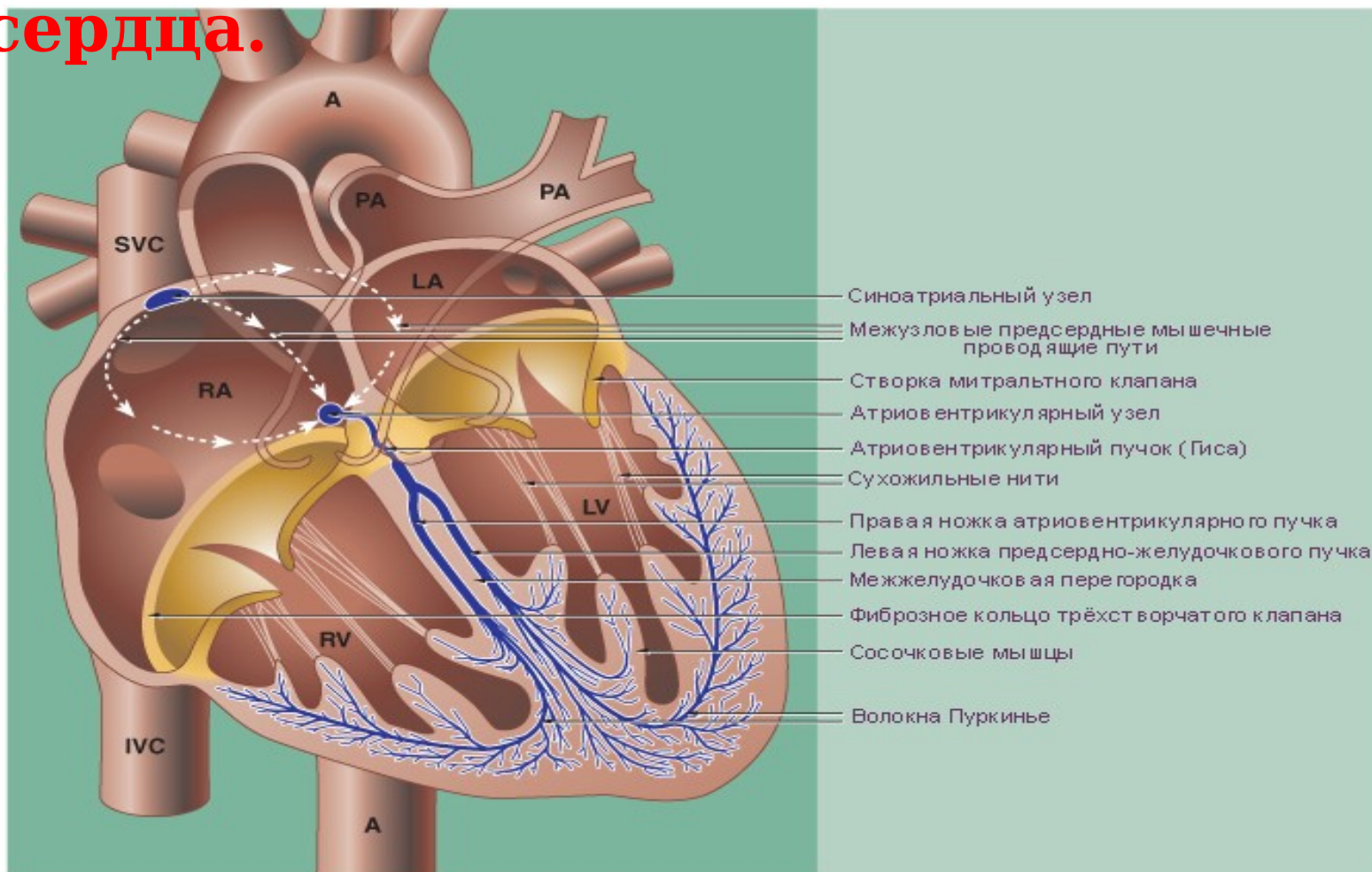


## 2. ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО МИОКАРДУ.

1. АТМВ миокарда образуют так называемую **проводящую систему**. Она представляет собой **совокупность узлов и пучков атипичной мышечной ткани**, функцией которой является **генерация ПД**, служащих стимулами для ТМВ, то есть задание определенного ритма сердечных сокращений.



# Строение проводящей системы обеспечивает строго согласованное и последовательное возбуждение и сокращение различных отделов сердца.





2. В норме водителем ритма является **синоатриальный узел**, расположенный в стенке правого предсердия в месте впадения в него верхней поллой вены. Частота разрядов СА в покое составляет **около 70 1/мин**. От этого узла возбуждение вначале распространяется по рабочему миокарду предсердий (**со скоростью порядка 1 м/с**).



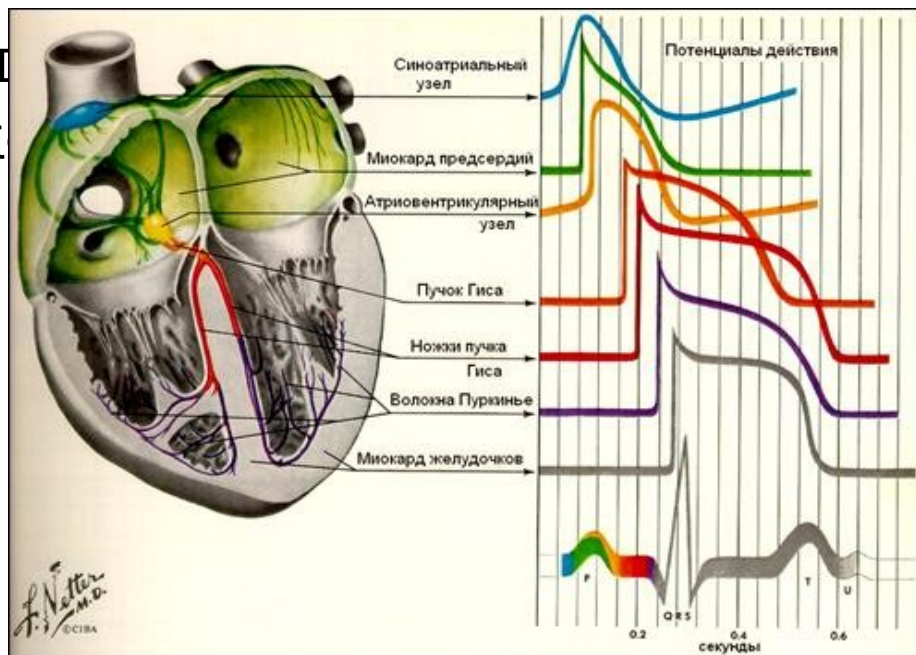
3. Единственный путь, по которому возбуждение может пройти к желудочкам, образует **атриовентрикулярный узел (АВ)**, лежащий в предсердно-желудочковой перегородке (остальная часть атриовентрикулярного соединения образована невозбудимой соединительной тканью).

В АВ узле скорость проведения значительно падает (**в 20-50 раз; 0,02-0,05 м/с**) за счет снижения диаметра волокон АВ-узла и поперечного их расположения. Это приводит к тому, что возбуждение "**задерживается**" в АВ-узле (**АВ-задержка** необходима для полного перехода крови из предсердий в желудочки во время сокращения предсердий).



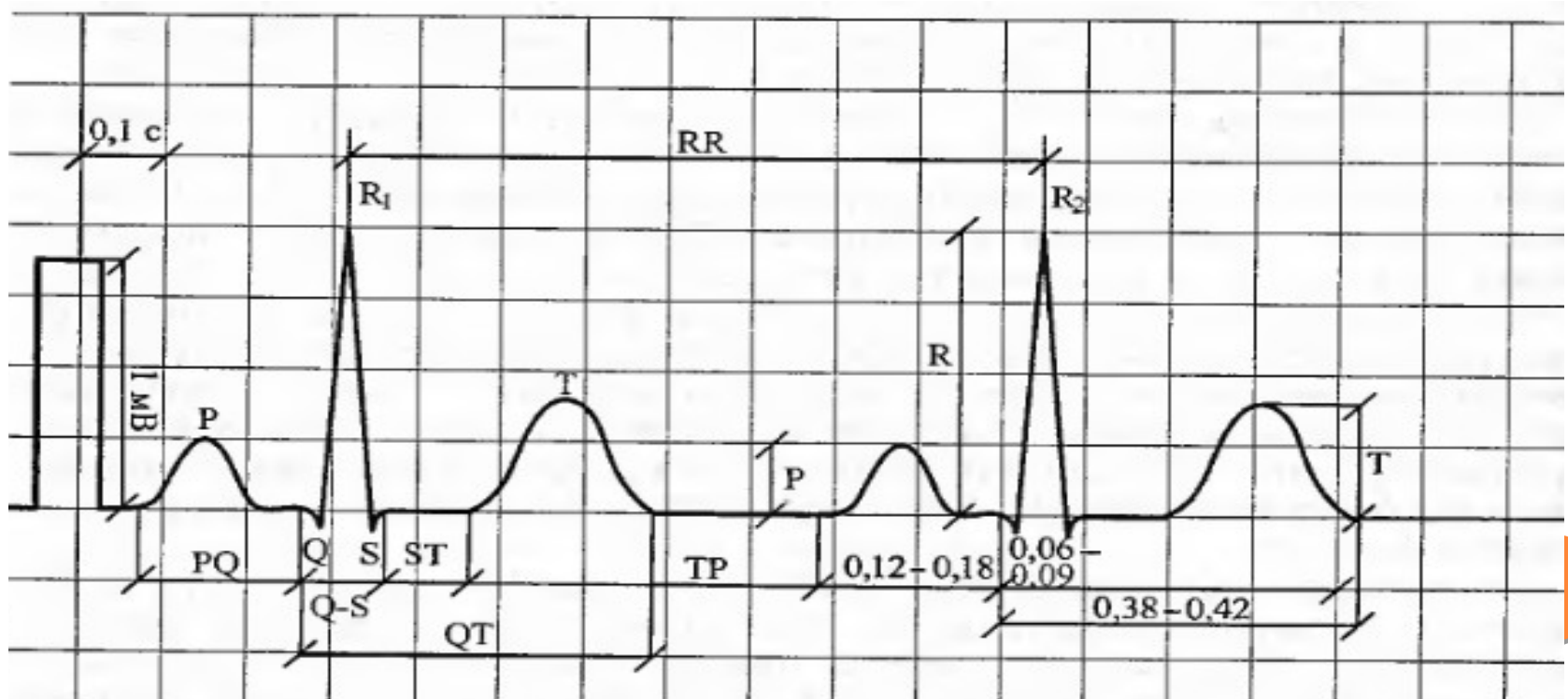
4. Далее возбуждение распространяется по **пучку Гиса, ножкам пучка Гиса и волокнам Пуркинье** к вершуске сердца со все возрастающей (до **4-5 м/с**) скоростью (увеличение диаметра АТМВ), а затем переходит на **рабочие волокна миокарда**, по которым распространяется в обратном направлении – от вершуски сердца к основанию.

**За волной возбуждения миокардильных волокон миокарда.**



## 4. БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

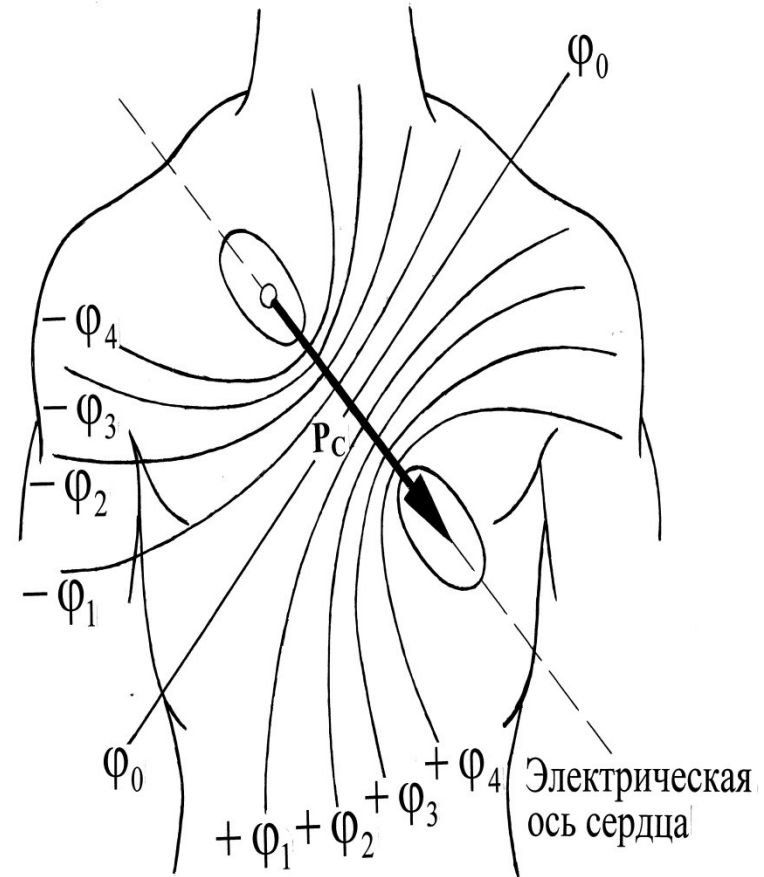
Миокард при распространении по нему возбуждения представляет сумму множества токовых диполей, которые беспрестанно, но весьма закономерно изменяют амплитуду и направление.



# Теория Эйтховена:

## 1. Сердце есть дипольный генератор с дипольным токовым диполем

Опр. Интегральный электрический вектор сердца – физическая величина, характеризующая результирующий токовый диполь сердца, равный сумме элементарных токовых диполей, возникающих на поверхности сердца.



**2. В ходе сердечной деятельности интегральный электрический вектор сердца изменяется** – меняется амплитуда и направление, измеряя которые врач получает сведения о движении волны возбуждения по сердцу. Поэтому меняется разность потенциалов между двумя точками тела, которым приложены электроды.

**3. Начало вектора не изменяет своего положения в пространстве и находится в атриовентрикулярном узле.**

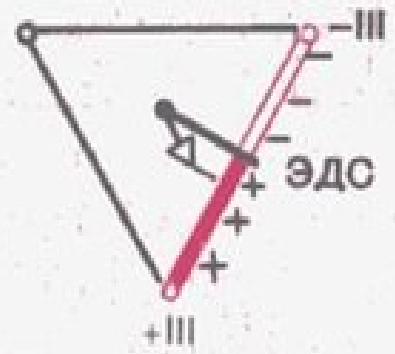
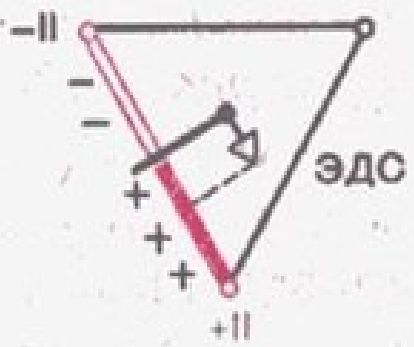
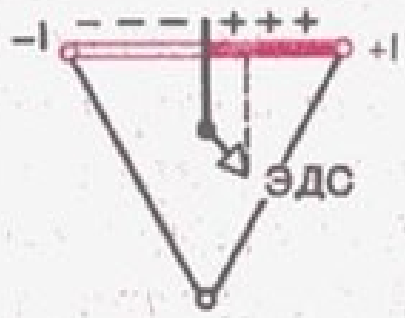
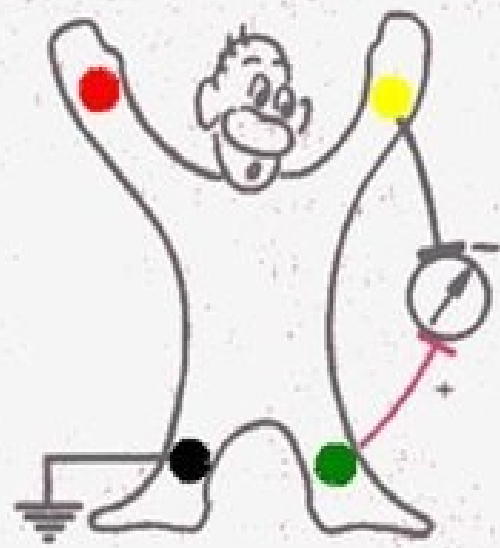
**Как же построить и измерить интегральный электрический вектор сердца?**

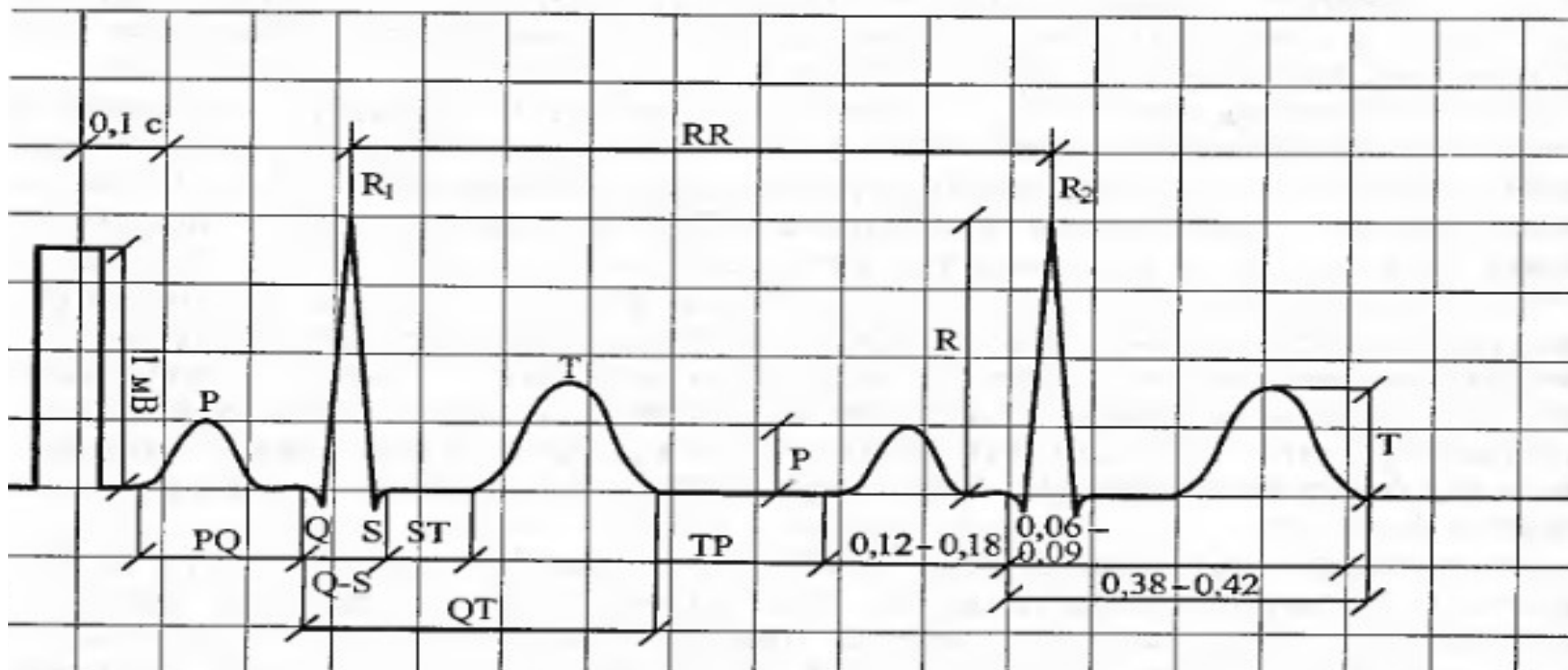


I отведение

II отведение

III отведение





Амплитуды ЭКГ – проекции интегрального электрического вектора:

*P* – возбуждение предсердий

*QRS* – деполяризация желудочков

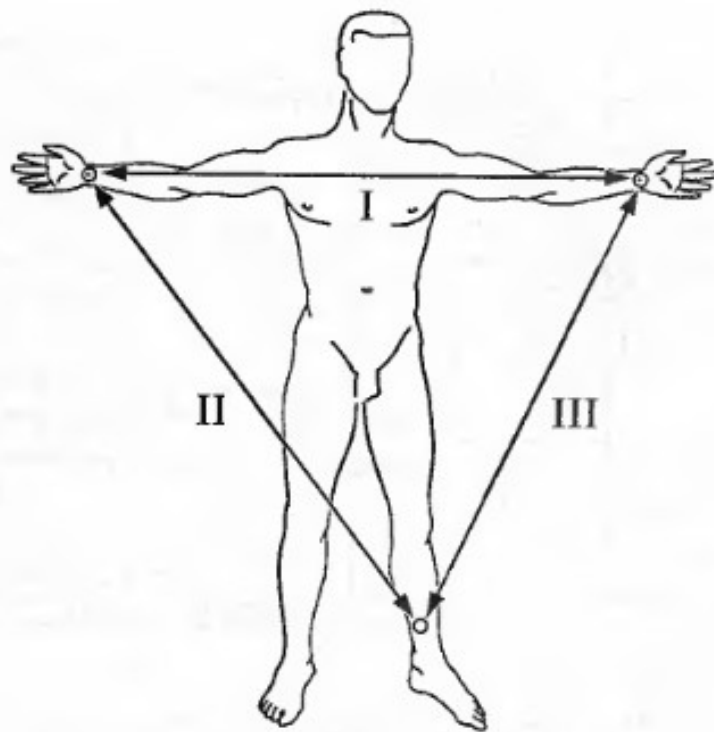
*T* – при реполяризации желудочков

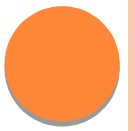
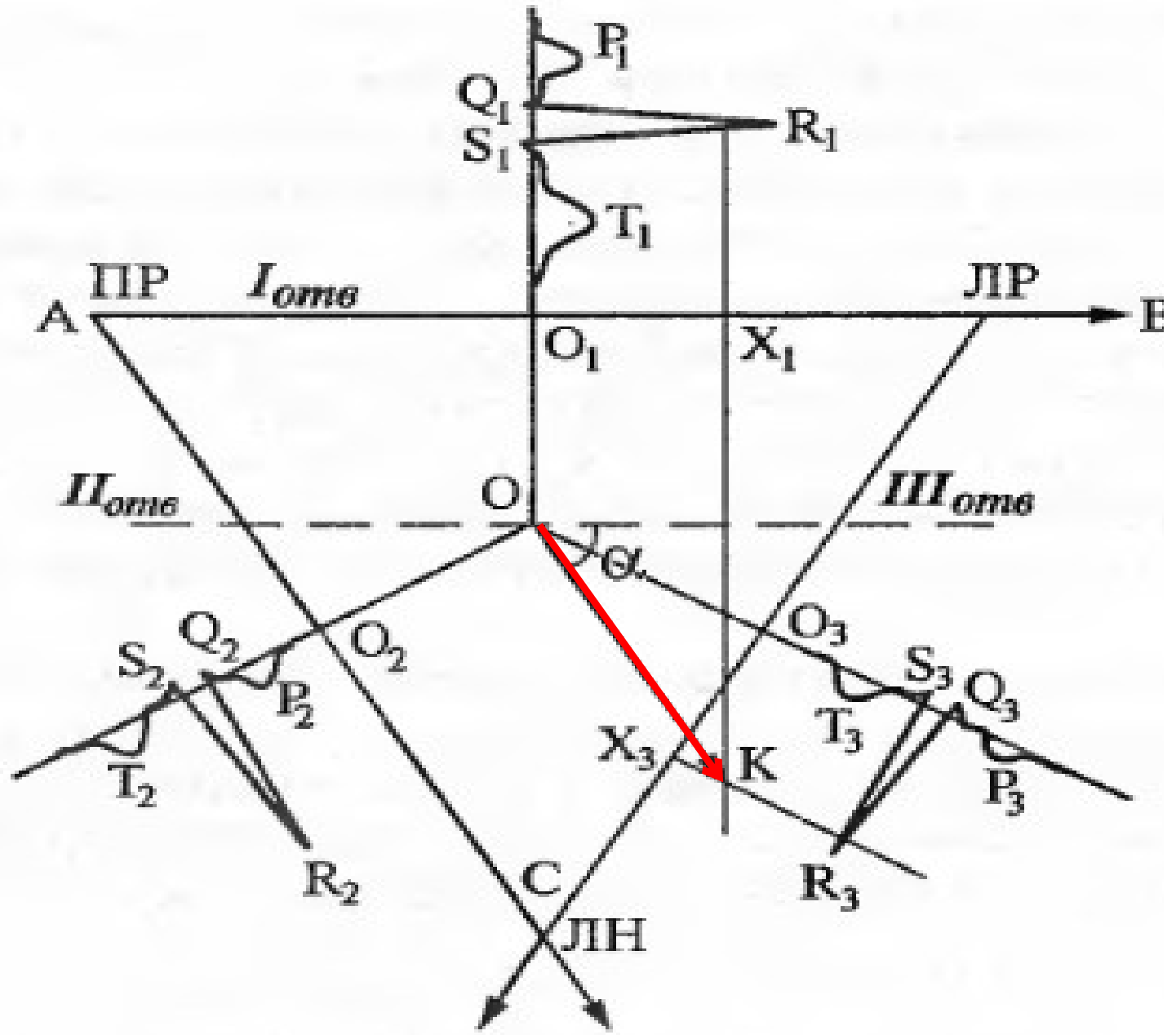




Амплитуду вектора оценивают посредством измерения его проекций на координатные оси гексагональной координатной системы (система стандартных отведений).

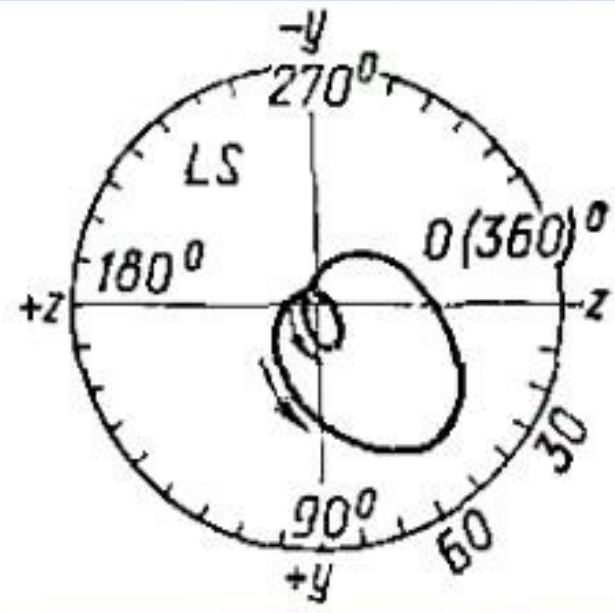
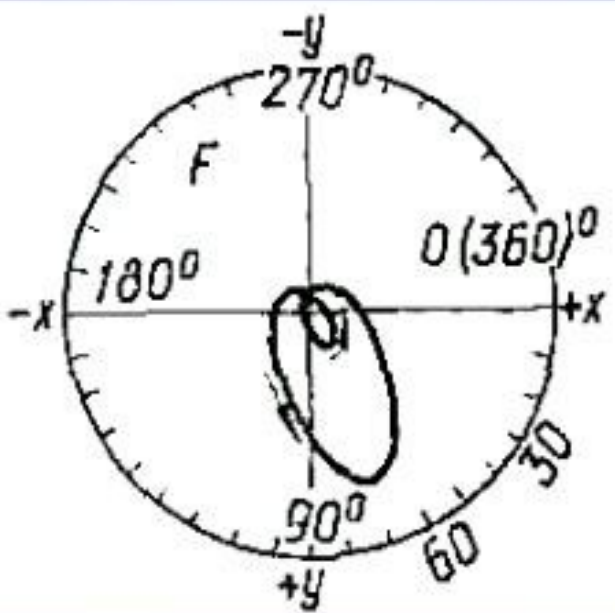
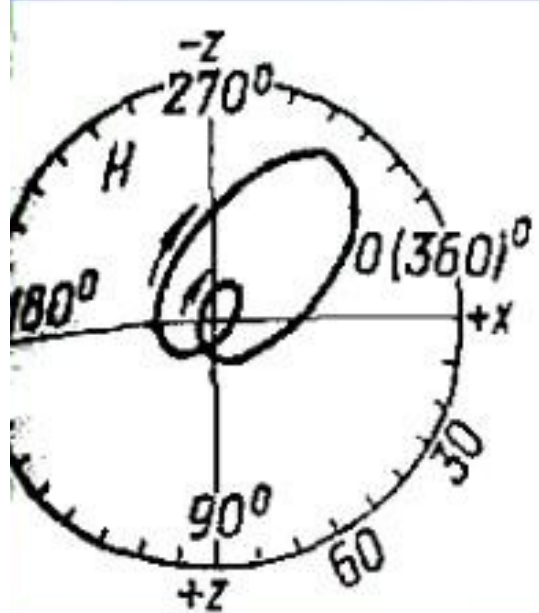
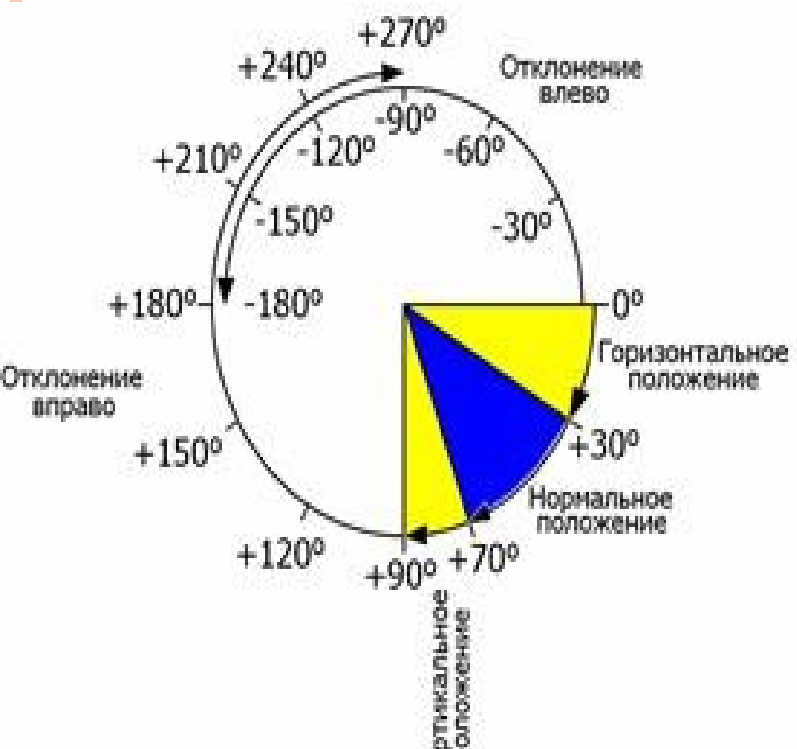
Любое отведение ЭКГ  
есть проекция  
интегрального  
электрического вектора  
сердца.



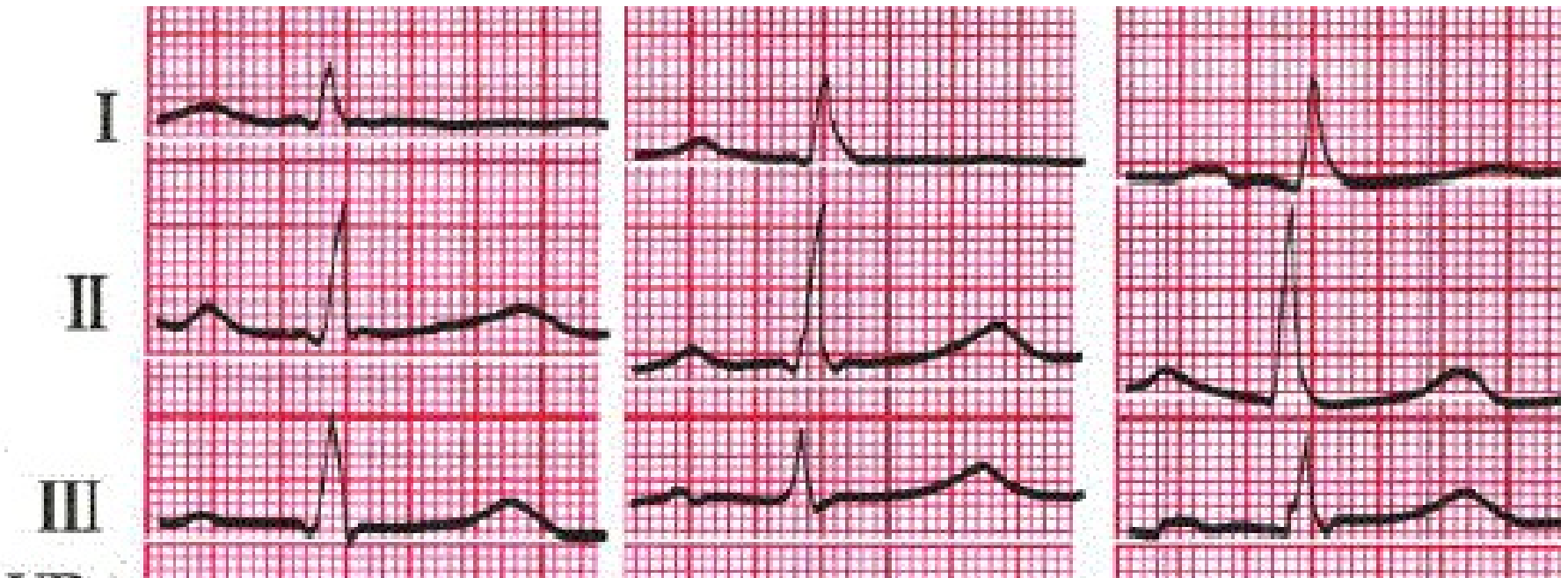


- Сопоставление векторокардиографии позволяет достоверно представить динамику суммарных векторов предсердий и желудочков сердца по времени в трехмерном пространстве.
- Анализируют векторокардиографии по максимальной длине (максимальному вектору) и ширине петель, их форме, углам отклонения максимальных векторов от координатных осей плоскости регистрации и другим параметрам. Они существенно и определенным образом изменяются при гипертрофии предсердий и желудочков, блокадах сердца, инфаркте миокарда, гетеротопном ритме, что позволяет применять для диагностики этих форм патологии.
- В широкой диагностической практике не используется. Ее применяют в основном в кардиологических отделениях для уточненной





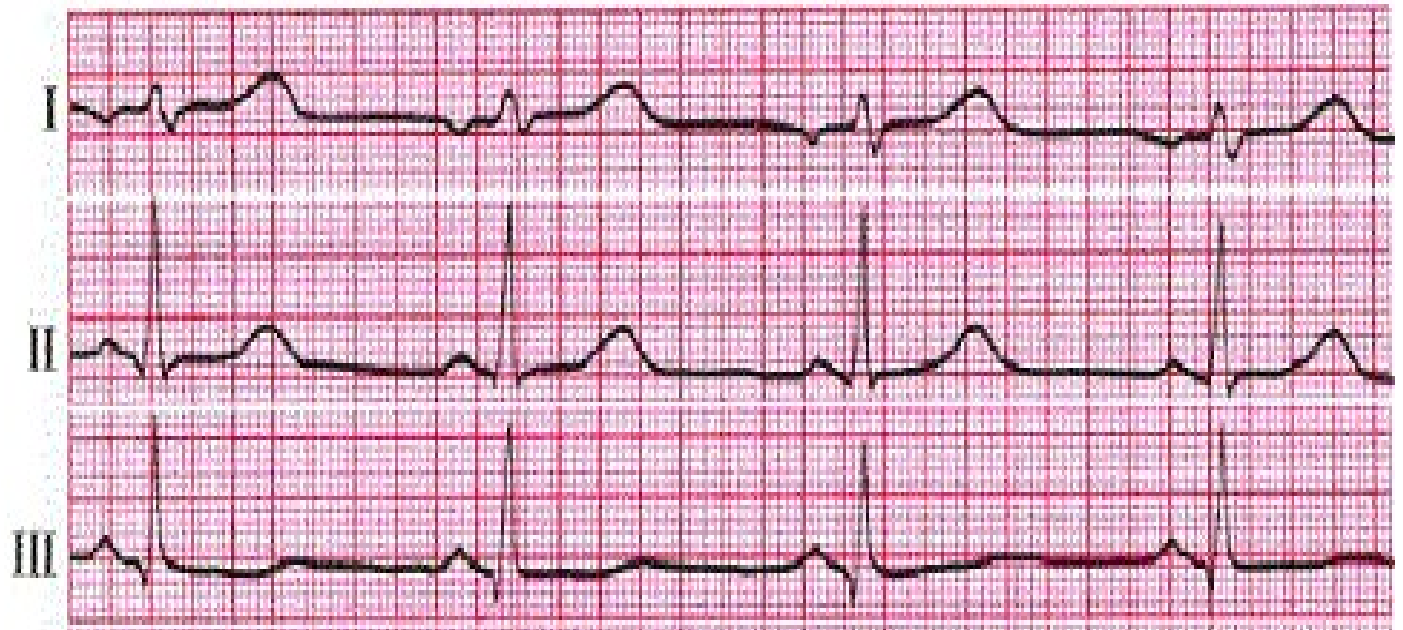
# СТЕНОКАРДИЯ



- Депрессия сегмента S – T.
- Разнообразные изменения зубца T, например, уменьшение амплитуды, двухфазность, изоэлектричность или негативность.



# АРИТМИ

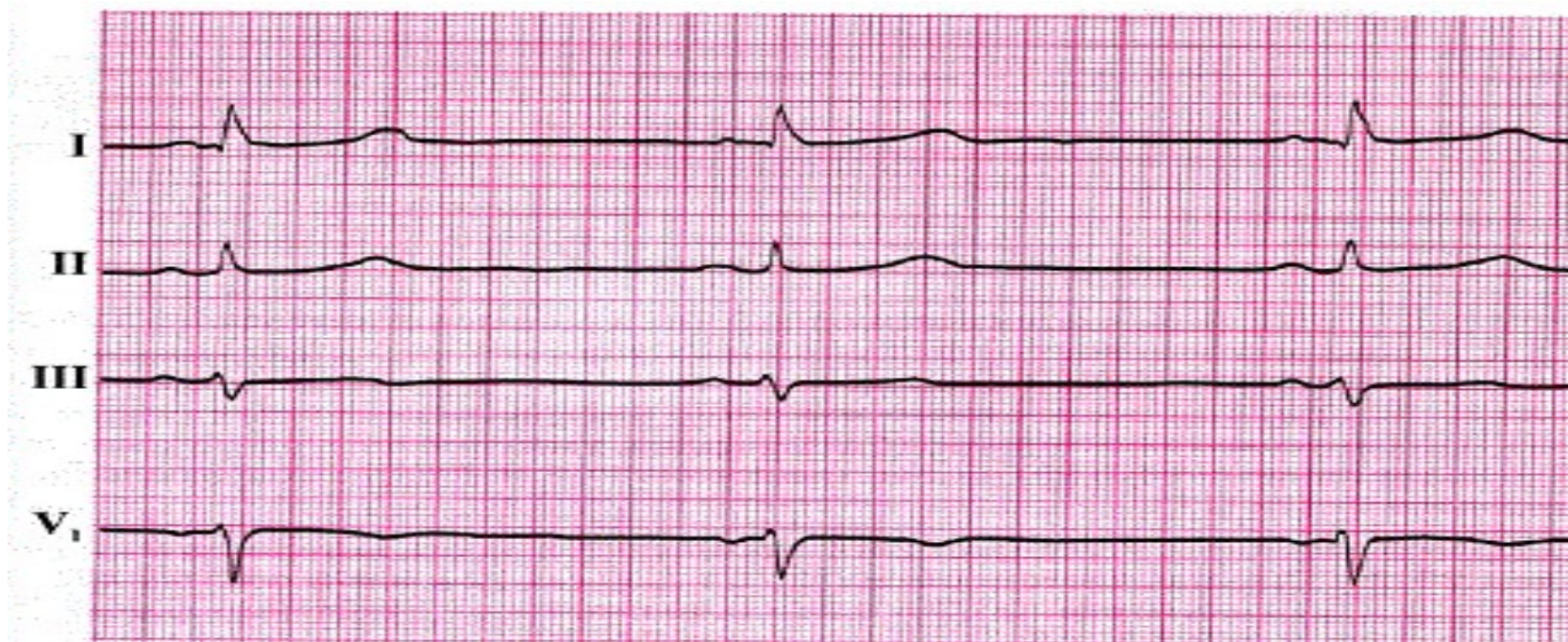


- Периодичность изменения интервалов R - R более чем на 0,1 секунд.
- В отличие от других нарушений ритма наблюдается постепенное изменение длительности интервала R - R, обычно за счёт отрезка T - P.
- Характерны небольшие колебания P - Q и Q - T.

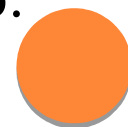




# БРАДИКАРДИЯ



- Возрастает интервал R, за счёт смещения T – P.
- Q – T возрастает соответственно снижению частоты ритма.
- Амплитуда и вектор зубцов меняется незначительно.



## 5. РЕОГРАФИЯ

**Опр. Реография** — не инвазивный метод исследования кровоснабжения органов, в основе которого лежит принцип регистрации изменений электрического сопротивления тканей в связи с меняющимся кровенаполнением.





- Принципиальная разработка реографической методики принадлежит Н. Манн (1937). В дальнейшем методика (электроплетизмография, импеданс-плетизмография) получила развитие в работах А. А. Кедрова и Т. Ю. Либермана (1941— 1949) и др.
- Детальная разработка и внедрение в клиническую практику метода реографии связано с именами австрийских исследователей W. Holzer, K. Polzer и A. Marko. Им же принадлежит по существу первая монография (Rheokardiographie, Wien, 1946).
- Создание отечественного аппарата реографии и изменение методики регистрации реограммы (прекардильная реокардиография) Ю.Т. Пушкарь.



**Идея метода реографии:** зависимость изменений сопротивления от изменений кровенаполнения в изучаемом участке тела человека, то есть изучение пульсовых колебаний электрического сопротивления. Регистрация реограмм осуществляется с помощью **реографов**, состоящих из следующих элементов:

- генератора высокой частоты,
- преобразователя «импеданс-напряжение»,
- детектора,
- усилителя, калибровочного устройства,
- дифференцирующей цепочки.

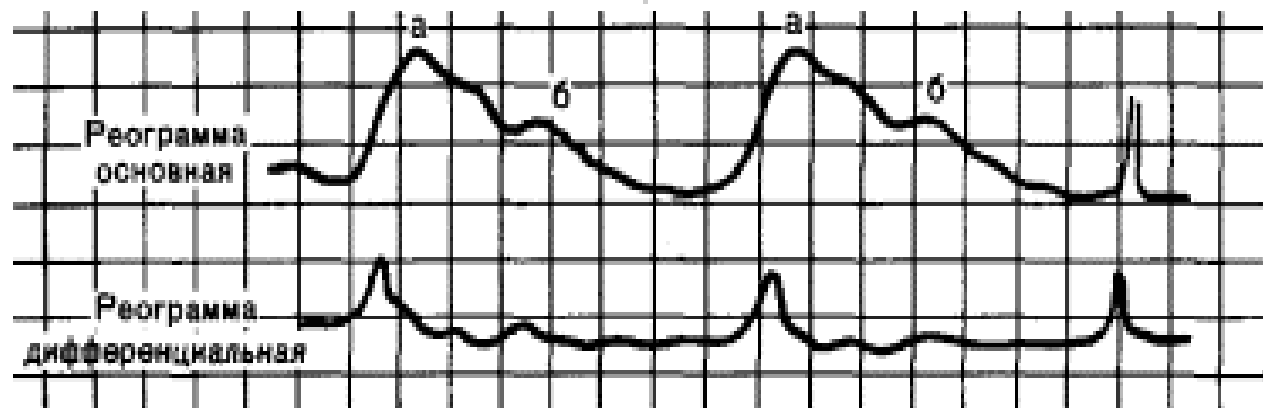
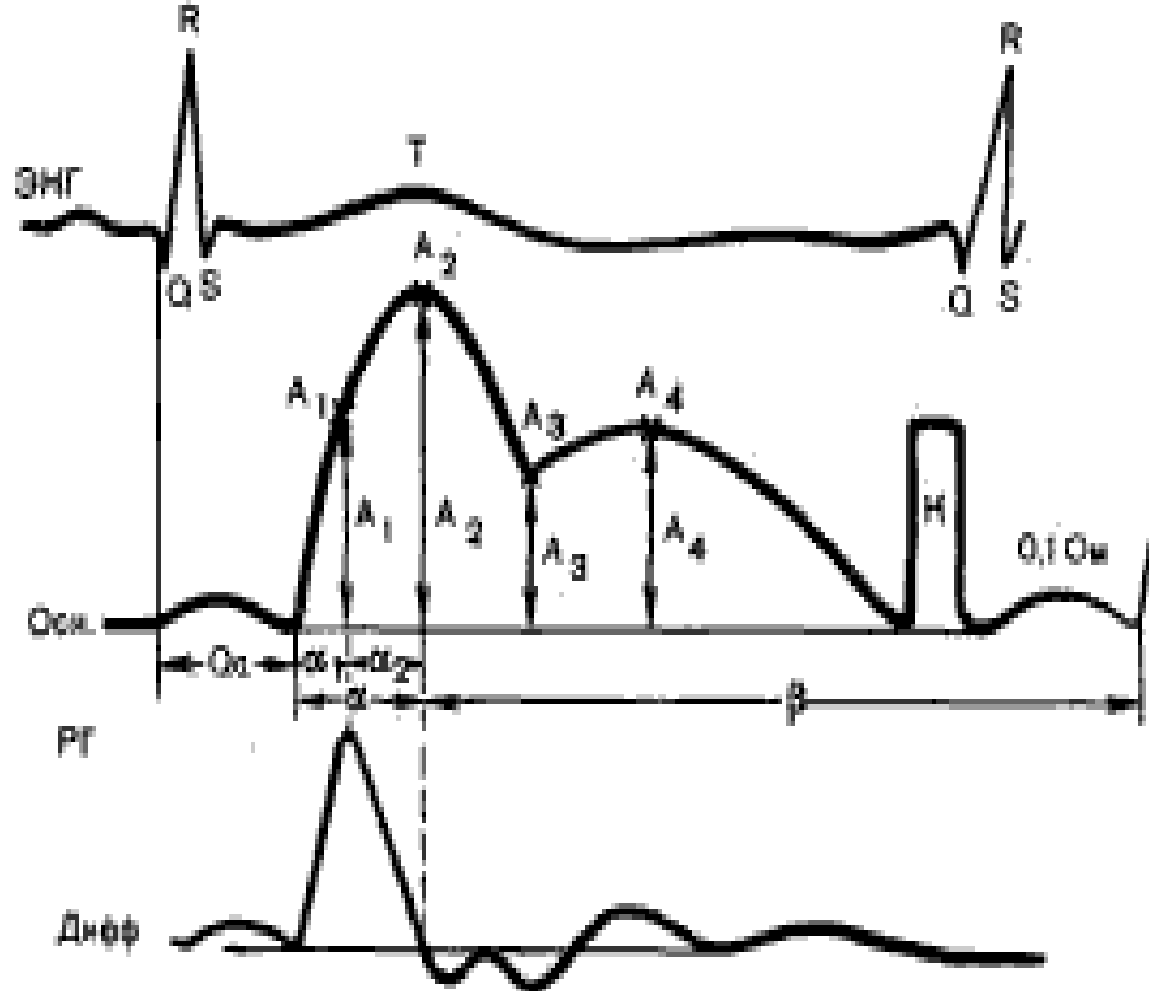


- **При биполярной методике** накладывают 2 электрода, каждый из которых одновременно является токовым и измерительным, электроды фиксируют на соответствующем участке тела.

- При использовании тетраполярной методики участок исследования ограничивают парой измерительных электродов, а возникшее в них напряжение снимают с помощью другой пары электродов, расположенных снаружи по отношению к первой (токовые).

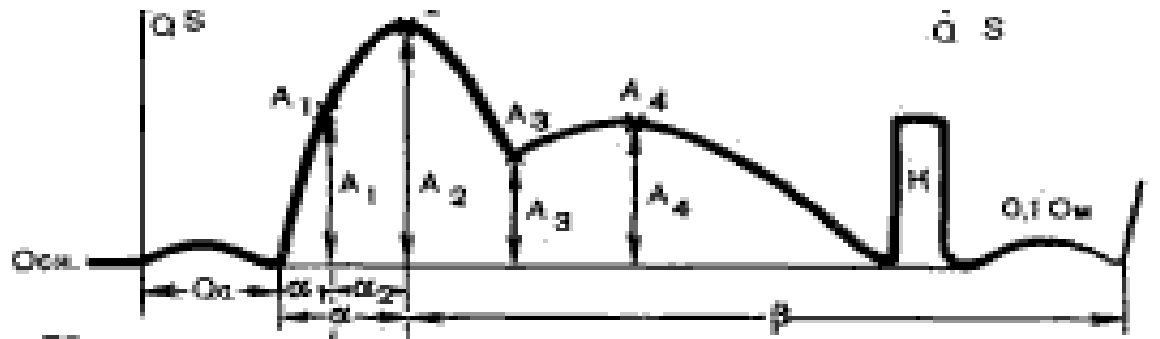
Тетраполярная методика более точна (до минимума снижается влияние контактного сопротивления и электродной поляризации). Это позволяет с высокой степенью точности измерить импеданс глубинных тканей.



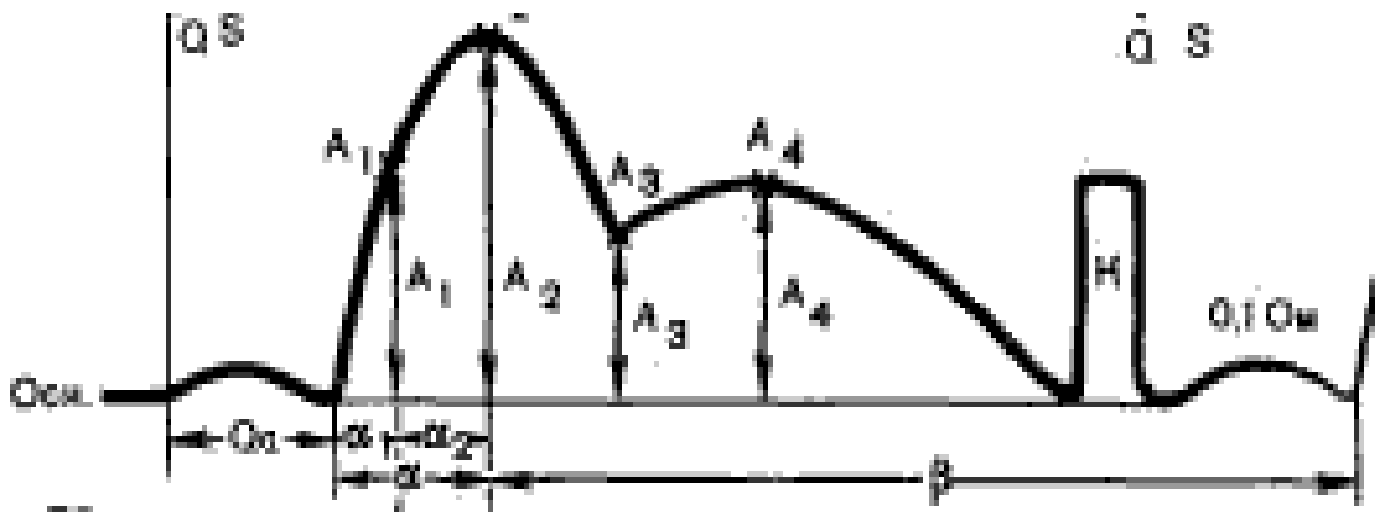




- Количественный анализ предусматривает определение следующих показателей
- 1. Амплитуда систолической волны в мм (измеряется от основания систолической волны до высшей точки реограммы).
- 2. Амплитуда диастолической волны в мм (измеряется от основания диастолической волны до высшей ее точки).
- 3. Реографический индекс (систолический — РСИ и диастолический — РДИ) — отношение систолической (диастолической) волны к стандартному калибровочному сигналу ( $0,1 \text{ Ом} = 10 \text{ мм}$ ), выражается в относительных единицах. Этот показатель характеризует величину и скорость притока (оттока) крови в исследуемой зоне. Амплитуда кривой измеряется от изолинии до высшей точки волны.



- 4. Интервал  $Q_a$  или время распространения пульсовой волны (ВРПВ) на участке «сердце — исследуемый орган» в секундах — соответствует периоду напряжения при фазовом анализе систолы желудочков. Измеряется от начала зубца Q ЭКГ до начала волны реограммы, связанной с данным сердечным циклом. Интервал  $Q$  — а уменьшается при повышении тонуса или склерозе магистральных сосудов
- 5. Период или время быстрого наполнения (ВНбыстр) — от начала подъема систолической волны реограммы до точки максимальной крутизны на ее восходящем колене (соответствует проекции вершины основного зубца дифференциальной реограммы на восходящее колено объемной реограммы). Этот показатель отражает величину ударного объема и функциональное состояние крупных сосудов.



- Спасибо за внимание!

