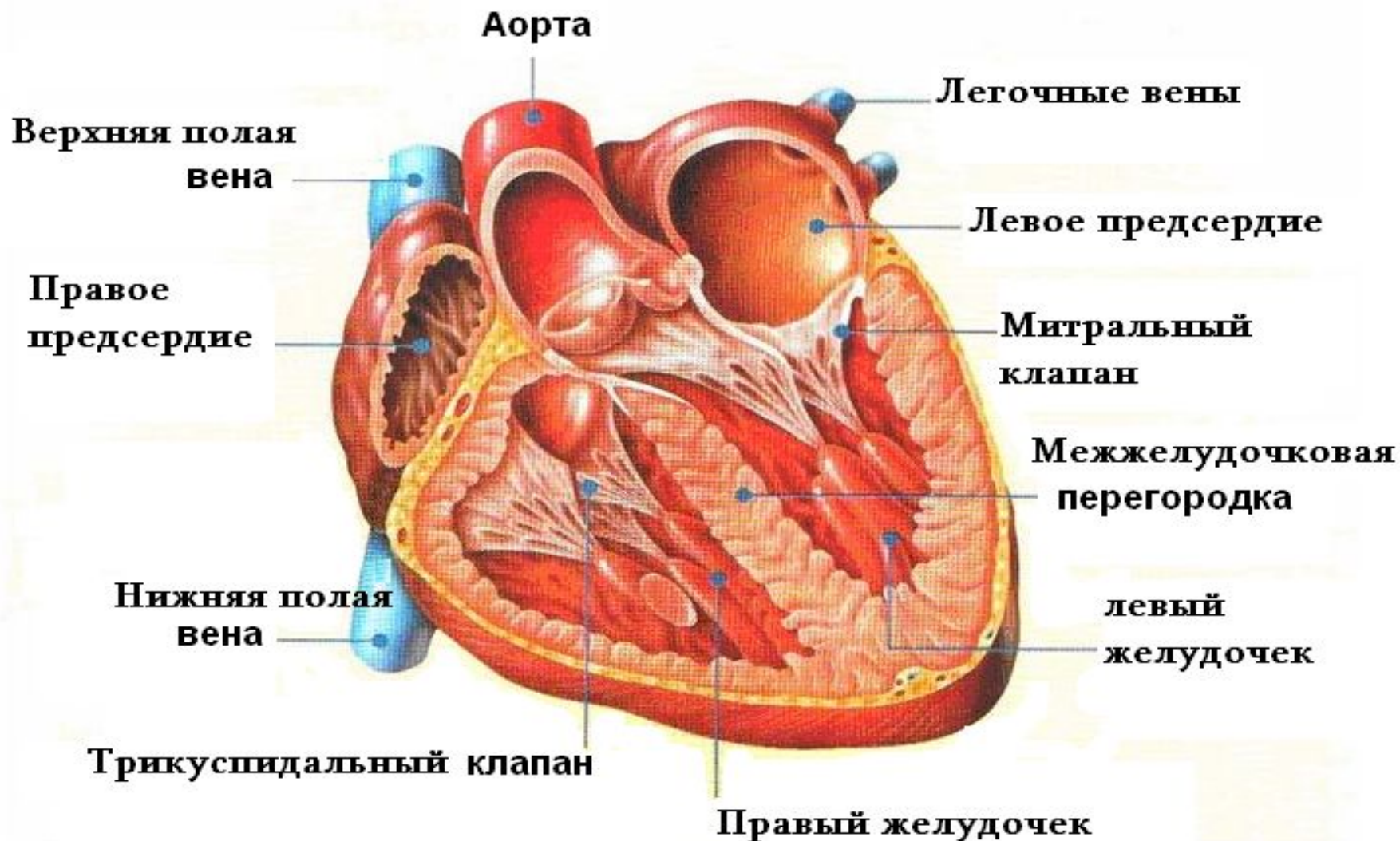


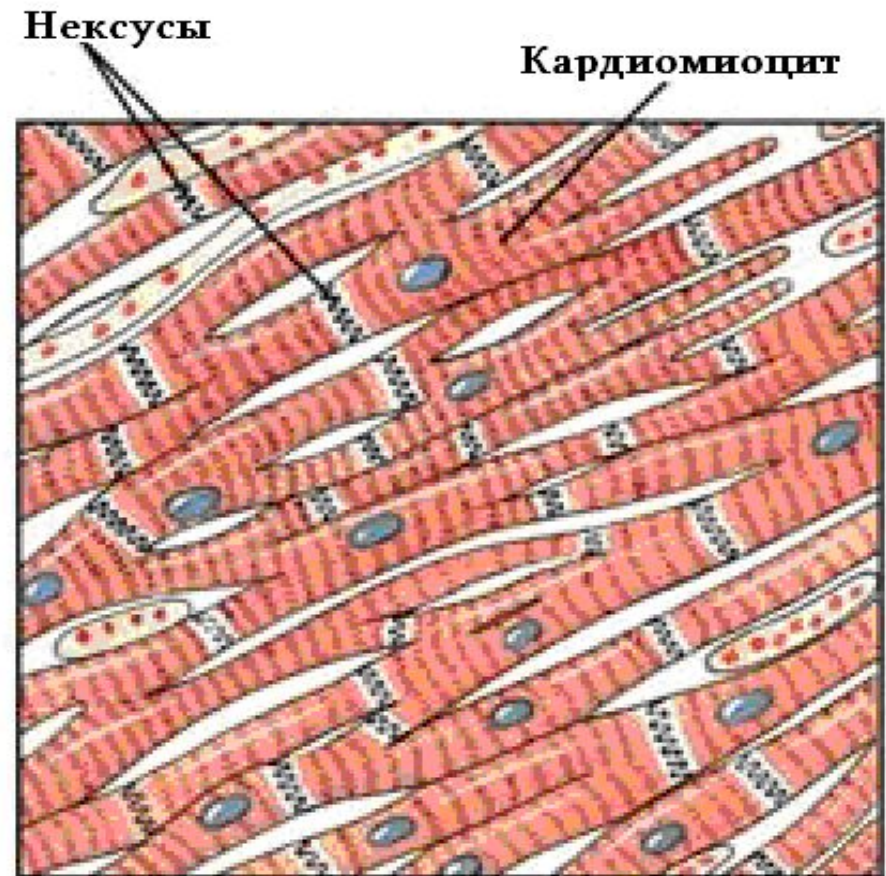
**ТЕМА ЛЕКЦИИ:**  
**“Физиология сердца.”**  
**“Основы ЭКГ ”**

# Строение сердца



# Морфо- функциональная организация сердца

- Стенка сердца состоит из трех слоев: эндокарда, миокарда и эпикарда. Миокард образуется из отдельных мышечных волокон, которые состоят из последовательно соединенных (конец в конец) клеток-кардиомиоцитов, которые имеют общую мембрану, это так называемые нексусы. Нексусы обеспечивают функциональную однородность (функциональный синцитий).



# Физиологические свойства сердца



- Автоматизм
- Проводимость
- Возбудимость
- Рефрактерность
- Сократимость

# АВТОМАТИЗМ



- Способность сердца вырабатывать импульсы, вызывающие возбуждение.
- Сердце способно спонтанно активироваться и вырабатывать электрические импульсы.
- В норме наибольшим автоматизмом обладают клетки синусового узла.

# Проводимость

- Способность сердца проводить импульсы от места их возникновения до сократительного миокарда.
- В норме импульсы проводятся от синусового узла к мышце предсердий и желудочков
- Наибольшей проводимостью обладает проводящая система сердце.

## Возбудимость

- Способность сердца возбуждаться под влиянием импульсов.
- Обладают клетки проводящей системы и сократительного миокарда.
- Во время возбуждения сердца образуется электрический ток, который регистрируется в виде ЭКГ

## Сократимость

- Способность сердца сокращаться под влиянием импульсов.
- Сердце по своей природе является насосом



## Рефрактерность


An ECG trace is visible in the top right corner of the slide, showing a regular rhythm with a prominent QRS complex.

Возбудимость и сократимость меняется в различные периоды сердечного цикла.

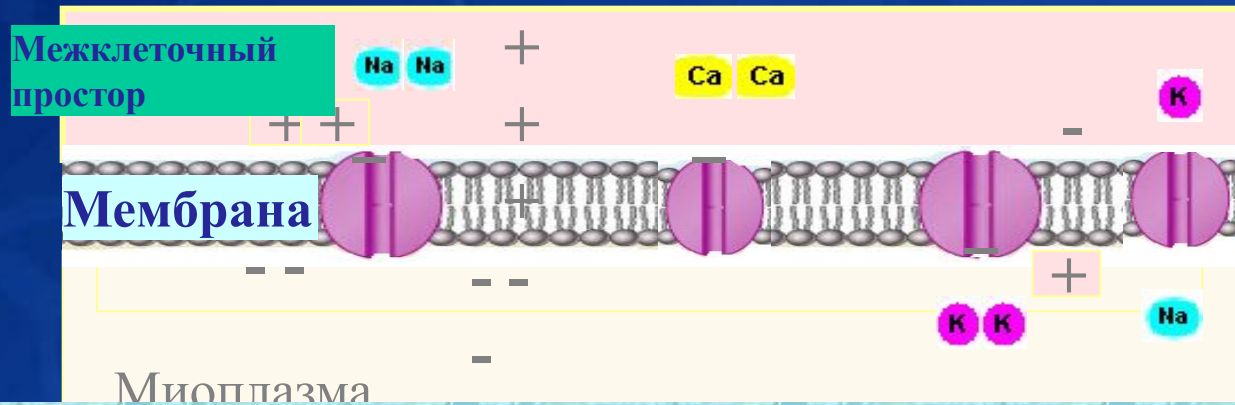
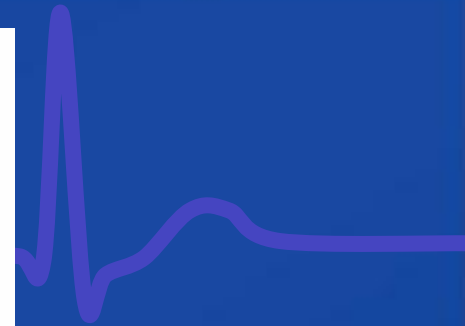
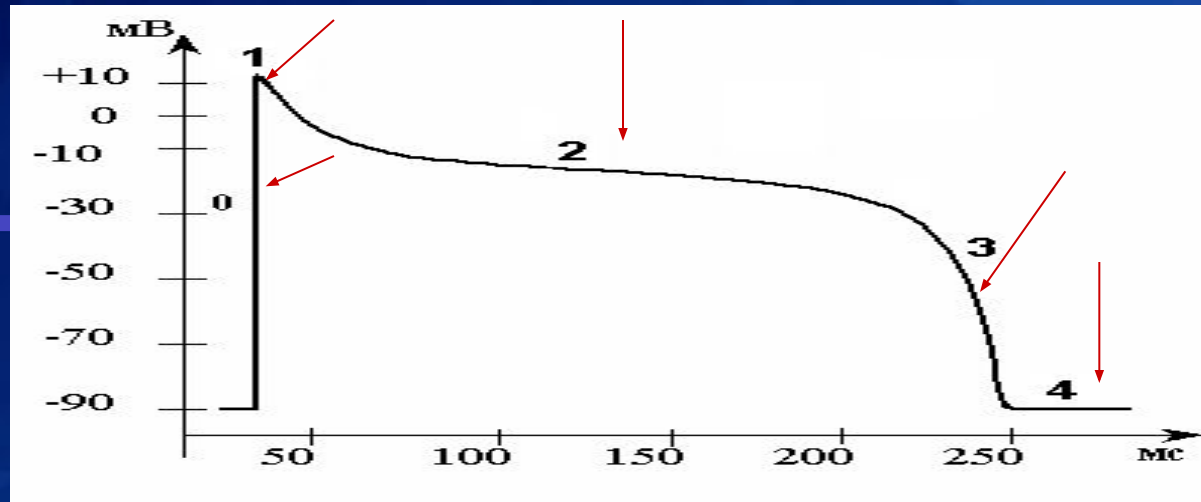
Во время систолы клетки не возбуждаются, т.е. они рефрактерны к раздражению.

Рефрактерность – Это не возможность возбужденных клеток миокарда снова активироваться при возникновении дополнительного импульса.

# Электрофизиологические свойства клеток сократительного миокарда




- Уровень потенциала покоя у сократительных кардиомиоцитов находится в границах  $-90$  -  $-95$  мВ и является стабильным. Потенциал покоя клеток сократительного миокарда создается ионами  $K^+$  и  $Cl^-$ , однако в отличие от фазных поперечно-исполосованных мышц, хлорная проницаемость мембраны сравнительно с калиевой очень мала.
- Потенциал действия сократительных кардиомиоцитов разделяют на такие фазы: быстрой деполяризации, начальной реполяризации, медленной реполяризации (плато) и быстрой конечной реполяризации.



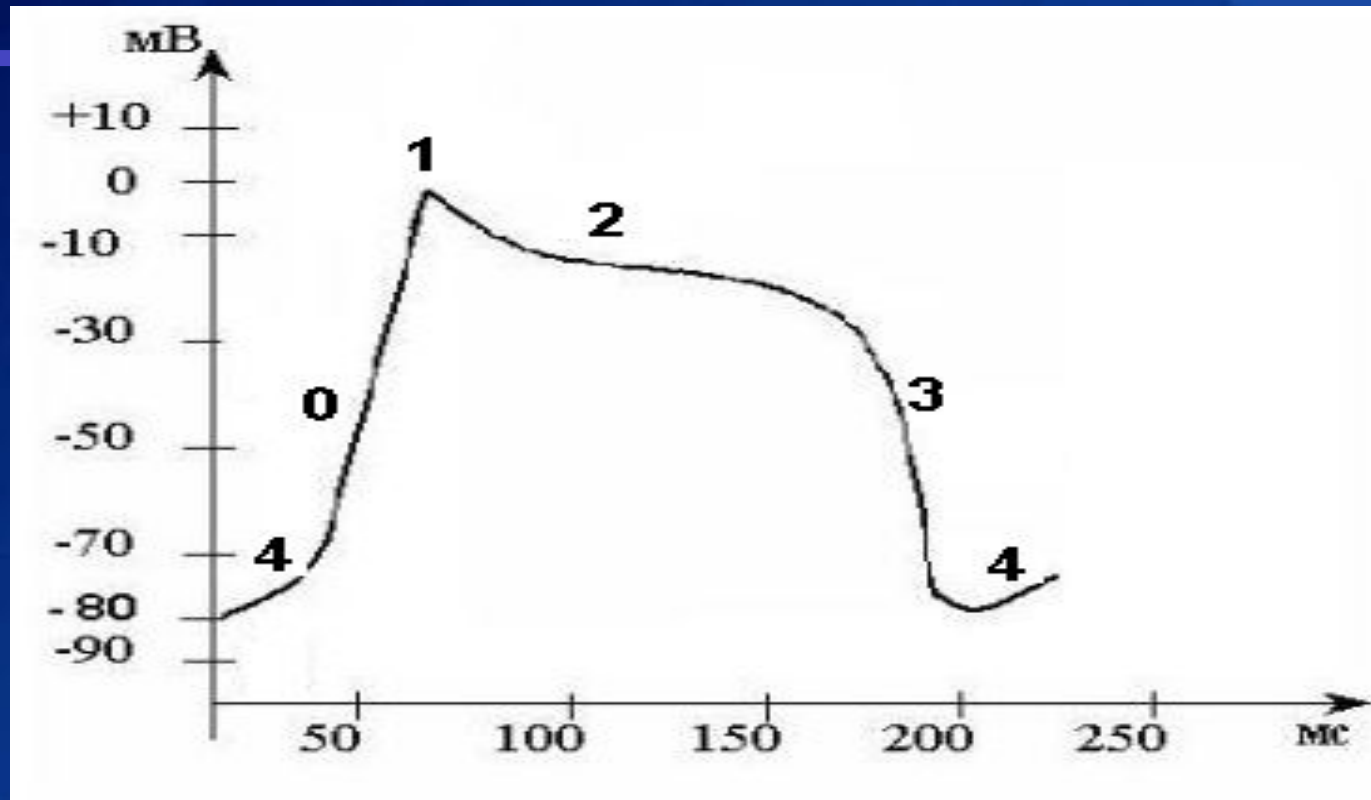
фаза 0 - быстрое открытие Na<sup>+</sup> -каналов, лавинообразный вход Na<sup>+</sup> в клетку;  
 фаза 1 - уменьшение проницаемости для Na<sup>+</sup>, с одновременным ее повышением для K<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup>. фаза 2 - в клетку входит Ca<sup>2+</sup> через медленные Ca<sup>2+</sup>-каналы, что предопределяет длительную реполяризацию, фаза 3 - постепенное закрытие Ca<sup>2+</sup>-каналов, при открытии кальцийвозбудимых K<sup>+</sup>-каналов, что предопределяет выход K<sup>+</sup> из клетки, фаза 4 - происходит возобновление исходных концентраций ионов в клетке и вне ее.

# Электрофизиологические свойства атипичных клеток

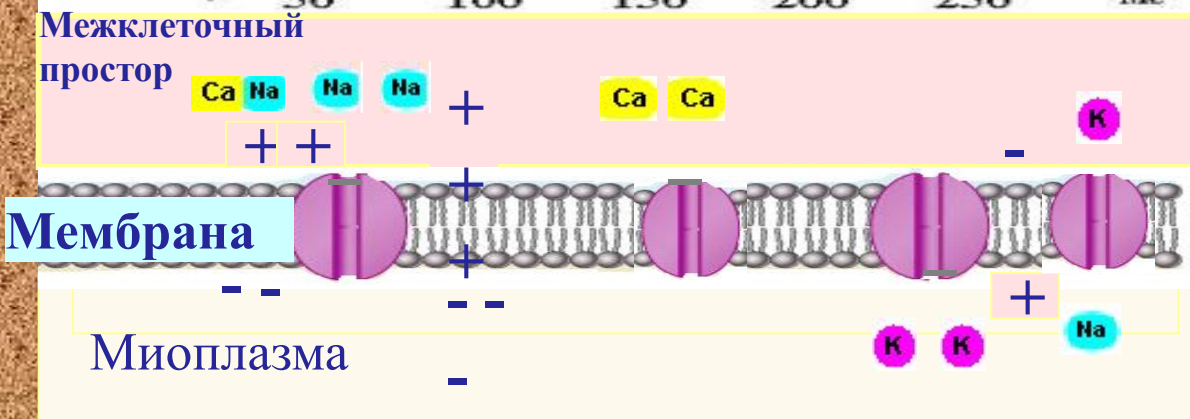
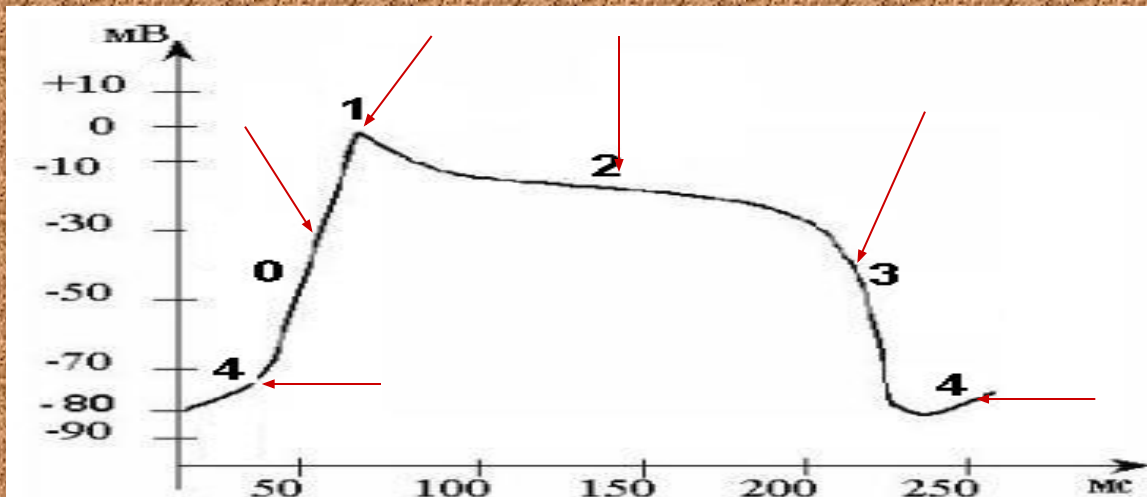


В клетках проводящей системы отсутствует стабильный потенциал покоя, вместо него присутствует фаза медленной спонтанной диастолической деполяризации, которая обусловлена входом через мембрану кардиомиоцита ионов  $Ca^{2+}$ , что ведет к накоплению в клетке положительно заряженных ионов. При достижении мембранного потенциала уровня критической точки деполяризации (около  $-60$  мВ), спонтанно возникает потенциал действия, который распространяется проводящей системой, а оттуда на сократительный миокард.

# Схема потенциала действия атипичных кардиомиоцитов



**0** - Фаза быстрой деполяризации, **1** - Фаза начальной реполяризации, **2** - Фаза медленной реполяризации (плато), **3** - Фаза быстрой конечной реполяризации, **4** – фаза спонтанной диастолической деполяризации.



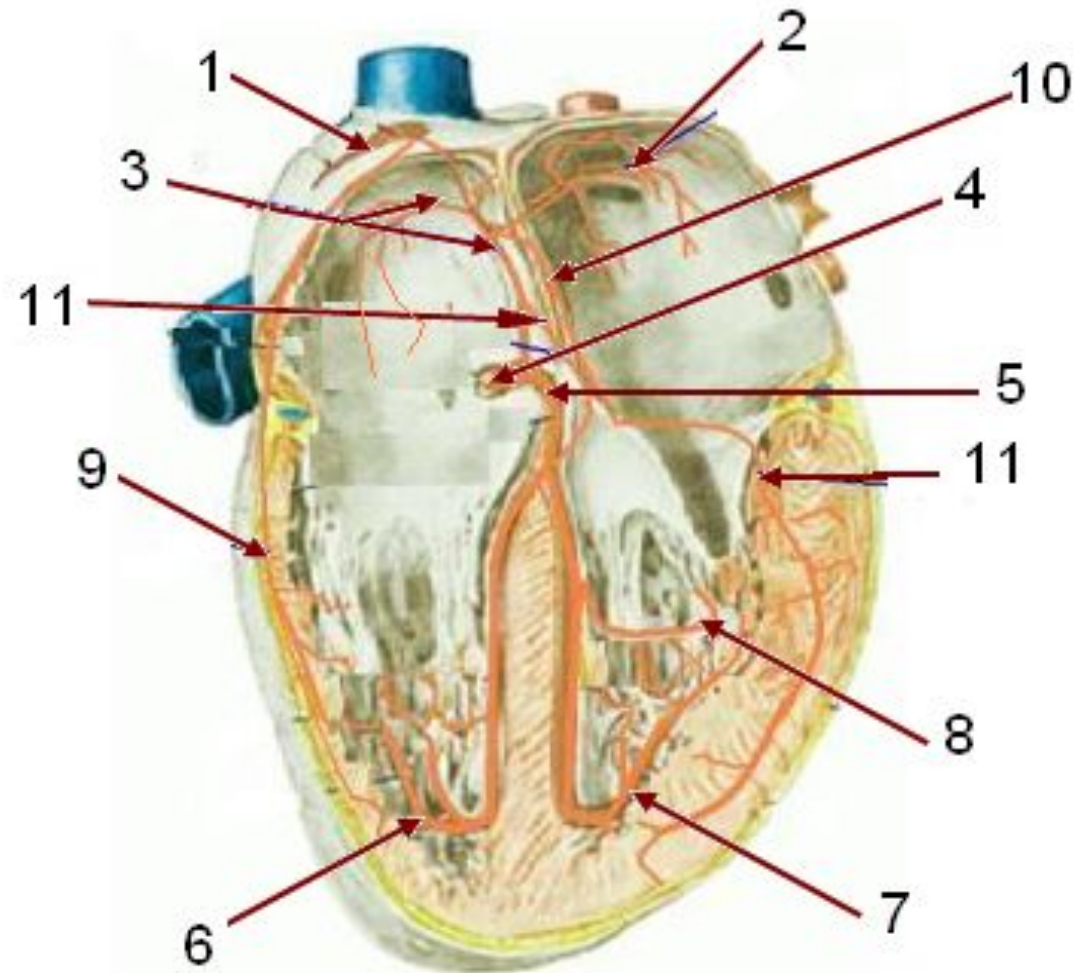
фаза 0 - быстрое открытие  $\text{Na}^+$ -каналов, лавинообразный вход  $\text{Na}^+$  в клетку; фаза 1 - уменьшение проницаемости для  $\text{Na}^+$ , с одновременным ее повышением для  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . фаза 2 - в клетку входит  $\text{Ca}^{2+}$  через медленные  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы, что предопределяет длительную реполяризацию, фаза 3 - постепенное закрытие  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов, при открытии кальцийвозбудимых  $\text{K}^+$ -каналов, что предопределяет выход  $\text{K}^+$  из клетки, фаза 4 - фаза спонтанной диастолической деполяризации, которая обусловлена входом через мембрану кардиомиоцита ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ .

# Проводящая система сердца

- **В состав проводящей системы входят:**
- синусовый узел (синусно-предсердный, синоатриальный Киса-Флака), который находится возле места впадения полых вен в правое предсердие. От синусового узла к ушку левого предсердия идет межпредсердный пучок Бахмана. А ко второму узлу проводящей системы - предсердно-желудочковому (атриовентрикулярного Ашофа-Тавара) - идут межузловые ведущие тракты (пучки Бахмана, Венкебаха и Тореля). От атриовентрикулярного узла идет межжелудочковой перегородкой пучок Гиса (предсердно-желудочковый пучок), который делится на две ножки правую и левую. Левая ножка в свою очередь делится на переднюю и заднюю ветви. Правая ножка и ветви левой ножки переходят в волокна Пуркинье.
- Кроме основных элементов ведущей системы есть дополнительные ее элементы: пучок Кента, пучок Джеймса и пучок Махейма. Эти пучки могут проводить возбуждение из предсердий к желудочкам. Пучок Кента может проводить возбуждение от предсердий, в обход атриовентрикулярного узла, к правому желудочку. Пучок Джеймса может импульсы из предсердий проводить к пучку Гиса в обход атриовентрикулярного узла. Пучок Махейма может импульсы от атриовентрикулярного узла, обходя пучок Гиса и ниже лежащие отделы, нести к левому желудочку.

# Схема проводящей системы сердца

- 1 - синусно-предсердный узел;
- 2 - межпредсердный пучок Бахмана;
- 3 - межузловые проводящие тракты (Бахмана, Венкебаха, Тореля);
- 4 –предсердно-желудочковый узел;
- 5 - пучок Гиса;
- 6 - правая ножка пучка Гиса;
- 7 - передняя ветвь левой ножки пучка Гиса;
- 8 – задняя ветвь левой ножки пучка Гиса;
- 9 – пучок Кента;
- 10 - пучок Джеймса;



- 11 - пучок Махейма;



# Распространение возбуждения в предсердиях и А-В узле

- **Распространение возбуждения в предсердиях**  
Возбуждение, возникшее в сино - атриальном узле проводится предсердиями со скоростью 0,8-1,0 м / с. Деполяризация охватывает сначала правое предсердие, а затем – левое. Время охвата возбуждением обоих предсердий - 0,1 с .  
**Проведение возбуждения в предсердно-желудочковом узле**  
При передаче возбуждения с предсердий на желудочки наблюдается его задержка в атриовентрикулярном узле. Она связана как с особенностями геометрической структуры узла, так и со спецификой развития в нем электрических потенциалов, объясняется небольшой плотностью  $Na^+$  - каналов . Эта задержка имеет значение для последовательности возбуждения и сокращения предсердий, а затем желудочков. Скорость проведения возбуждения через атрио - вентрикулярный узел составляет около 0,02 м / с.

# Распространение возбуждения в желудочках

Скорость проведения возбуждения пучком Гиса и волокнами Пуркинье составляет 1-1,5 м/с. Процесс деполяризации желудочков начинается от средней трети межжелудочковой перегородки и распространяется на верхушку и боковые стенки правого и левого желудочка. Последними деполяризируются базальные отделы желудочков и верхняя треть межжелудочковой перегородки.

Следующая задержка проведения возбуждения - в месте контакта волокон Пуркинье с сократительными миоцитами. Она является следствием суммирования потенциалов действия, способствует синхронизации процесса возбуждения миокарда. Скорость проведения возбуждения желудочками в среднем 0,3-0,9 м / с.

# Проведение возбуждения в сердце



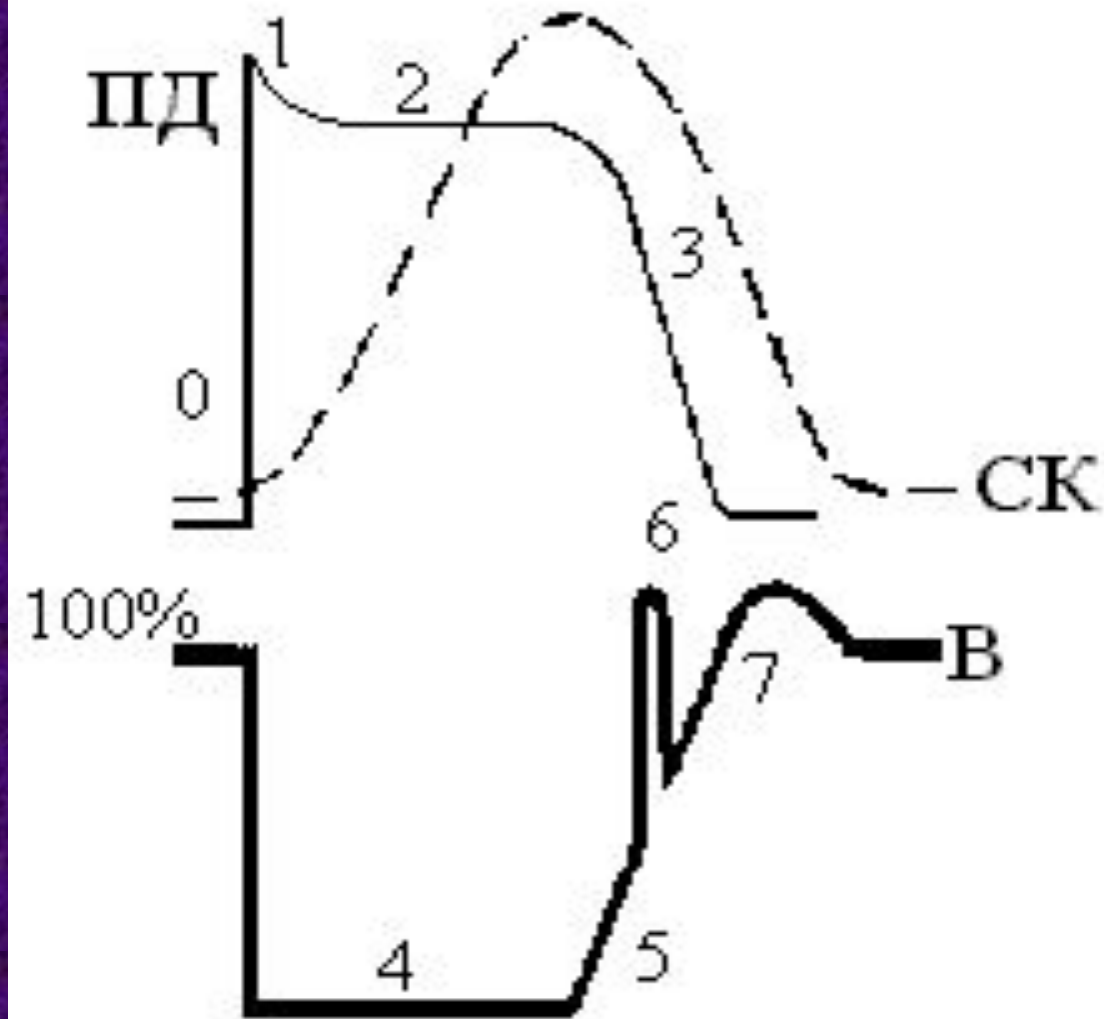
- **Возбудимость** - это способность сердца возбуждаться (или переходить в состояние физиологической активности). Возбудимость характерна клеткам проводящей системы сердца и сократительного миокарда .

### **Изменение возбудимости сердца при возбуждении**

Возбудимость сердечной мышцы во время возбуждения меняется. Если сопоставить потенциал действия с возбудимостью, то получается что при 0, 1 и 2 фазах, клетка полностью невозбудима или рефрактерная. Это так называемый абсолютный рефрактерный период, когда клетка не способна ответить на действие раздражителя любой силы и обусловлена инактивацией  $\text{Na}^+$  - каналов. В 3 фазе имеет место относительный рефрактерный период. В этот период сверхпороговое раздражение может вызвать возбуждение. То есть в этот период имеет место восстановление возбудимости.

# Соотношение между потенциалом действия, сокращением и возбудимостью сократительного миокарда

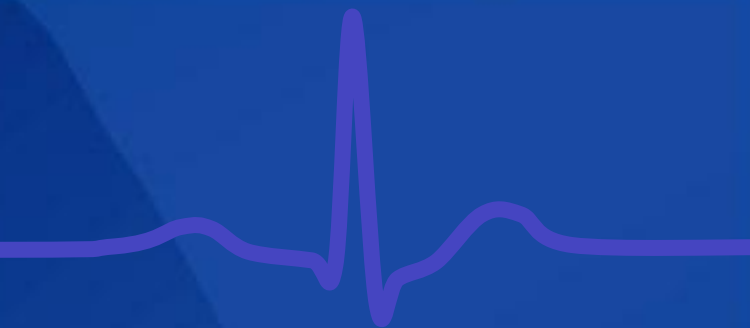
- 0 - быстрая деполяризация;
- 1 - ранняя начальная реполяризация;
- 2 - медленная реполяризация (плато);
- 3 - быстрая конечная реполяризация;
- 4 - абсолютная рефрактерность;
- 5 - относительная рефрактерность;
- 6 - уязвимый период;
- 7 - фаза экзальтации.



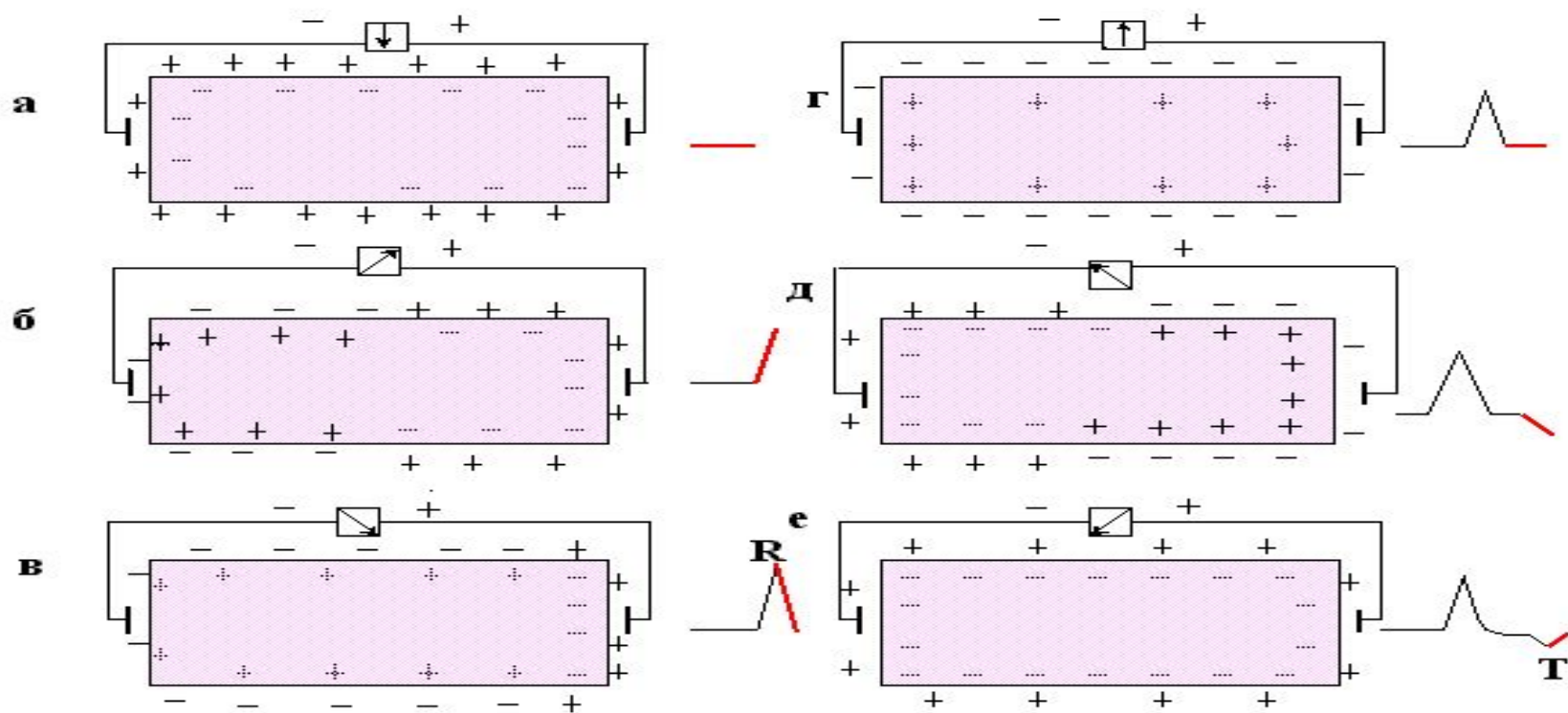
- Впервые электрокардиограмма была записана голландским физиологом Эйнтховеном посредством сравнительно простого инструмента струнного гальванометра. В настоящее время для записи ЭКГ используют специальные электронные приборы, называемые электрокардиографами. Амплитуда электрического потенциала записанного с поверхности тела может быть менее  $1\text{ мВ}$ . Следовательно, перед записью потенциал должен быть усилен с помощью устройства, называемого усилителем. Электрокардиограф включает также высокочастотное сито, не пропускающее медленные изменения электрического потенциала, и калибратор, который генерирует электрические импульсы  $1\text{ мВ}$ , что необходимо для расчета амплитуды зубцов электрокардиограммы.

# Электрокардиография

- Каждая клетка сердечной мышцы создаёт электрическое поле, которое имеет характеристики, подобные в общих чертах характеристикам электрического поля других типов мышечных клеток. Но потенциал действия (ПД) сердечных клеток отличается от ПД клеток поперечнополосатых мышц своей формой и длительностью. Электрическое поле сердца в целом образуется наложением электрических полей отдельных клеток. Изменения электрического поля сердца происходят при деполяризации и реполяризации мембраны клеток сердца (Рис.4). Эти изменения достаточны, чтобы создать изменения разности потенциалов между различными точками поверхности тела и чтобы обнаружить указанные изменения на большом расстоянии от их источника.



# Формирование электрокардиограммы мышечного волокна сердца

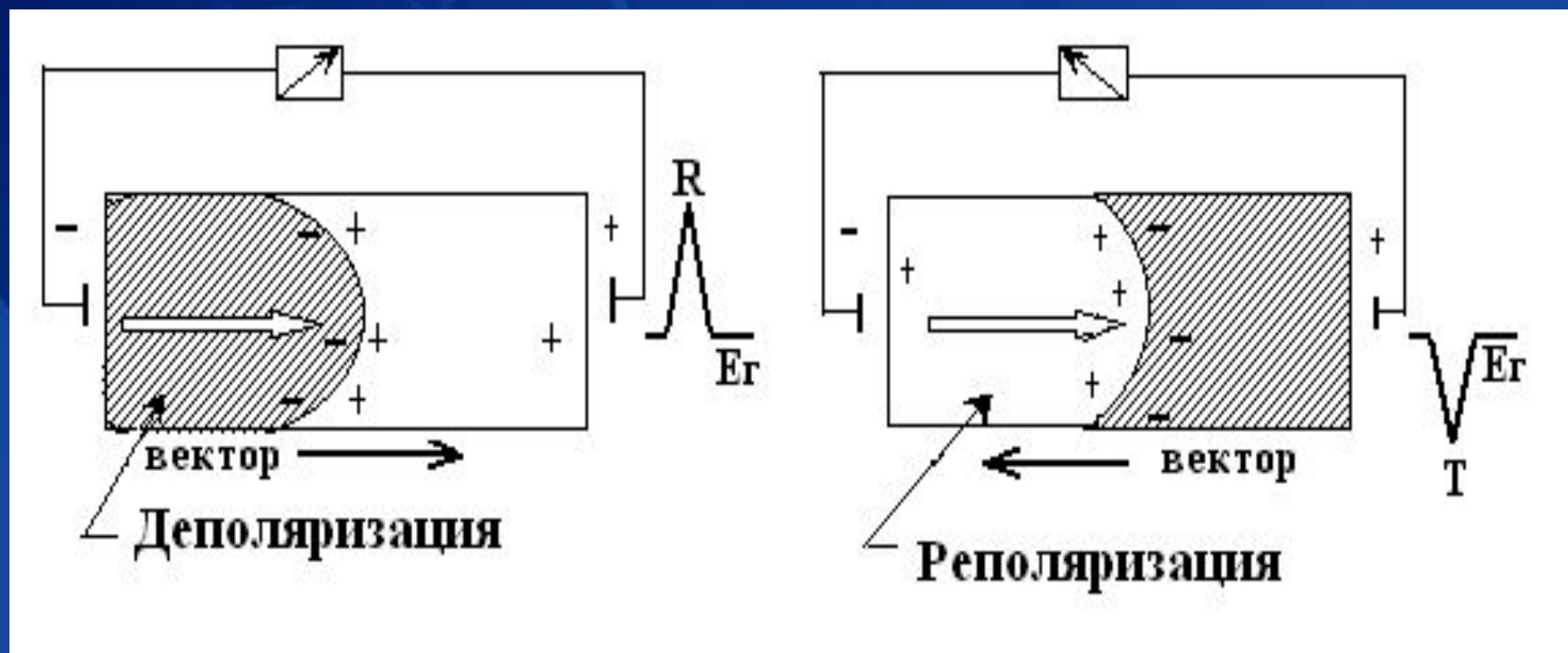




# Распространение волны деполяризации и реполяризации одиноким мышечным

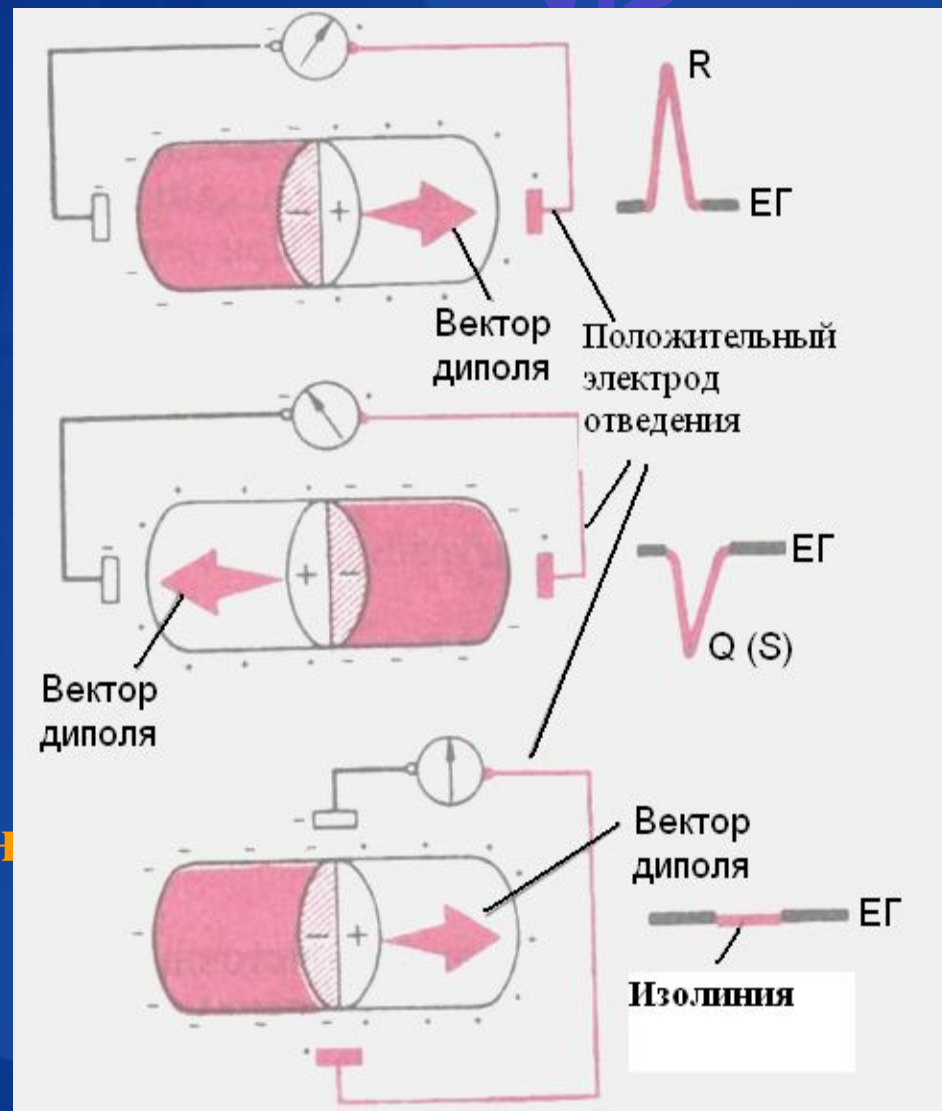
- Распространение волны деполяризации и волны реполяризации одиноким мышечным волокном можно условно представить как перемещение двух зарядов расположенных на границе возбужденного (-) и невозбужденного (+) участка волокна.
- Эти заряды, равные по величине и противоположные по знаку, образуют диполи. Одинокое возбужденное волокно можно условно считать диполем. Положительный полюс диполя всегда находится со стороны невозбужденного, а отрицательный полюс - со стороны возбужденного участка миокардиальной клетки.

# Направление вектора диполя при деполяризации и реполяризации кардиомиоцита



**Чтобы описать как будет выглядеть электрограмма при любых направлений движения волны де - и реполяризации надо помнить три правила:**

- 1. Если вектор диполя направлен в сторону положительного электрода отведения, то на электрограмме мы получим положительный зубец.
- 2. Если вектор диполя направлен в сторону отрицательного электрода отведения, то на электрограмме получим отрицательный зубец.
- 3. Если вектор диполя расположен перпендикулярно оси отведения, то на электрограмме записывается изолиния.

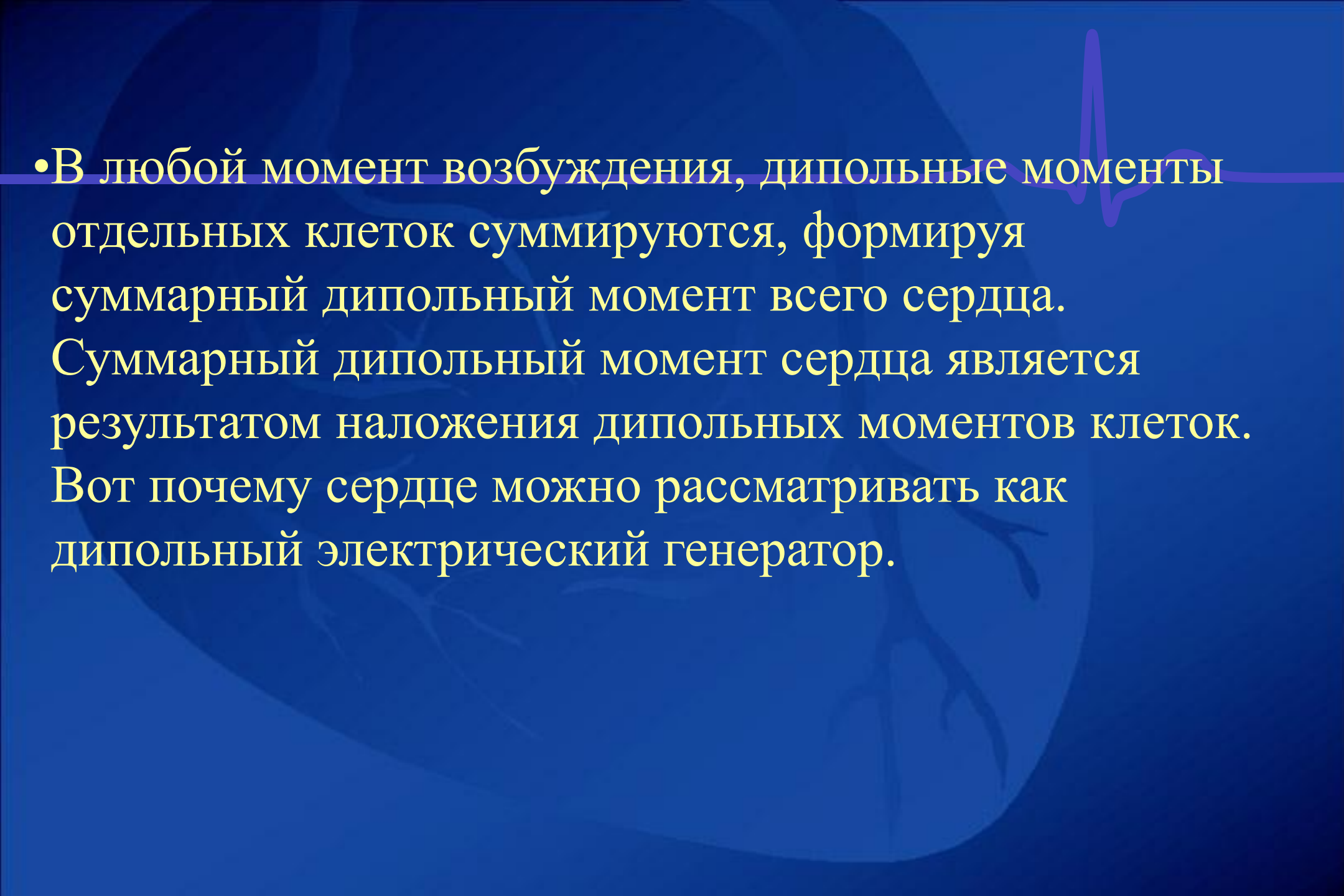


# Дипольная теория электрокардиограммы



- Чтобы понять происхождение электрокардиограммы нужно принять во внимание, что электрическое поле сердца является результатом наложения электрических полей множества сердечных клеток.

Мембранный потенциал покоящейся клетки не вызывает появления потенциала в любой точке тела. Клетка, несущая импульс, может быть поделена на две части: покоящуюся и активную. Покоящаяся часть имеет неизменный мембранный потенциал. Активная часть имеет потенциал, равный величине потенциала действия. Переход между двумя частями происходит в какой-либо точке.

- 
- В любой момент возбуждения, дипольные моменты отдельных клеток суммируются, формируя суммарный дипольный момент всего сердца. Суммарный дипольный момент сердца является результатом наложения дипольных моментов клеток. Вот почему сердце можно рассматривать как дипольный электрический генератор.

- Направление суммарного дипольного момента сердца называют *электрической осью сердца*. Этот дипольный момент определяет величину разности электрических потенциалов, записанную на поверхности тела. Электрический потенциал, измеренный в любой точке, отдалённой от источника, зависит главным образом от величины суммарного дипольного момента сердца и угла между его направлением и осью отведения ЭКГ

**Следует подчеркнуть, что основные закономерности формирования электрограммы одинокого мышечного волокна, остаются справедливыми и для формирования электрокардиограммы.**

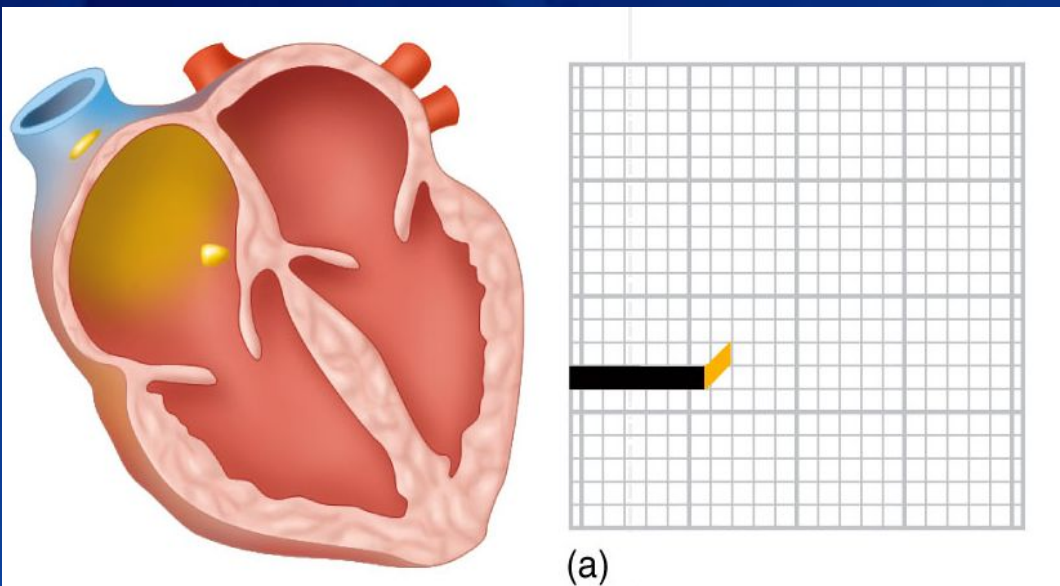
- В сердце одновременно происходит возбуждение многих участков миокарда, причем направление векторов деполяризации и реполяризации в этих участках может быть различным. Электрокардиограф записывает некоторую суммарную, результирующую электродвижущую силу сердца для данного момента возбуждения.**



**Теоретически можно представить себе три случая суммирования векторов и получения суммарного результирующего вектора:**

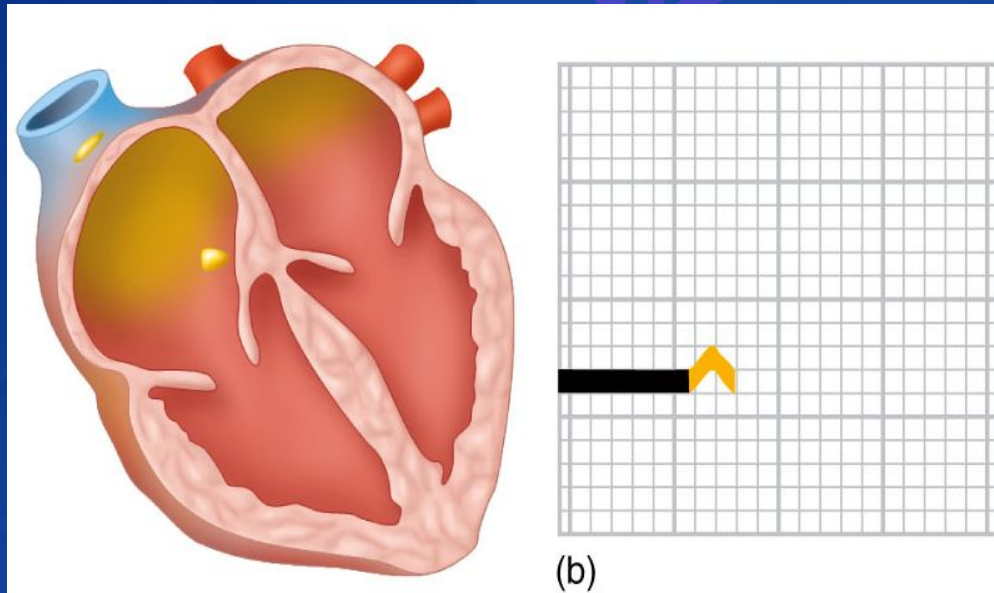
- 1) Если два вектора источников тока направлены в одну сторону и параллельны друг другу, то результирующий вектор будет составлять сумму векторов и будет направлением в ту же сторону.
- 2 ) Если два вектора источников тока направлены в противоположные стороны, то результирующий вектор равен их разности и ориентирован в сторону большего вектора.
- 3 ) Если два вектора источников тока направлены под углом друг к другу, то результирующий вектор равен по величине и направлению диагонали параллелограмма , сторонами которого являются два вектора.



# Формирование ЭКГ



 Деполяризация  
 Реполяризация

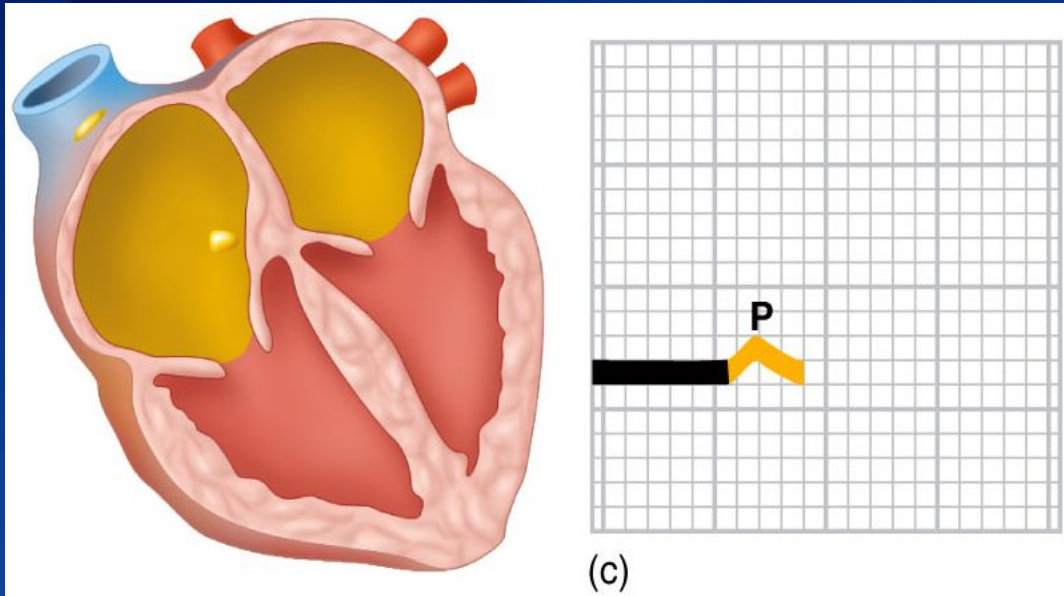


 Деполяризация  
 Реполяризация

Деполяризация правого предсердия (восходящее колено зубца P) (a)

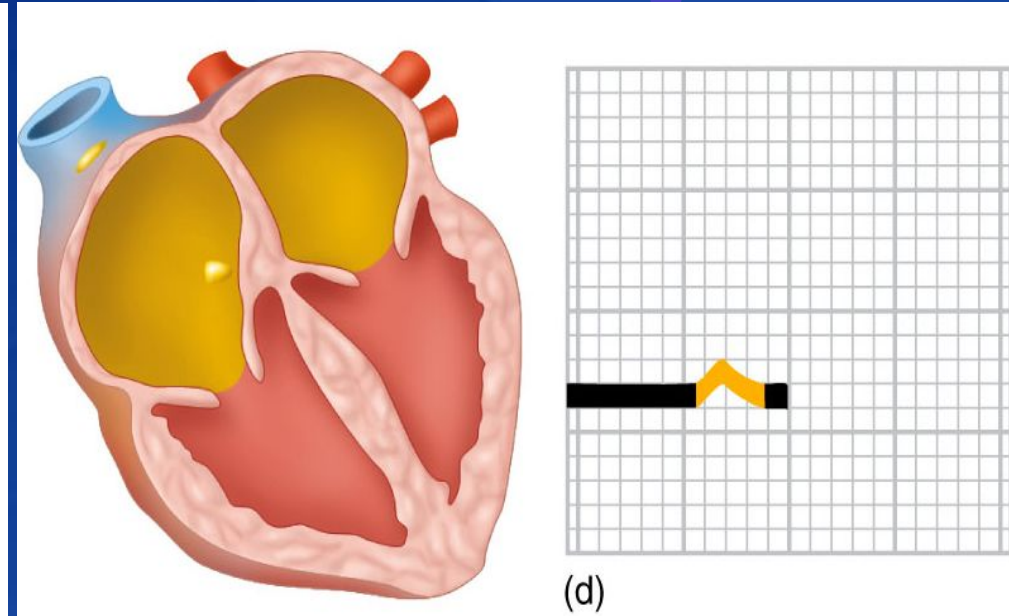
Деполяризация левого предсердия (нисходящее колено зубца P) (b)

# Формирование ЭКГ



■ Деполяризация

■ Реполяризация



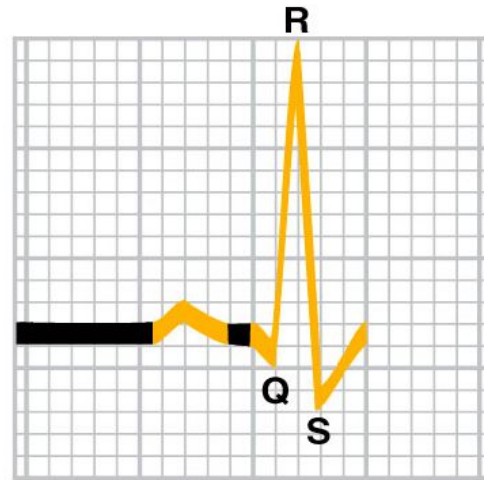
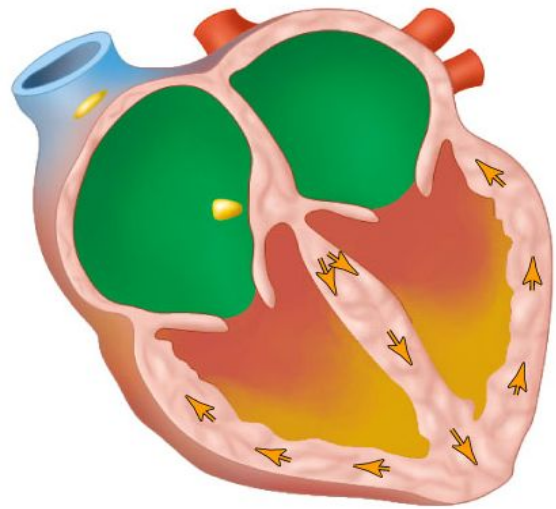
■ Деполяризация

■ Реполяризация

Завершение деполяризации  
предсердий (c)

Задержка проведения  
возбуждения в А-В-узле (d)

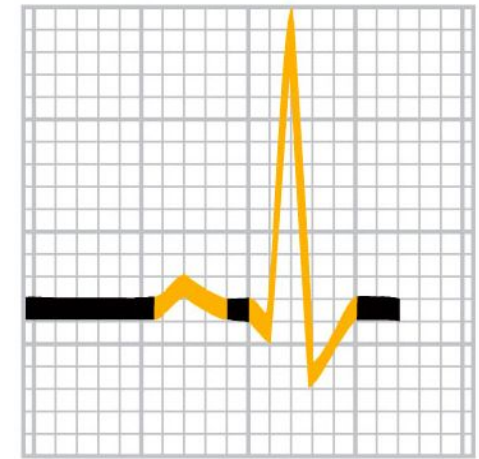
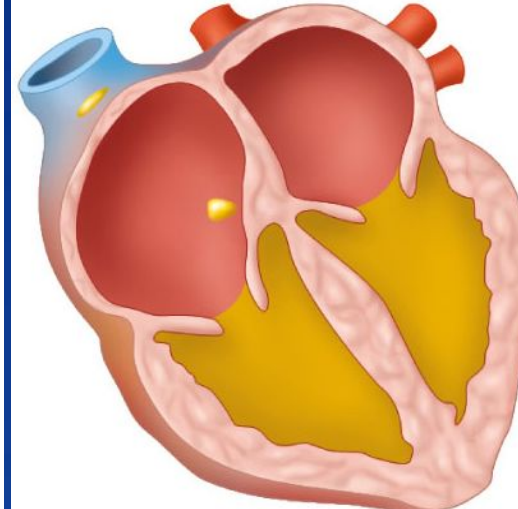
# Формирование ЭКГ



(e)

Депольаризация

Репольаризация



(f)

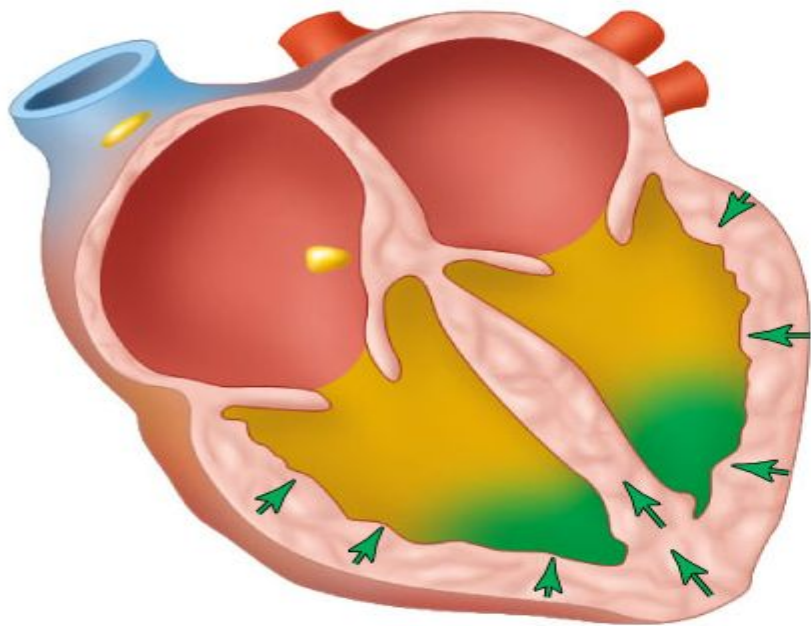
Депольаризация

Репольаризация


Депольаризация межжелудочковой перегородки (зубец Q), боковых стенок правого и левого желудочков (зубец R) и базальных отделов обеих желудочков и верхней трети межжелудочковой перегородки (зубец S) (e)

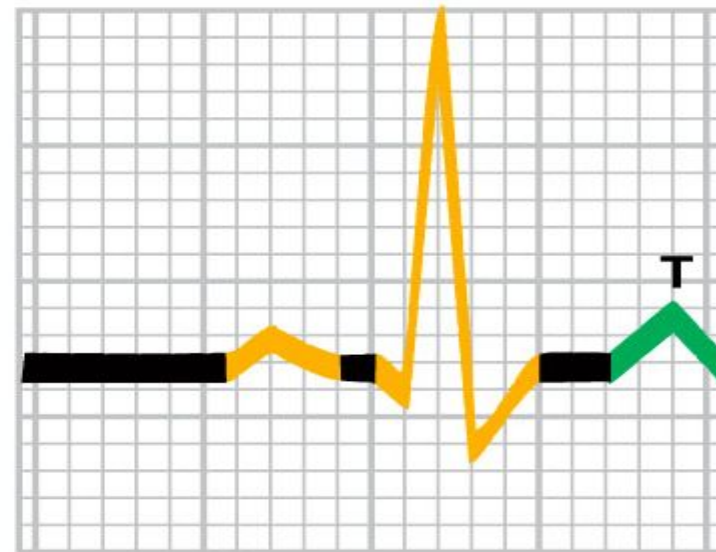
Полный охват возбуждением миокарда желудочков (сегмент S-T) (f)

# Формирование ЭКГ



 Деполяризация

 Реполяризация



(g)

Реполяризация желудочков (зубец T)

# Формирование ЭКГ



# ВОЗБУЖДЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ В СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЕ



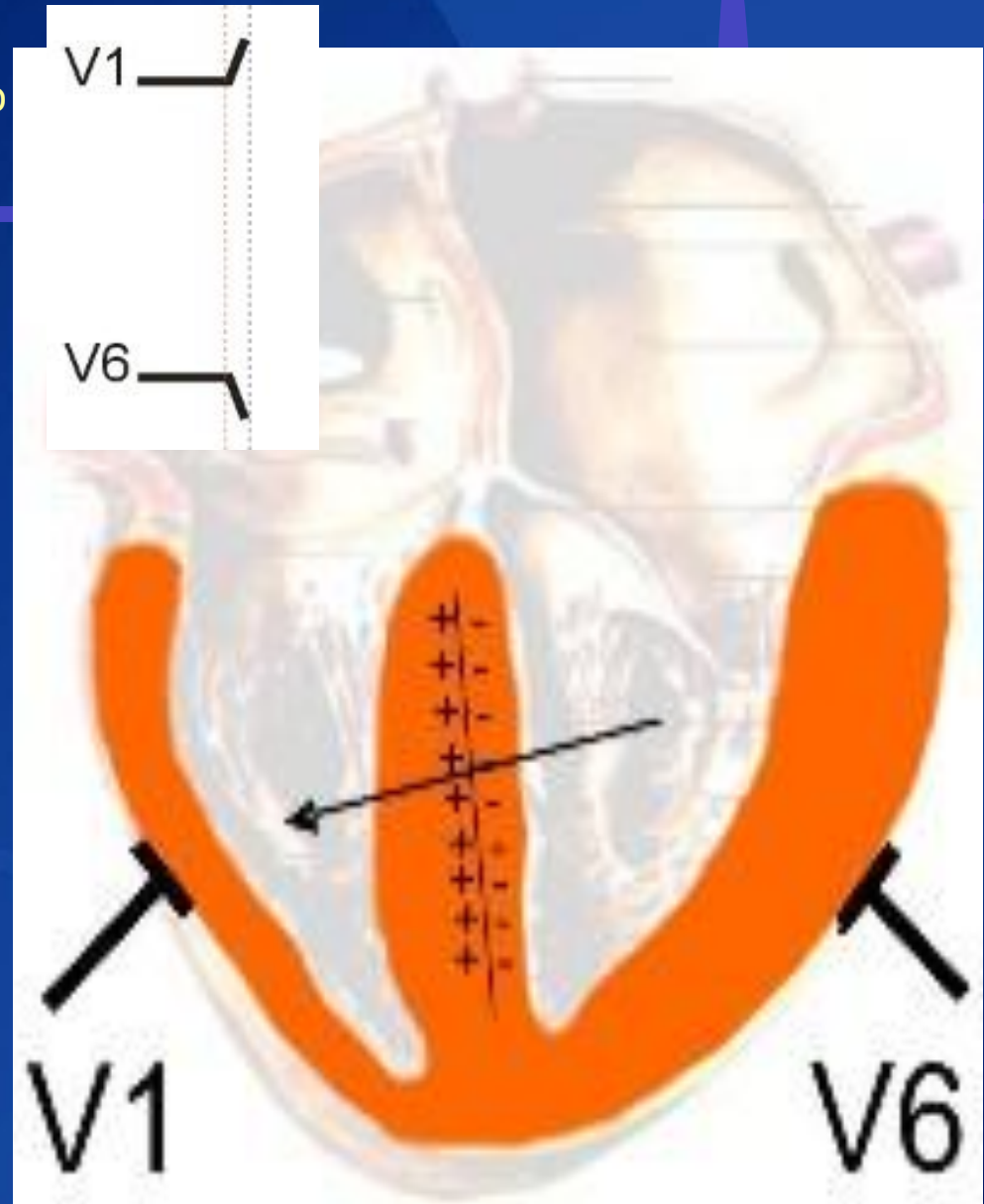
- в сердце существует множество диполей, которые перемещаются в разных направлениях. Векторы возбуждения этих диполей взаимодействуют друг с другом, формируя суммарный вектор всей сердечной мышцы, который и обуславливает регистрацию ЭКГ в различных электрокардиографических отведениях. ЭДС сердца распространяется на поверхности тела и суммарный вектор ЭДС сердечной мышцы проецируется на эти отведения, постоянно меняя свою величину и направление. Чтобы понять, как в миокарде формируется суммарный вектор, разделим непрерывный процесс возбуждения сердечной мышцы на несколько стадий.

На рисунке представлен фронтальный разрез сердца. Нас интересуют три части: правый и левый желудочки, и межжелудочковая перегородка. У эпикарда правого желудочка расположен активный электрод гальванометра V1 (соответствует правым грудным отведениям V1, V2). У эпикарда левого желудочка расположен электрод V6 (соответствует левым грудным отведениям V5, V6). Проследим ход волны возбуждения в этих точках.



## Стадия 1.

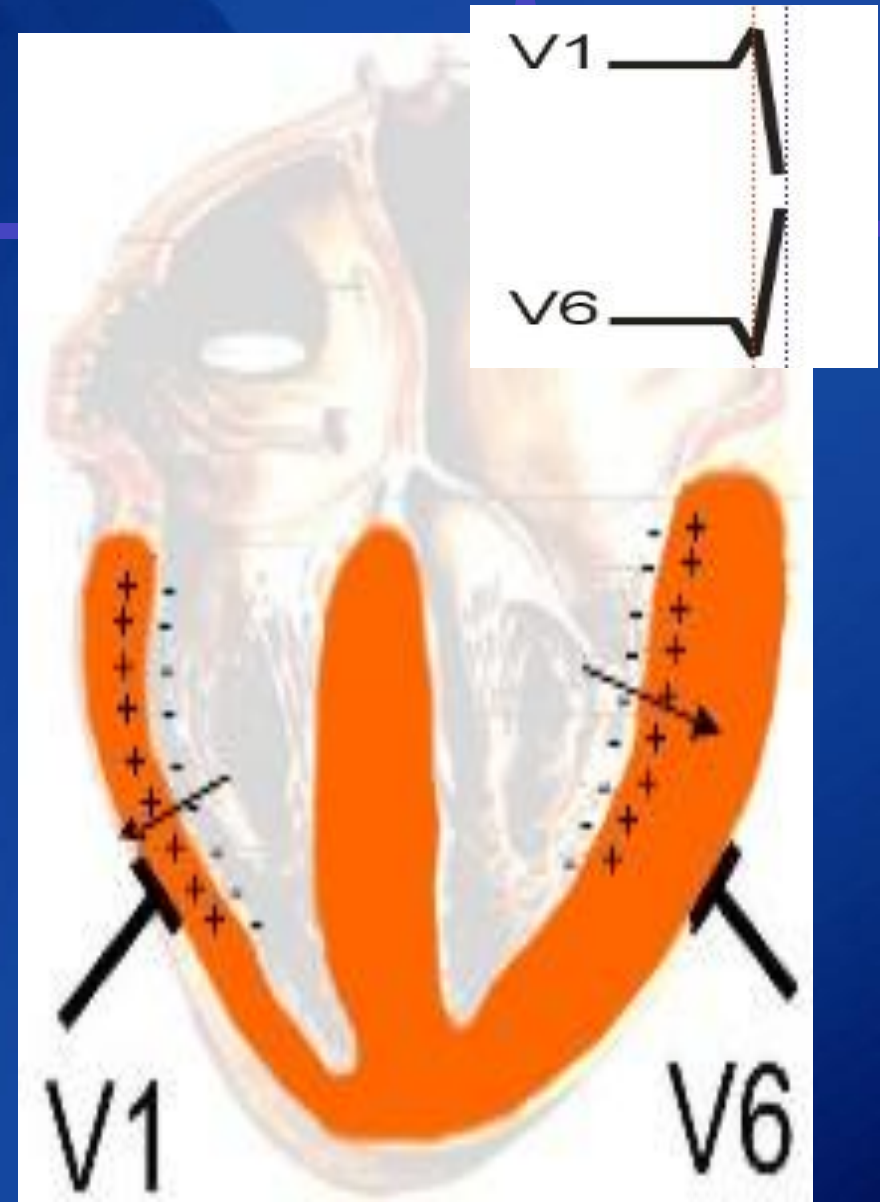
• В первую очередь возбуждение охватывает левую половину межжелудочковой перегородки (это связано с тем, что левая ножка пучка Гиса несколько короче правой, и она первой доставляет возбуждающий сигнал). Кроме того, левая половина перегородки мощнее правой части, поэтому она вырабатывает более мощную ЭДС. Возбужденные участки перегородки заряжаются отрицательно - вектор возбуждения направлен в сторону правого желудочка, т.е., к электроду V1. Следовательно гальванометр электрода V1 фиксирует поднятие кривой. Гальванометр, подключенный к электроду V6, регистрирует отрицательный зубец, т.к. вектор возбуждения направлен от него. Оба регистрируемых зубца небольшой амплитуды, поскольку вектор возбуждения межжелудочковой перегородки небольшой из-за того, что нет резкого преобладания ЭДС левой половины перегородки над потенциалами ее правой половины - это во-первых. Во-вторых, расстояние от межжелудочковой перегородки до электродов довольно велико.





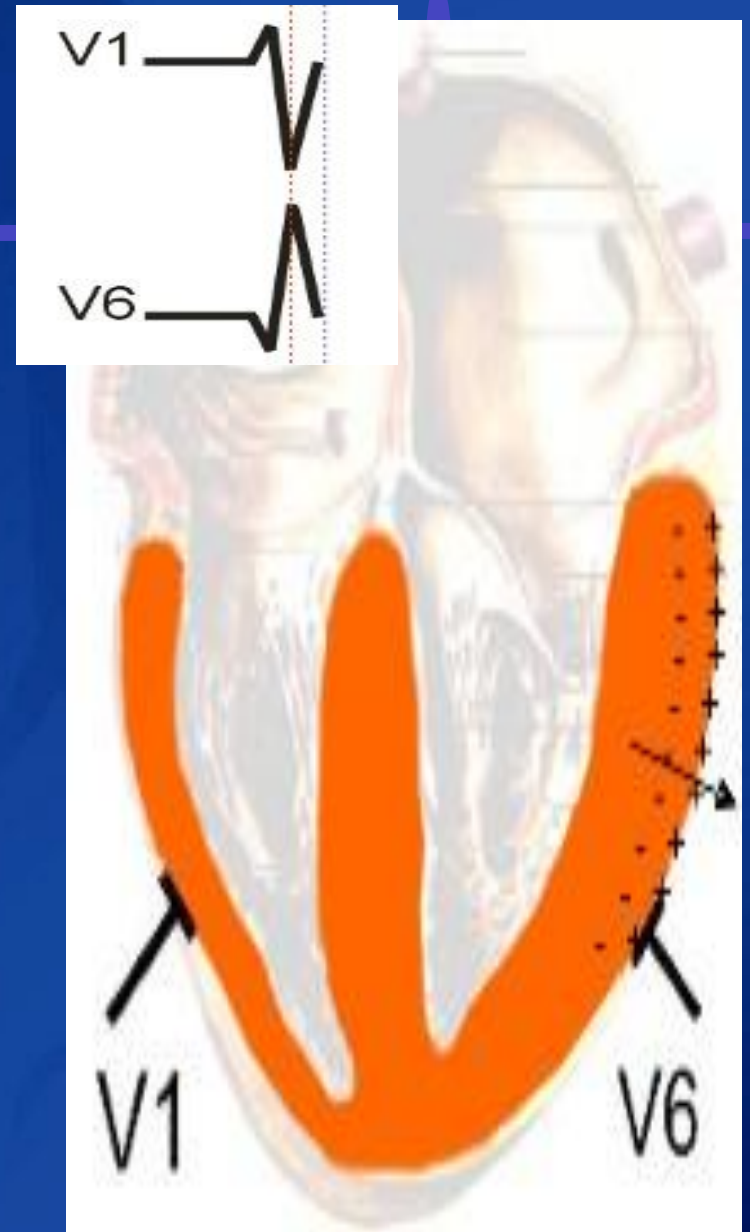
## Стадия 2.

Распространяясь по межжелудочковой перегородке, возбуждение распространяется на правый и левый желудочки. Эндокардиальные части желудочков заряжаются отрицательно. Возбуждение направлено от эндокарда к эпикарду. На этой стадии взаимодействуют два вектора возбуждения, направленных в разные стороны. Поскольку левый желудочек мощнее правого, то и его ЭДС превышает ЭДС правого желудочка. В итоге результирующий вектор направлен в сторону левого желудочка. Но, существует небольшой нюанс. Возбуждение правого желудочка может начинаться несколько раньше, чем левого. Поэтому, электрод V1 сначала может зафиксировать продолжение нарастания положительного зубца, но затем, когда в работу включается левый желудочек и суммарный вектор будет направлен от электрода V1, то гальванометр зарегистрирует резкое падение кривой. Электрод V6, наоборот, будет регистрировать резкий подъем сигнала, т.к. суммарный вектор направлен к нему.



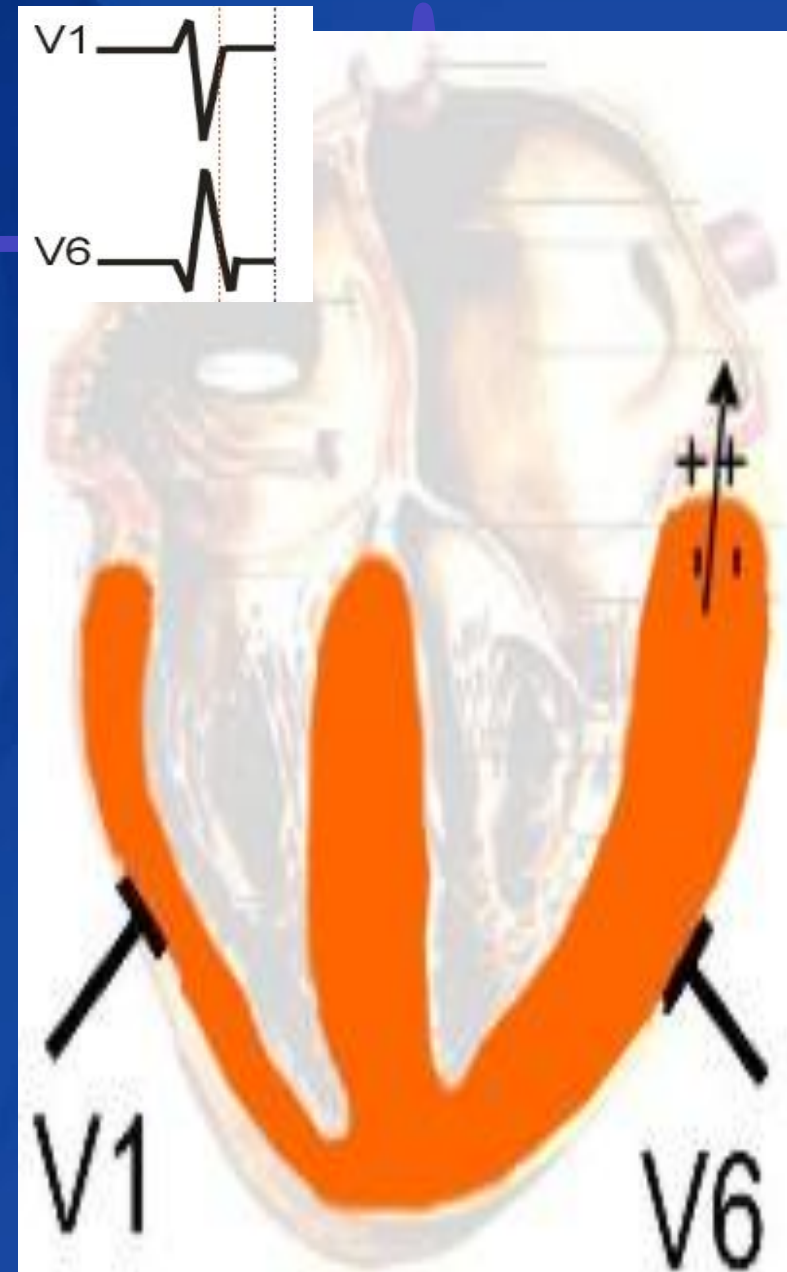
### Стадия 3.

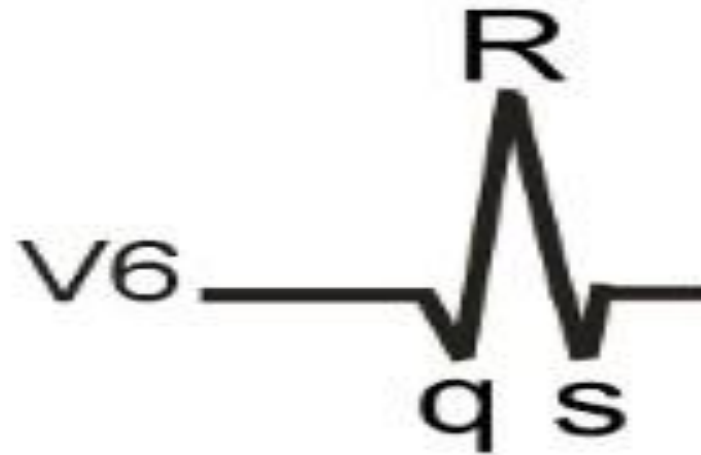
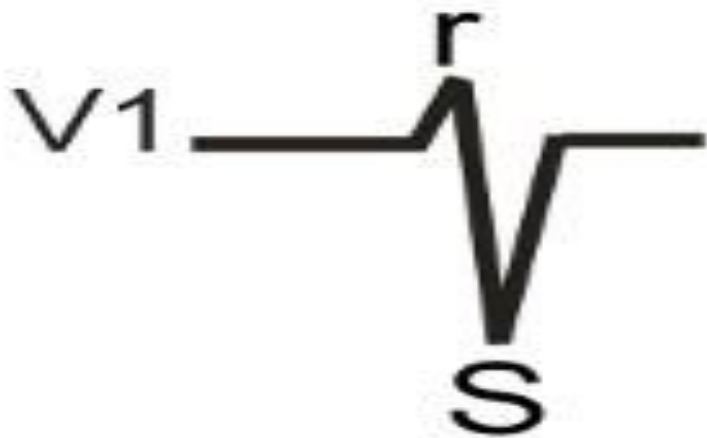
Возбуждением охвачено максимальное количество волокон левого желудочка. Поскольку его масса более, чем в 3 раза превышает массу правого желудочка, то, процессами, протекающими в правом желудочке практически можно пренебречь. В итоге, суммарный вектор возбуждения направлен по-прежнему в сторону левого желудочка и имеет максимальное значение ЭДС. На электрод V1 действует максимальный отрицательный заряд (регистрируется максимальный спуска зубца). На электрод V6 действует максимальный положительный заряд (регистрируется пик положительного зубца). По мере того, как возбуждение прошло свой пик и охватывает все меньшее число волокон, на электроды будет действовать все меньшая ЭДС - в результате чего обе кривые будут стремиться к изолинии: сигнал от V1 будет подниматься вверх, а от V6 - опускаться вниз. В тот момент, когда возбуждение закончится, обе кривые достигнут изолинии.



## Стадия 4.

Это непостоянная стадия, которая регистрируется не всегда. Ее можно выделить лишь в том случае, если после окончания возбуждения основной массы волокон левого желудочка продолжается возбуждение небольшой области у основания левого желудочка, где масса миокарда наиболее мощная. При этом весь миокард, охваченный возбуждением, заряжен отрицательно. Положительный заряд имеет только небольшая, неохваченная возбуждением, часть левого желудочка. В результате, вектор возбуждения направлен от электрода V6, который регистрирует небольшой отрицательный зубец. Поскольку ЭДС в таком случае очень мало, а расстояние до электрода V1 велико, то гальванометр, подключенный к V1, практически не регистрирует никакого сигнала.





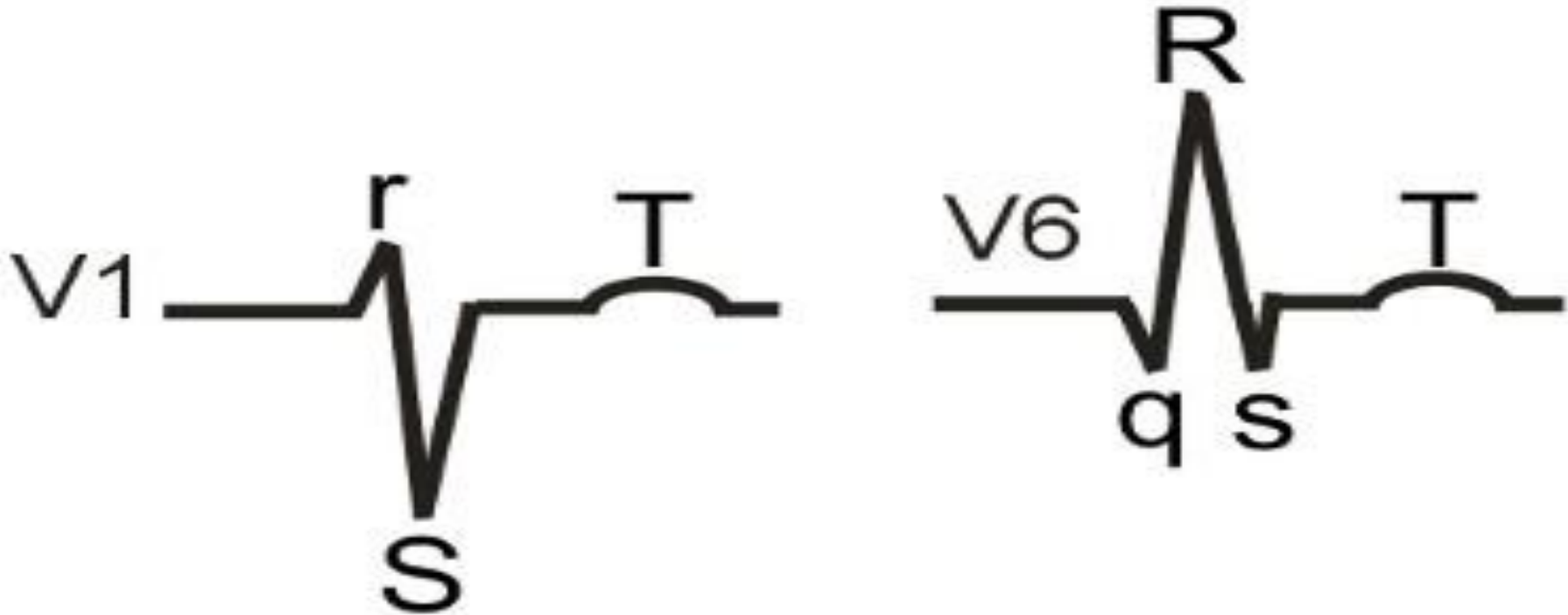
- Принято говорить, что у здоровой сердечной мышцы с помощью электрода V1 (правые грудные отведения V1, V2) регистрируется **ЭКГ типа rS**:
- зубец r обусловлен возбуждением левой половины межжелудочковой перегородки и начальным возбуждением правого желудочка;
- зубец S - возбуждением левого желудочка.
- Электрод V6 (левые грудные отведения V5, V6) регистрирует **ЭКГ типа qRs**:
- зубец q обусловлен возбуждением левой половины межжелудочковой перегородки;
- зубец R - возбуждением левого желудочка;
- зубец s (необязательный) - возбуждением основания левого желудочка.

Процесс реполяризации (восстановления)

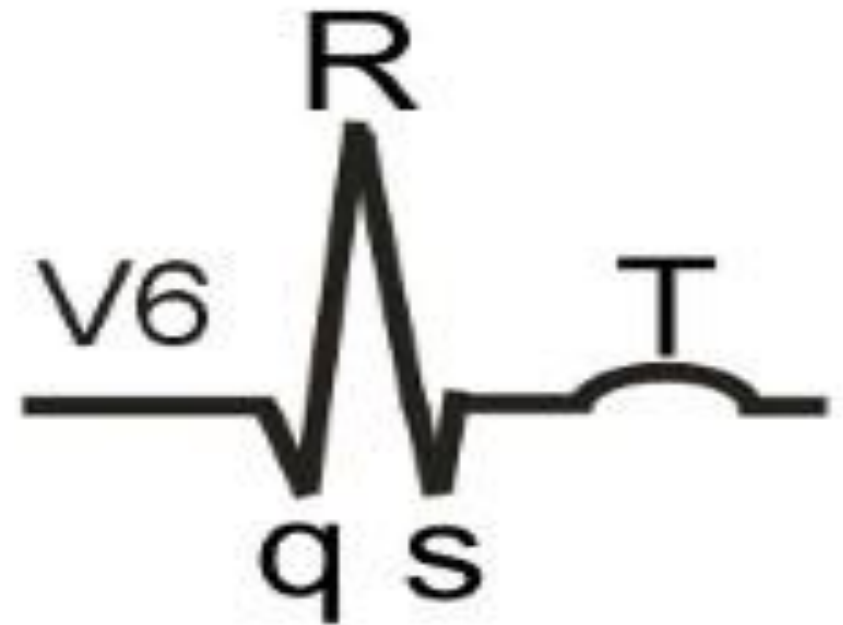
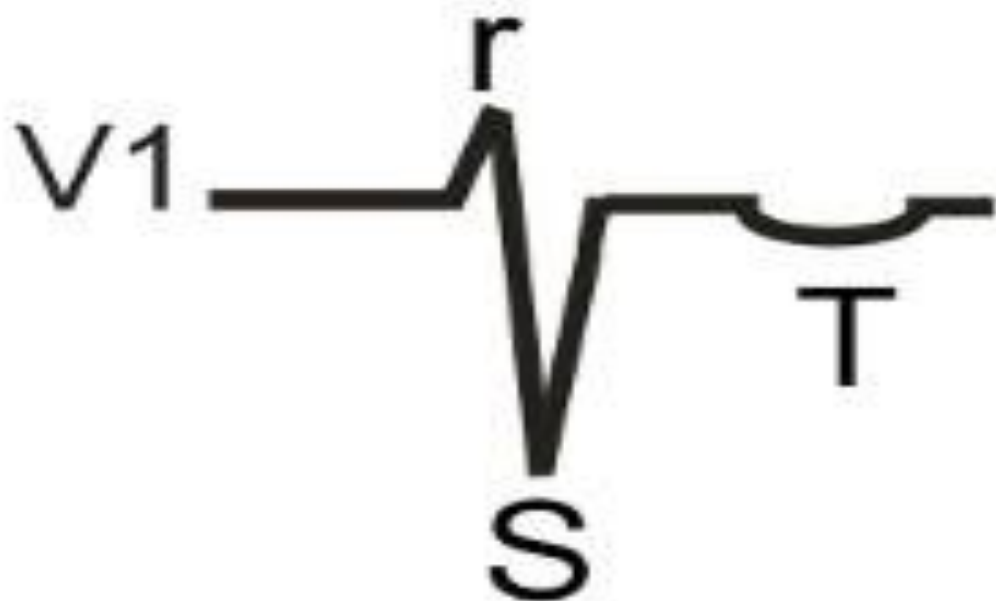
идет в обратном порядке: начинается у эпикарда обеих желудочков и распространяется к эндокарду. При этом возникает значительно меньшая ЭДС, а сам процесс идет несколько медленнее, поэтому, зубцы имеют меньшую амплитуду и большую ширину.



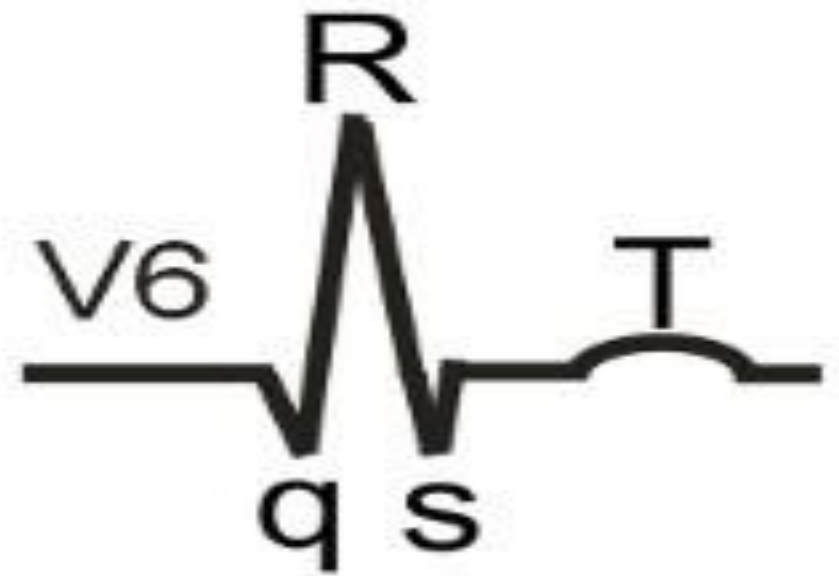
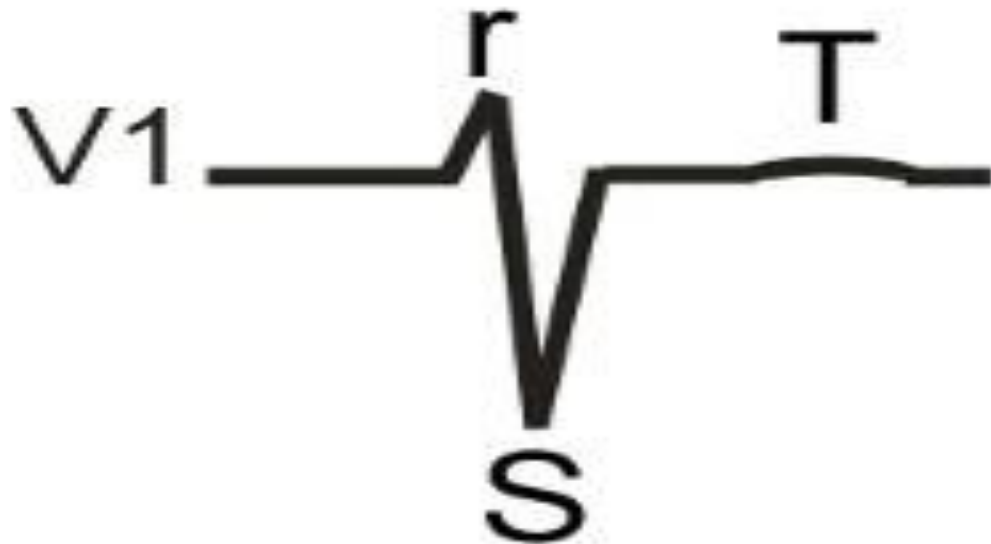
## Возможны различные варианты развития событий:



- Векторы реполяризации обеих желудочков не оказывают влияния друг на друга - зубцы  $T_{V1}$  и  $T_{V6}$  - положительные.



- Значительное преобладание вектора реполяризации левого желудочка, суммарный вектор направлен в сторону левого желудочка - зубец  $T_{V1}$  отрицательный;  $T_{V6}$  - положительный.



- Умеренное преобладание вектора реполяризации левого желудочка - зубец  $T_{V1}$  - сглаженный,  $T_{V6}$  - положительный.

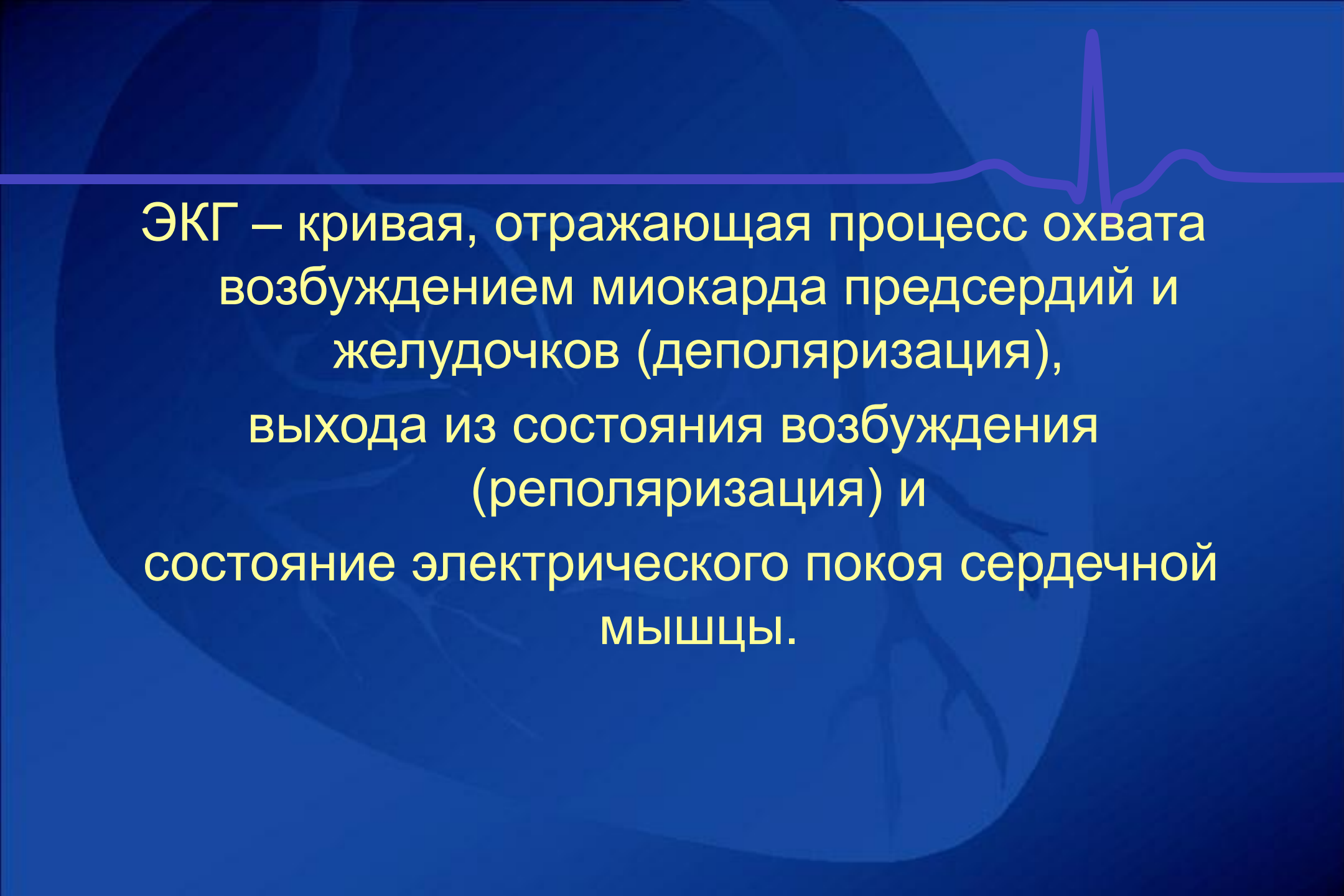
- Таким образом, зубец T, регистрируемый электродом V1 может быть положительным, отрицательным или сглаженным; зубец T, регистрируемый электродом V6 в норме всегда положительный.



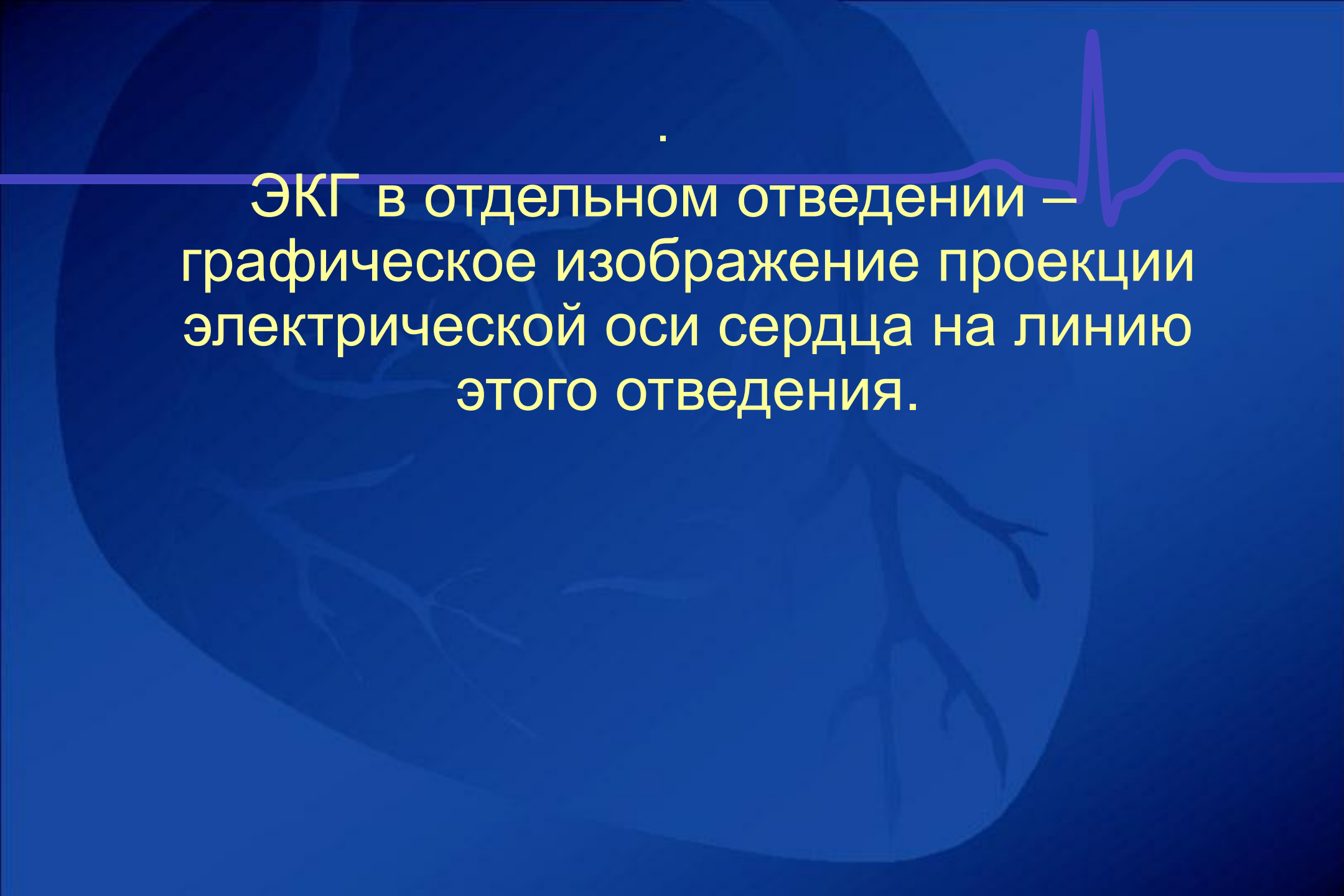
# Электрокардиографические отведения



- Измерение разности потенциалов на поверхности тела, которая возникающей при работе сердца, записывается с помощью различных отведений ЭКГ. Каждое отведение регистрирует разность потенциалов, существующую между двумя определенными точками электрического поля сердца, где установлены электроды. Электроды, установленные в каждой из выбранных точек на поверхности тела, подключаются к гальванометру электрокардиографа. Один из электродов присоединяется к положительному полюсу гальванометра (это положительный или активный электрод), второй электрод - к его отрицательному полюсу (отрицательный электрод).
- В настоящее время в клинической практике наиболее широко используют 12 отведений ЭКГ: 3 стандартных, 3 усиленных и 6 грудных.



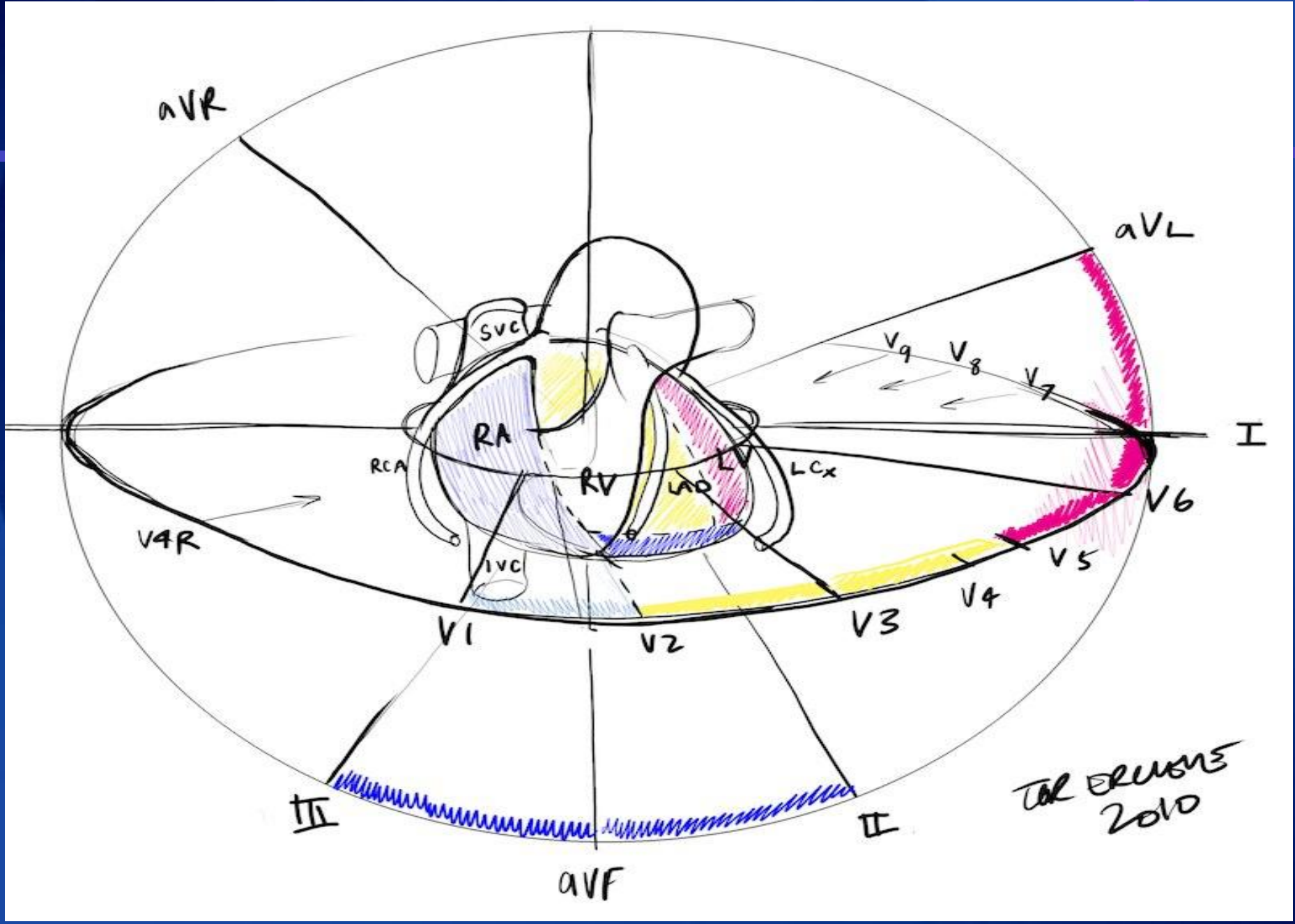
ЭКГ – кривая, отражающая процесс охвата возбуждением миокарда предсердий и желудочков (деполяризация), выхода из состояния возбуждения (реполяризация) и состояние электрического покоя сердечной мышцы.



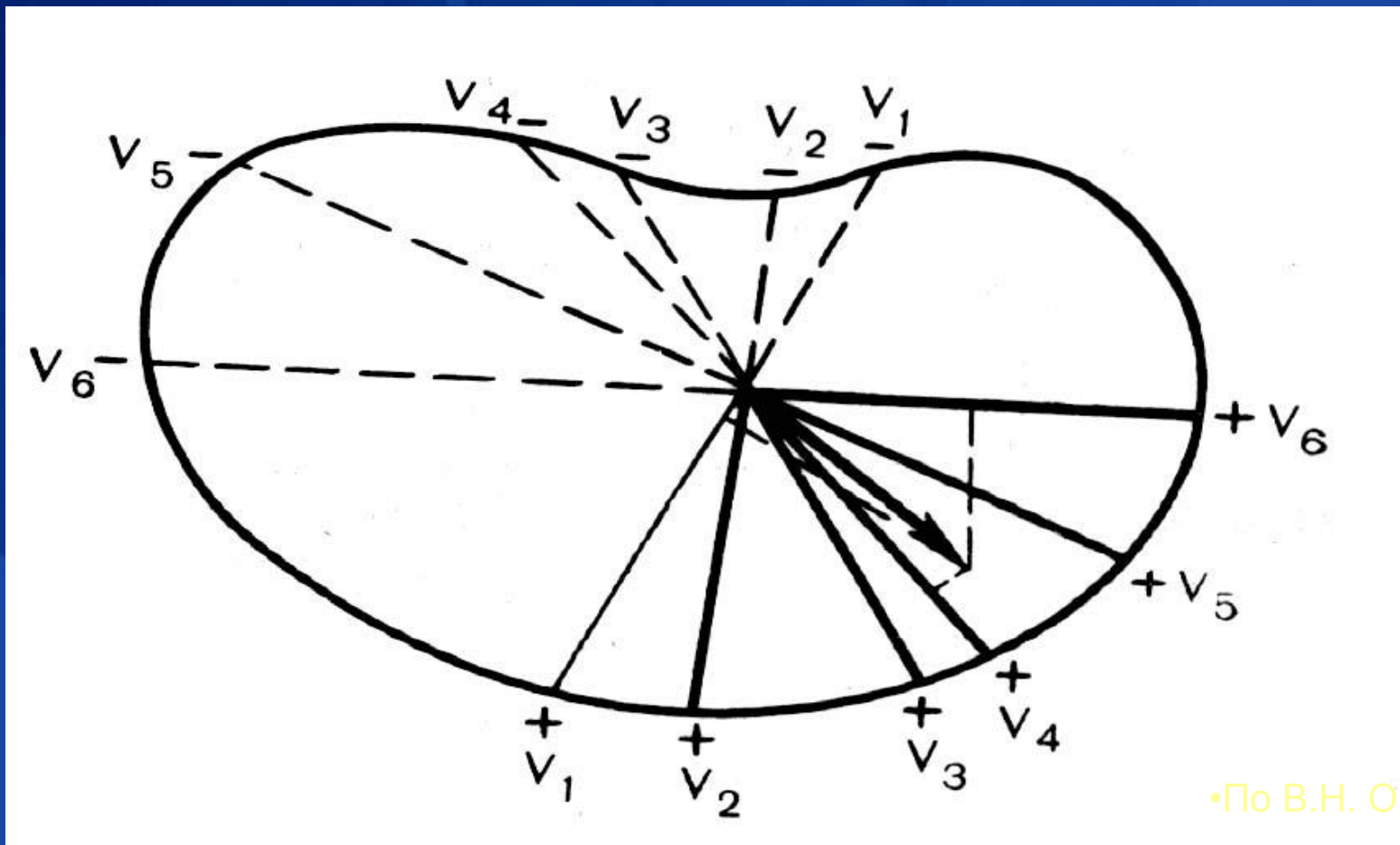
ЭКГ в отдельном отведении –  
графическое изображение проекции  
электрической оси сердца на линию  
этого отведения.

# Электродвижущая сила сердца

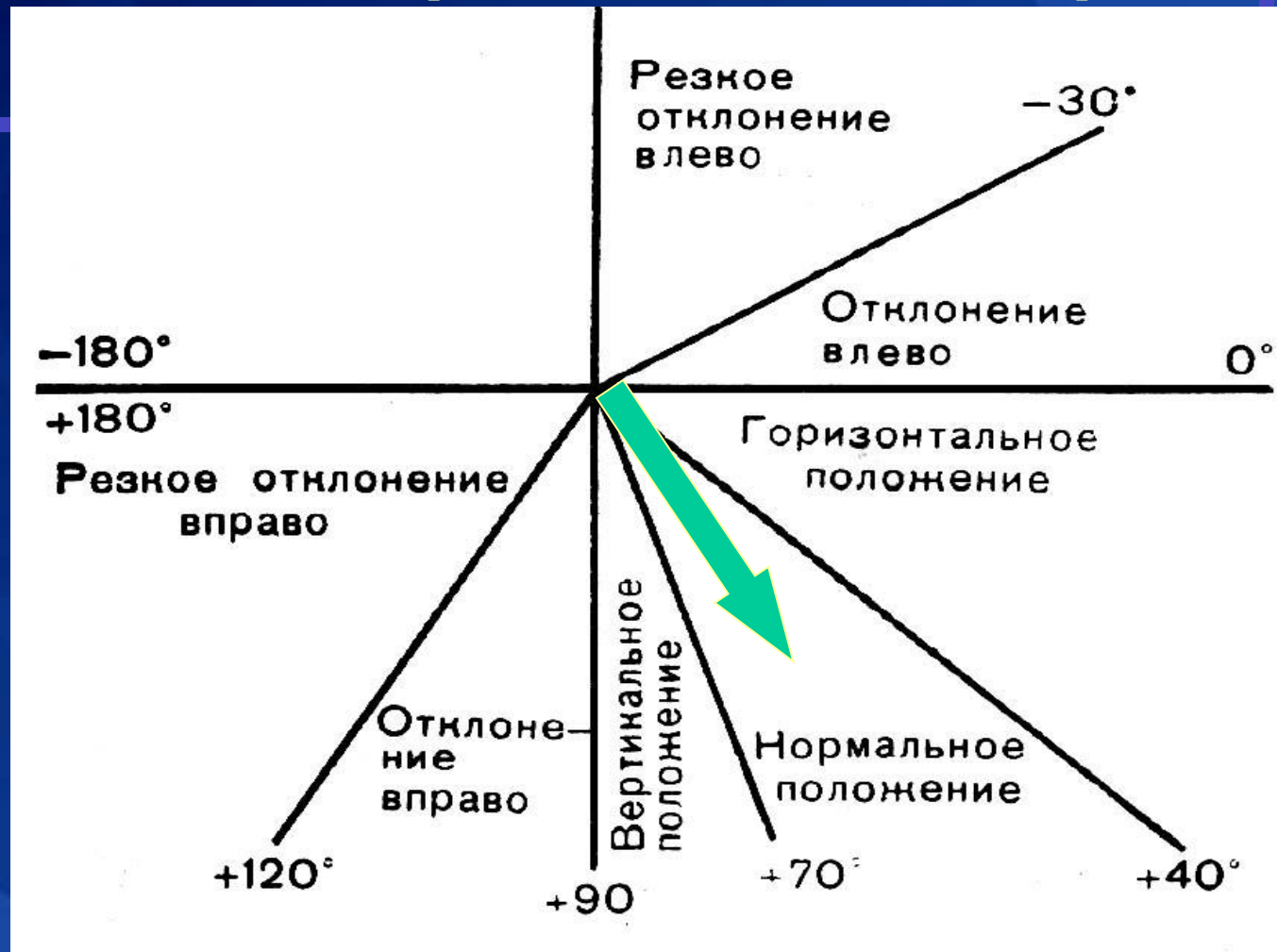




# Направление суммарного вектора возбуждения в горизонтальной плоскости и проекция его на оси грудных отведений



# Положение электрической оси сердца

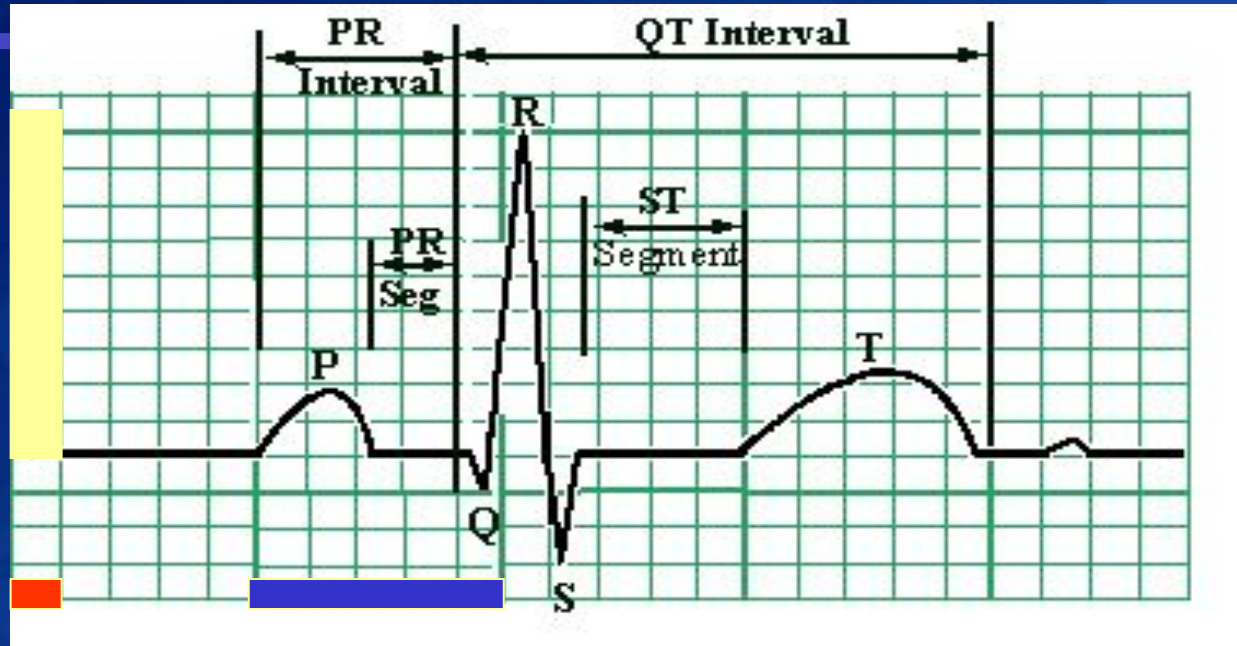


Горизонтальное угол  $\alpha$  - 0  $+40$

Нормальное угол  $\alpha$  -  $+40$   $+70$

Вертикальное угол  $\alpha$  -  $+70$   $+90$

# ЭКГ на стандартной ленте

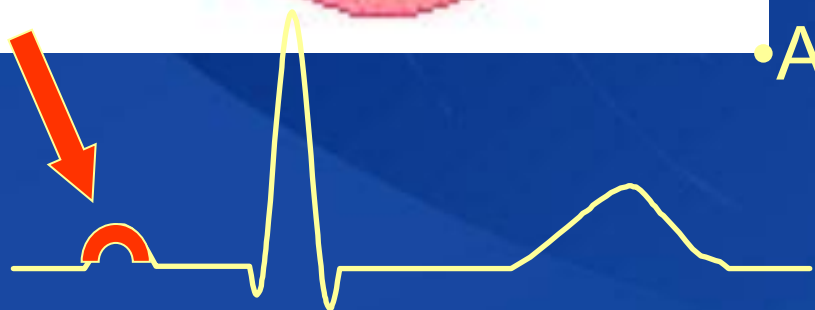
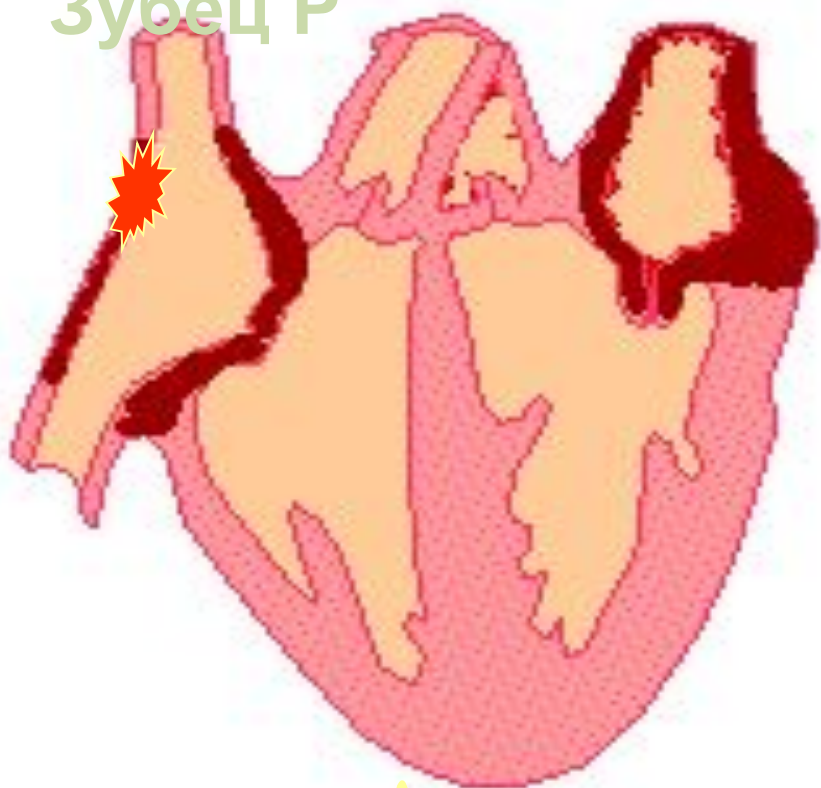


скорость 25 мм/сек

- 1 мм – 0,04 сек
- 5 мм – 0,20 сек
- Напряжение 1 мВ соответствует отклонению на 10 мм



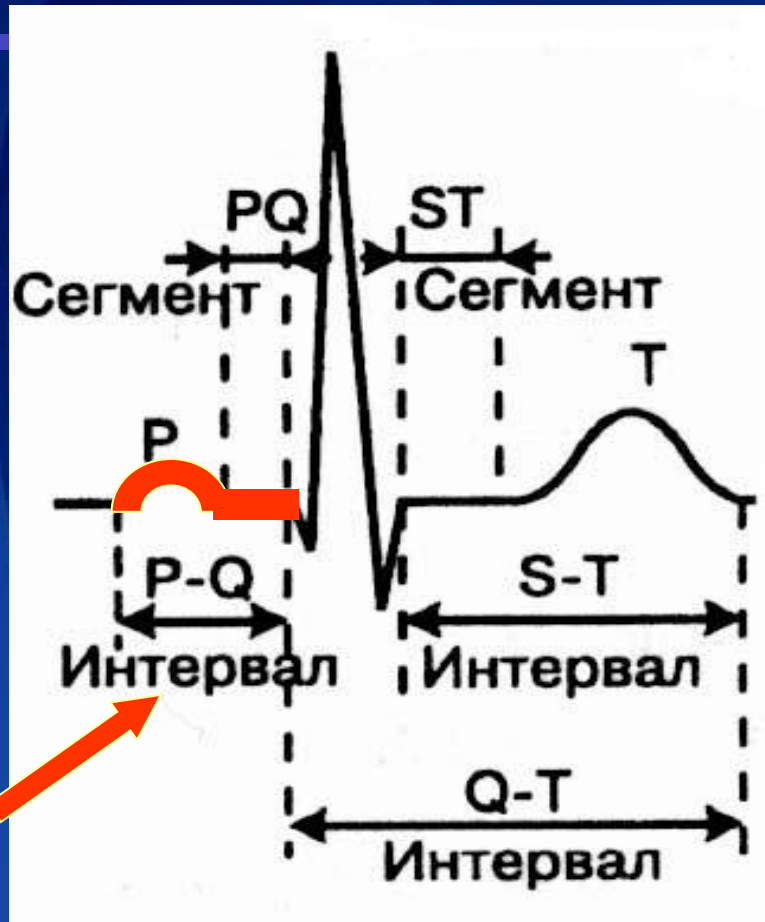
## Зубец Р



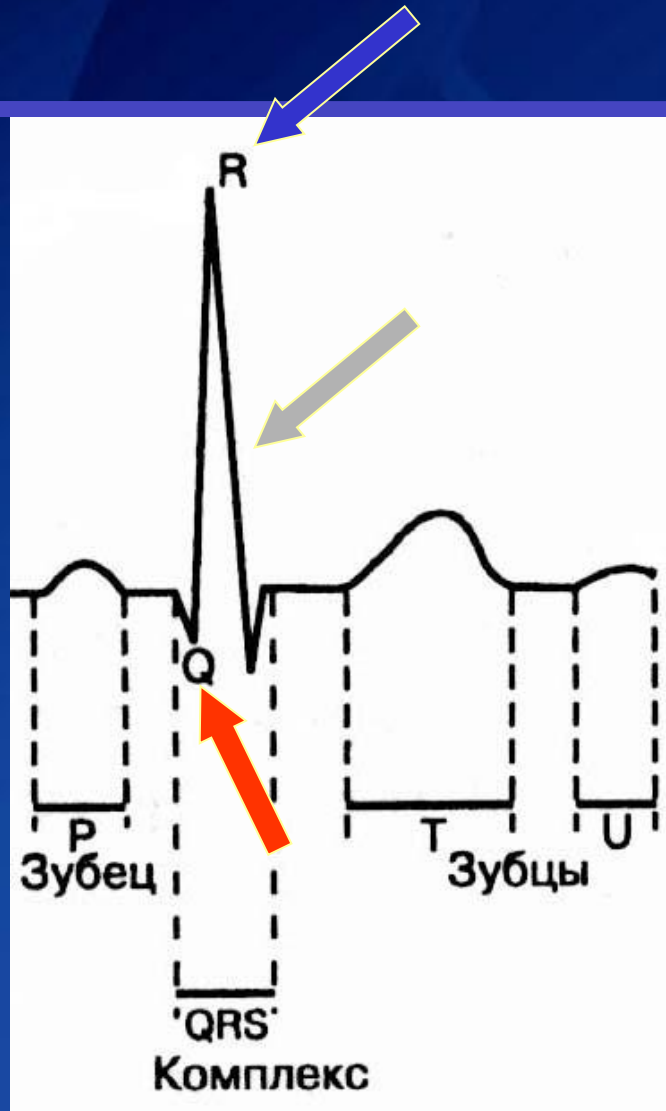
- Электрический импульс от SA узла распространяется по правому и левому предсердиям. Зубец Р положителен (кроме отведения AVR) и его контур гладкий. Продолжительность зубца Р - меньше 0,12 секунды, и амплитуда меньше 0,25 mV.
- Амплитуда зубца Р (до 2,5 мм) не должна превышать Т в этом же отведении.

# PQ интервал

**PQ интервал** – определяют от начала зубца P (начало деполяризации предсердий) до начала QRS комплекса (начало деполяризации желудочков). Продолжительность интервала PQ 0,12-0,20 секунд (при ЧСС 60-80).



# Комплекс QRS



Активация эндокардиальной части миокарда желудочков соответствует отрицательному **зубцу Q**. **Зубец R** соответствует деполяризации половины миокарда желудочков. Активация заднебазальной части миокарда желудочков дает **RS линию**. QRS комплекс измеряют от начального отклонения QRS от изоэлектрической линии и до конца QRS комплекса. Продолжительность в норме от 0,04 до 0,10 секунд.

# Амплитуда зубцов комплекса QRS

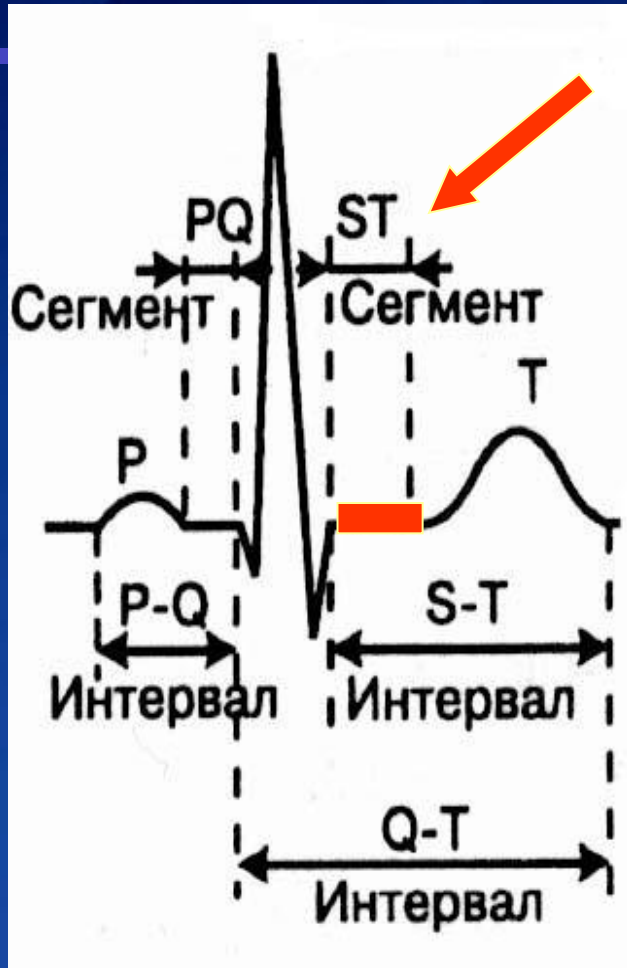
## QRS

Снижение амплитуды комплекса QRS ниже 5 мм в отведениях от конечностей или 8 мм в грудных трактууют как снижение вольтажа зубцов.

Увеличение свыше 22 и 25 мм соответственно как повышение вольтажа.

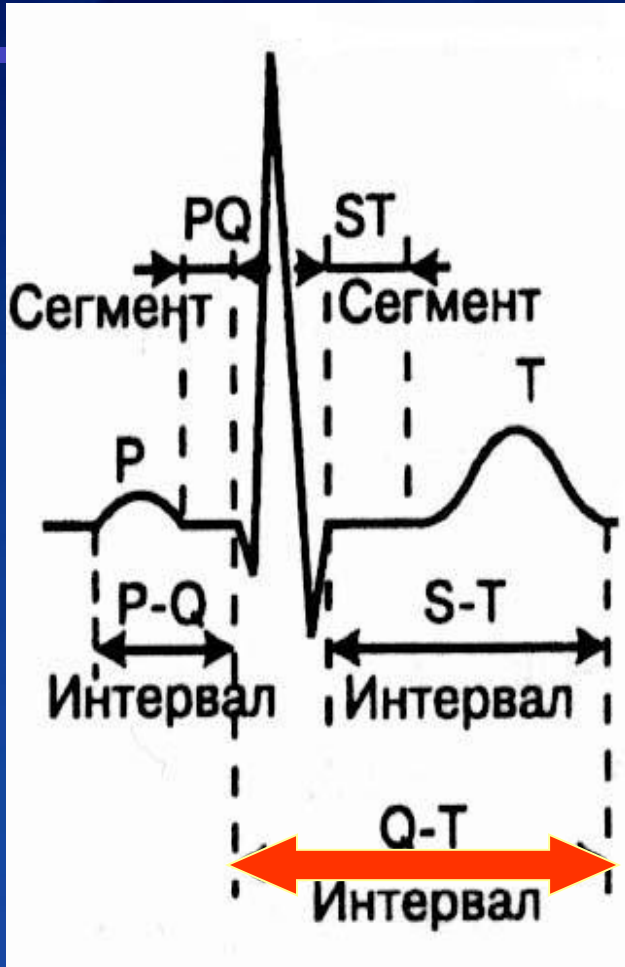
Снижение вольтажа может быть характерно для ожирения, кардиосклероза, перикардита, эмфиземы легких и др.

# Сегмент ST



**Сегмент ST** - период от конца деполяризации желудочков до начала их реполяризации. Сегмент ST находится между концом комплекса QRS и зубцом T. Хотя сегмент ST изоэлектричен желудочки в этот момент заканчивают сокращение и полностью охвачены возбуждением.

# Интервал QT



QT интервал - время между началом деполяризации желудочков и их реполяризацией. QT интервал изменяется в зависимости от ЧСС, возраста и пола. Он увеличивается при брадикардии и уменьшается при тахикардии. У мужчин интервал QT короче (0,39 секунды), чем у женщин (0,41 секунды). Интервал QT изменяется при нарушении электролитного баланса, ишемии и действии лекарственных препаратов.

# Продолжительность интервала QT

## Формула Базетта

$$QT \text{ (вычисленный)} = \frac{QT \text{ (измеренный на ЭКГ)}}{\sqrt{R-R \text{ интервал (в секундах)}}}$$

- Норма менее 0,42

# Определение частоты сердечных сокращений



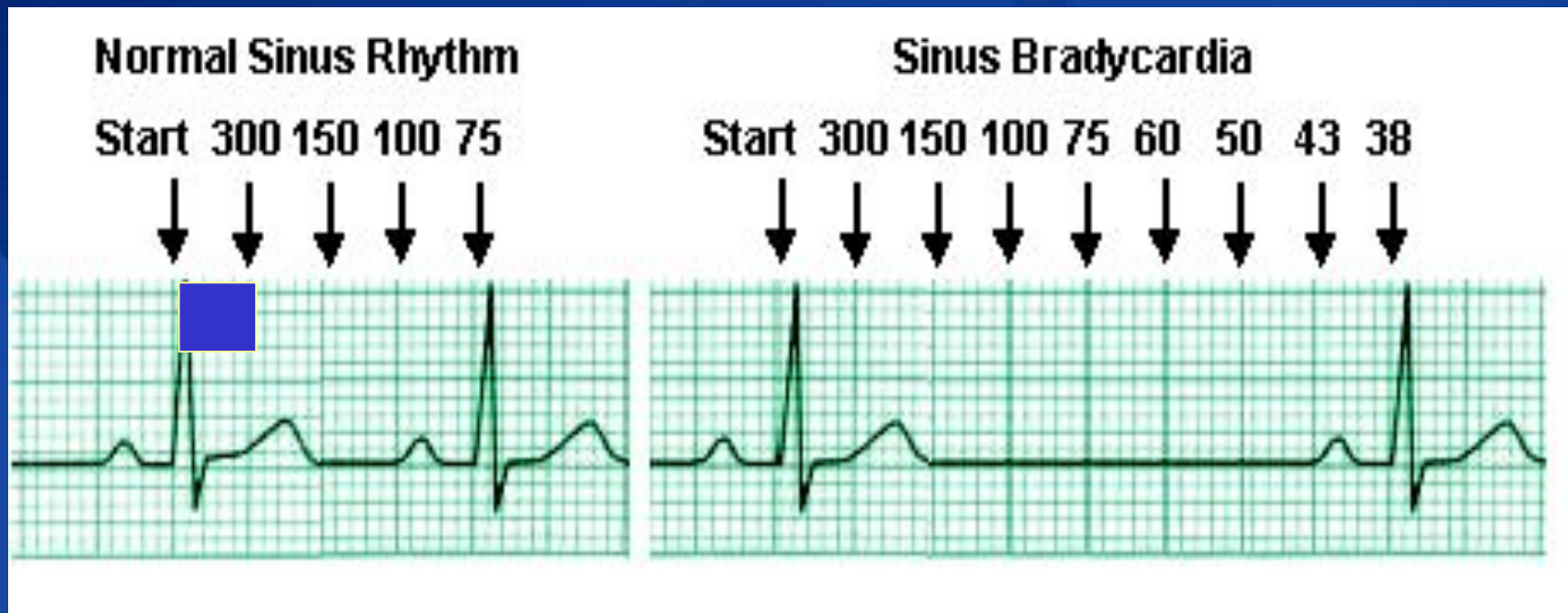
- ЧСС = 1500 / кол-во **1 мм** клеток

Если сокращения нерегулярны, считают число QRS комплексов в пределах 30 «больших» квадратов (**5 мм** каждый) и умножают это число на 10.



# Определение частоты сердечных сокращений

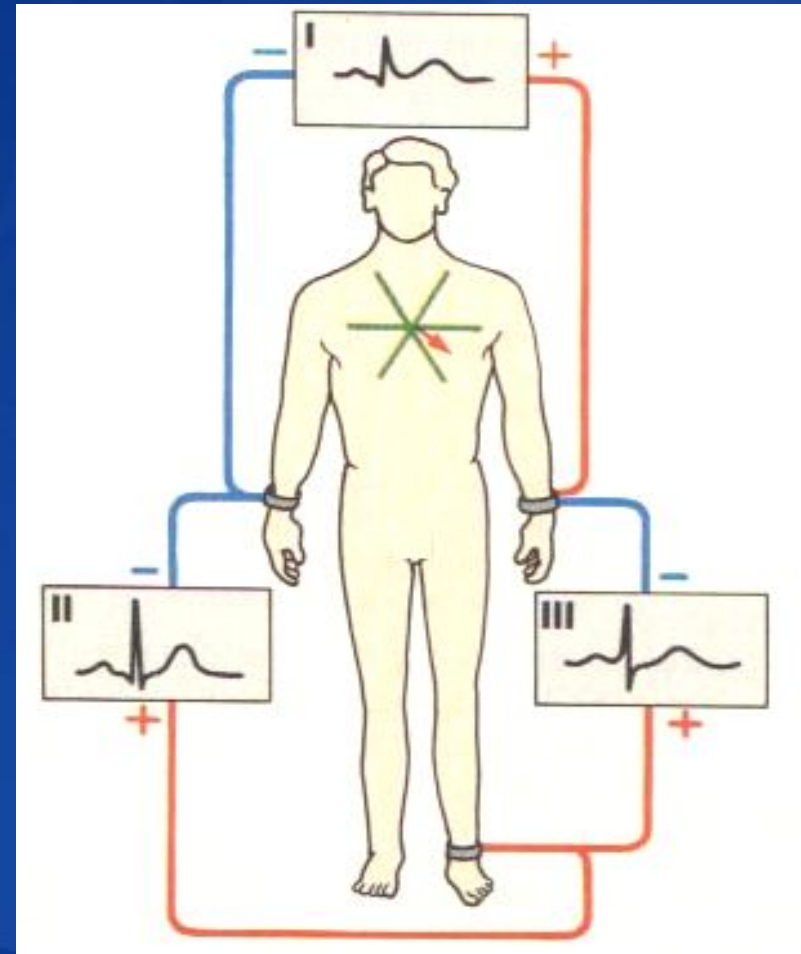
- 1 «большой» квадрат – ЧСС 300 в 1 мин. (300/1)
- 2 «больших» квадрата – ЧСС 150 в 1 мин. (300/2)
- 3 «больших» квадрата – ЧСС 100 в 1 мин. (300/3)
- 4 «больших» квадрата – ЧСС 75 в 1 мин. (300/4)

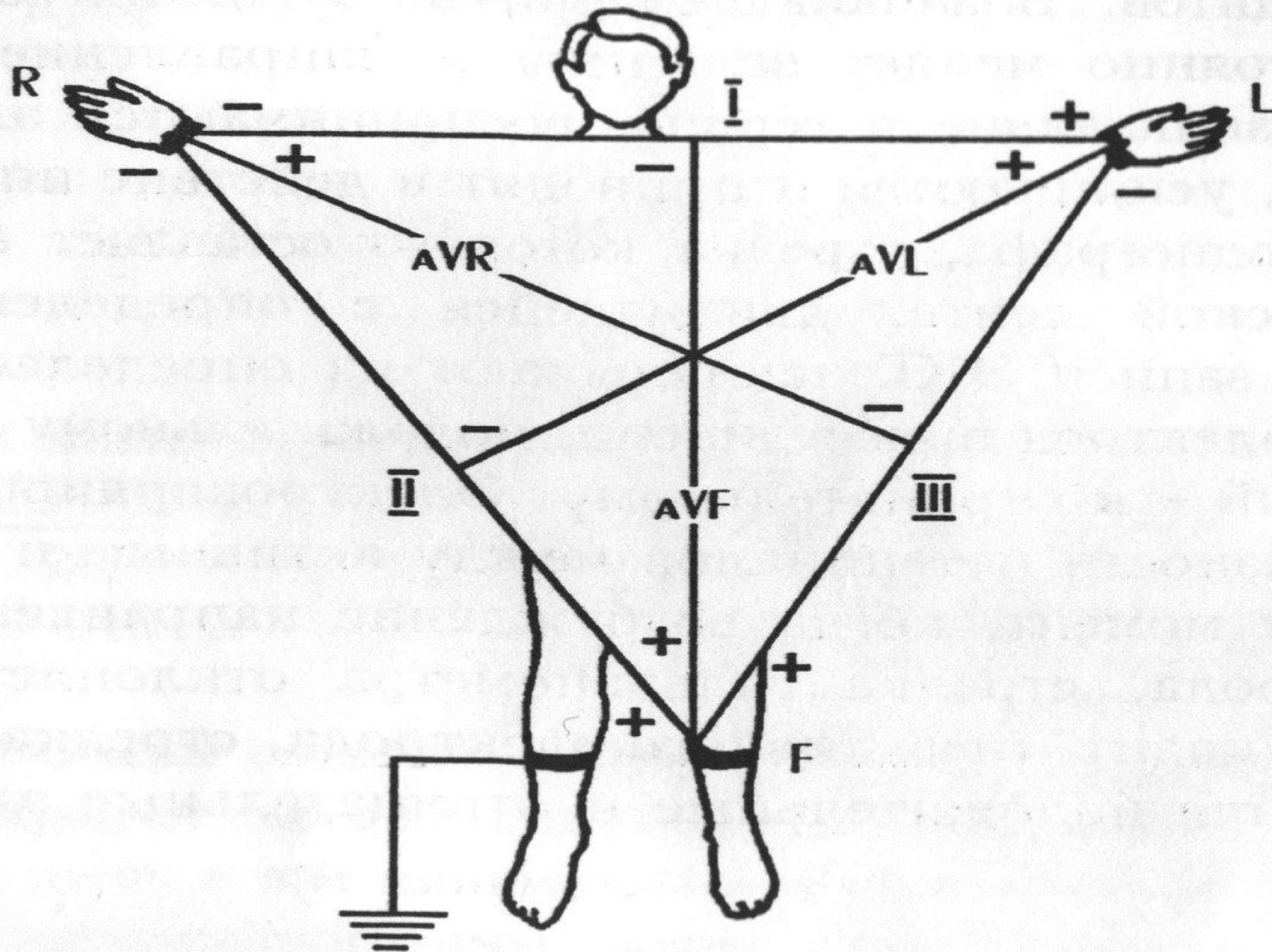




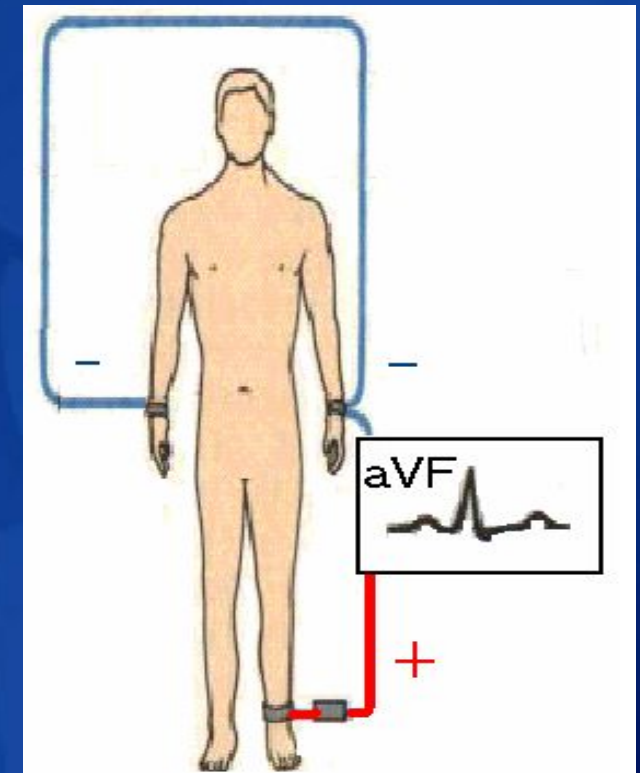
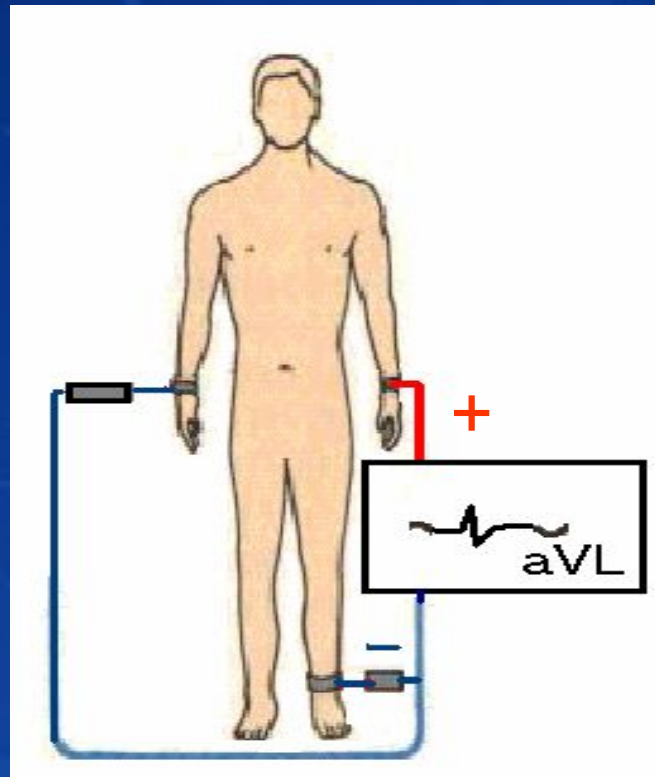
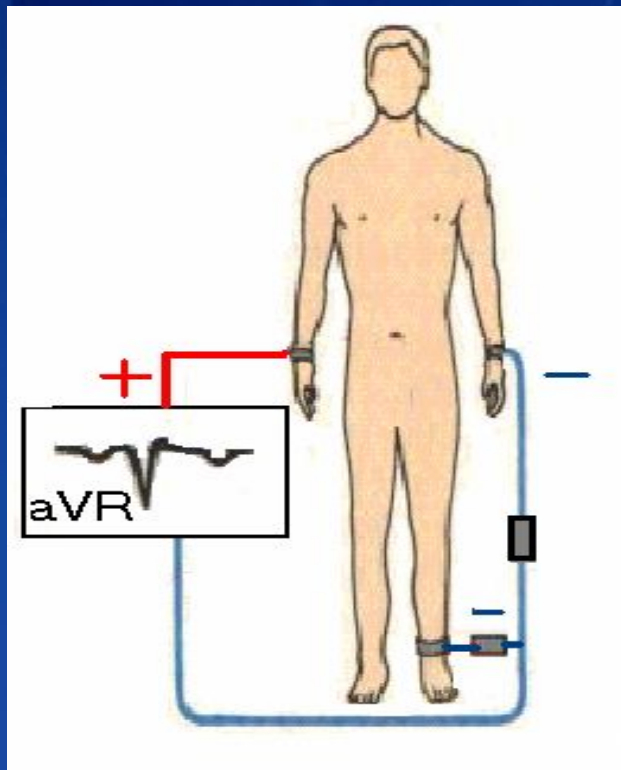
# СТАНДАРТНЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (Эйнтховена)

- I отведение – (+) левая рука – (-) правая рука;
- II отведение – (+) левая нога – (-) правая рука;
- III отведение – (+) левая нога – (-) левая рука.





# УСИЛЕННЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (ГОЛЬБЕРГЕР)

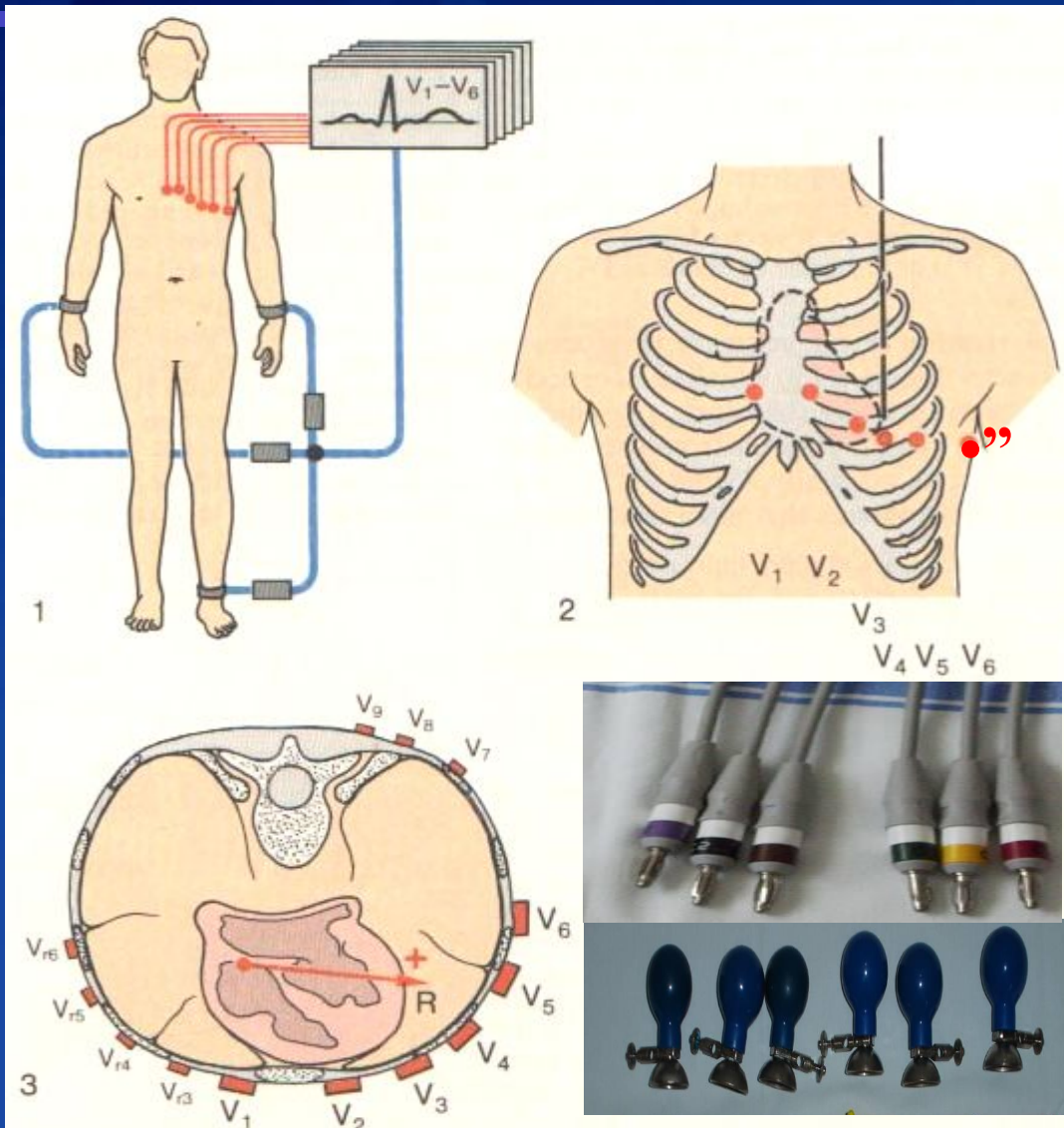


# Установка электродов на конечности

- Стандартные и усиленные отведения фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля во фронтальной плоскости. Для записи этих отведений электроды накладывают на правую руку (красная маркировка), на левую руку (желтая маркировка) и на левую ногу (зеленая маркировка). Эти электроды попарно подключаются к электрокардиографу. Четвертый электрод устанавливается на правую ногу для подключения заземления (черная маркировка).  
Усиленные однополюсные отведения, как и стандартные отведения дают возможность зарегистрировать изменения ЭДС сердца во фронтальной плоскости.

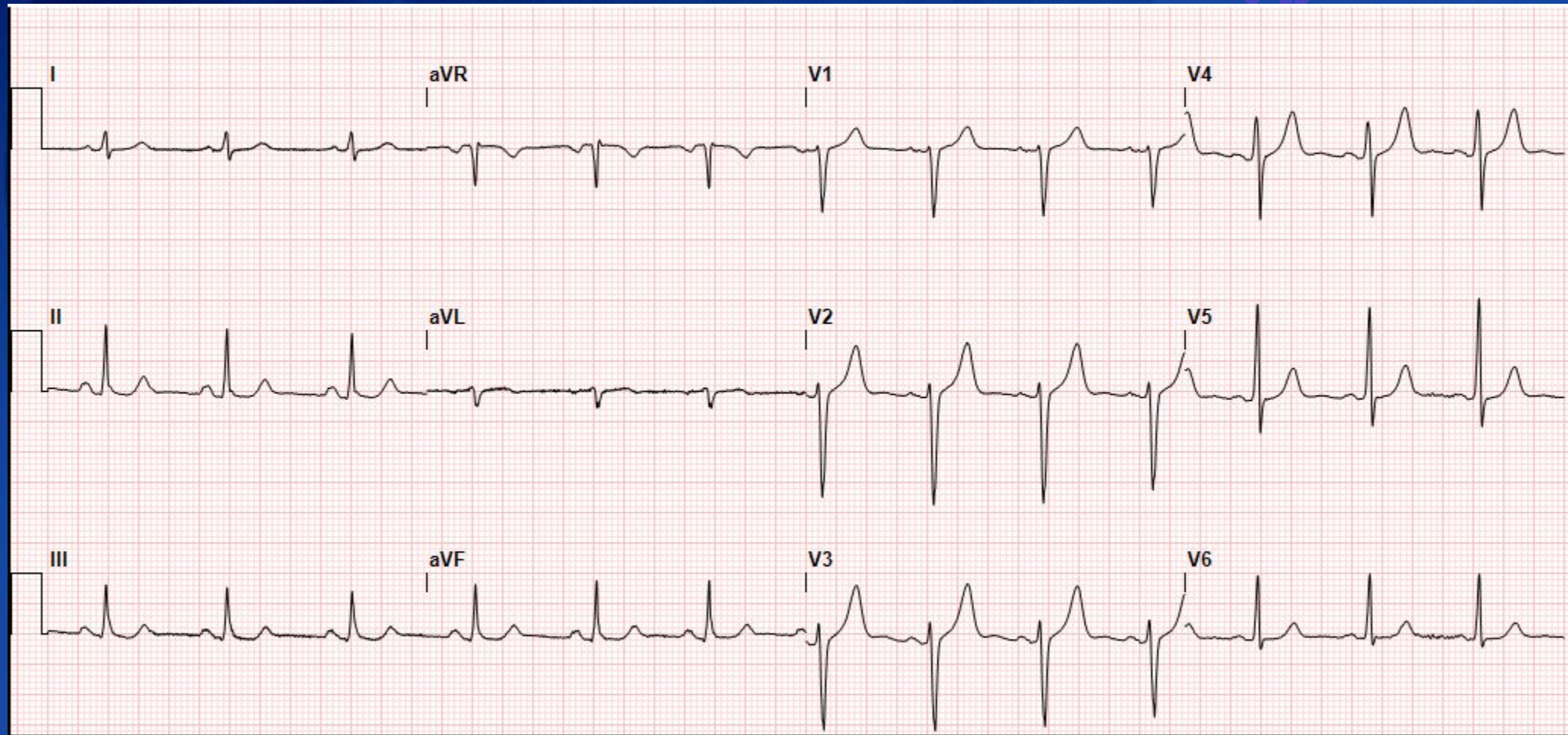


# ГРУДНЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (ПО ВИЛЬСОНУ)



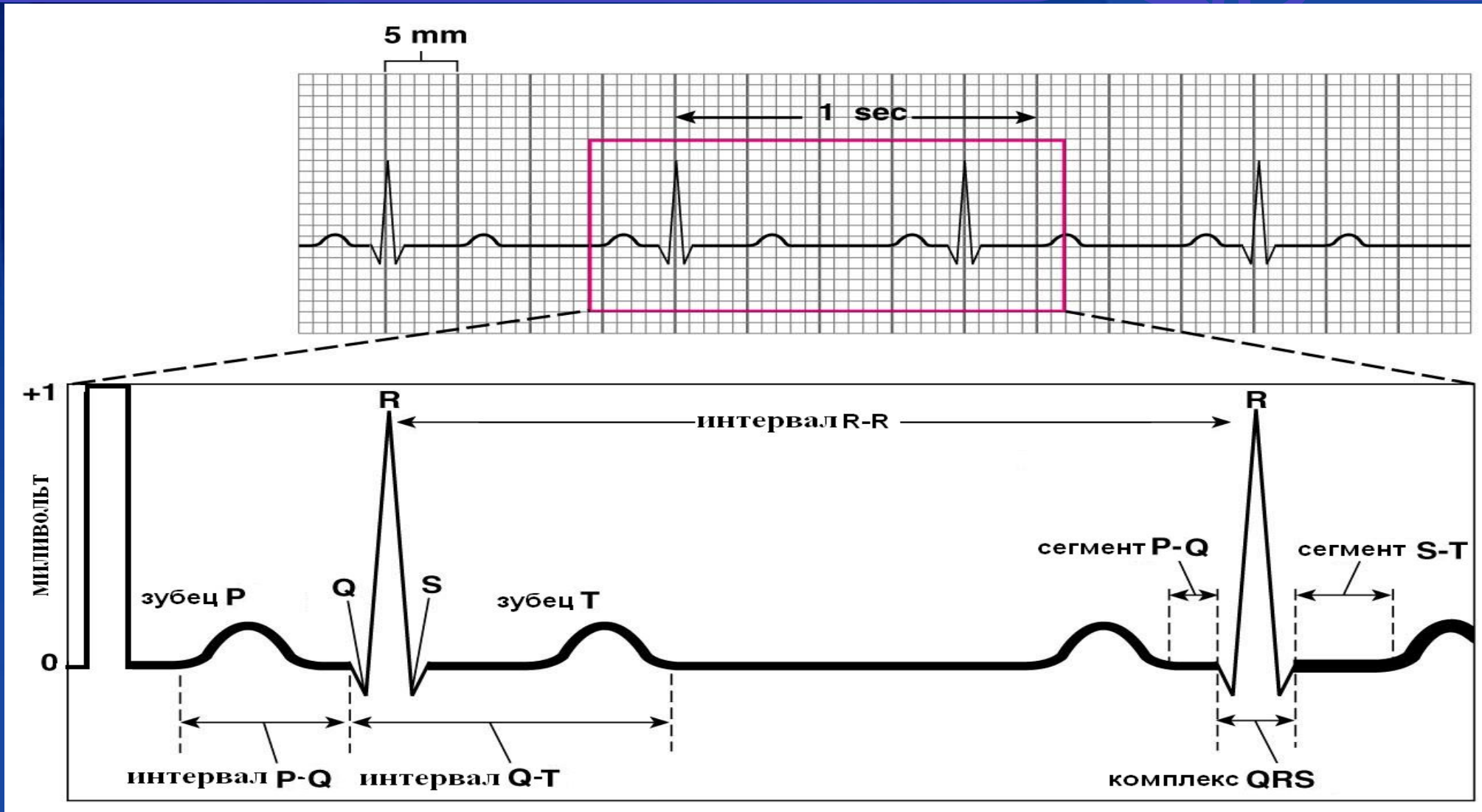
- **V1** - активный электрод в четвертом межреберье по правому краю грудины;
- **V2** - активный электрод в четвертом межреберье по левому краю грудины;
- **V3** - активный электрод на уровне четвертого ребра левой парастернальной линии ;
- **V4** - активный электрод в пятом межреберье левой срединно - ключичной линии ;
- **V5** - активный электрод в пятом межреберье слева по передней подмышечной линии ;
- **V6** - активный электрод в пятом межреберье по левой средней подмышечной линии.

# ЭКГ В СТАНДАРТНЫХ, УСИЛЕННЫХ И ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ

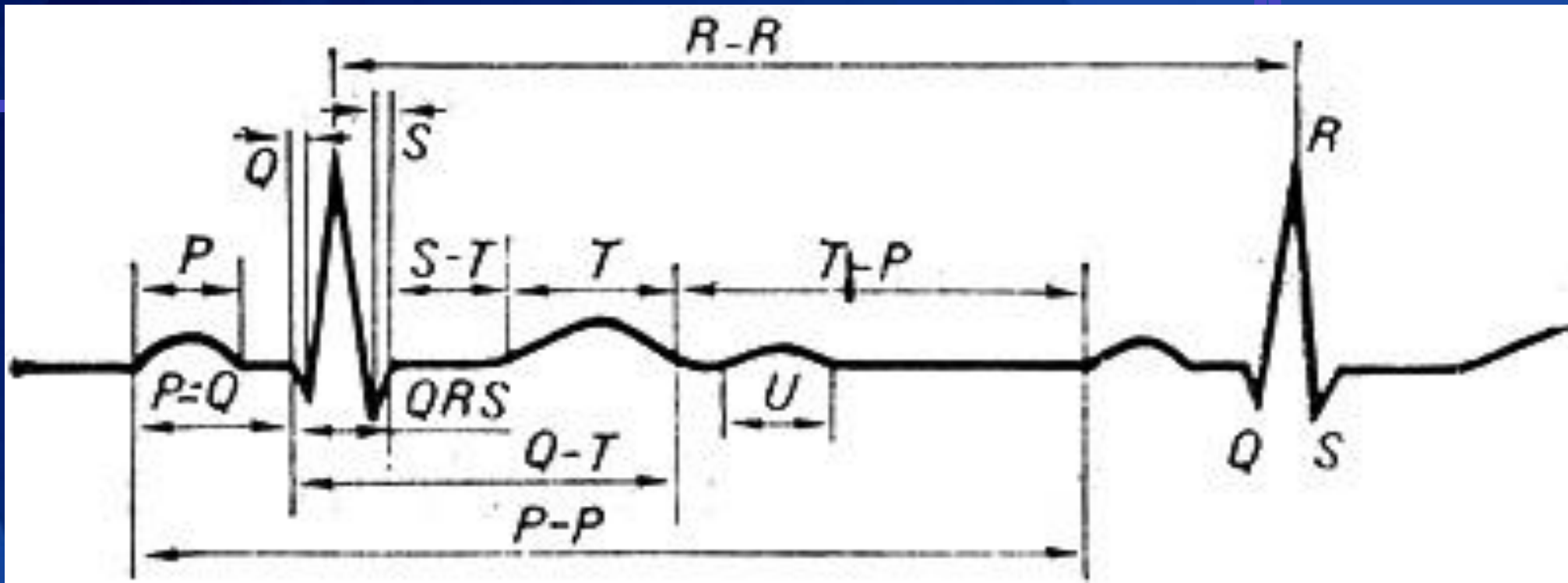




# Схема ЭКГ



# Форма нормальной электрокардиограммы

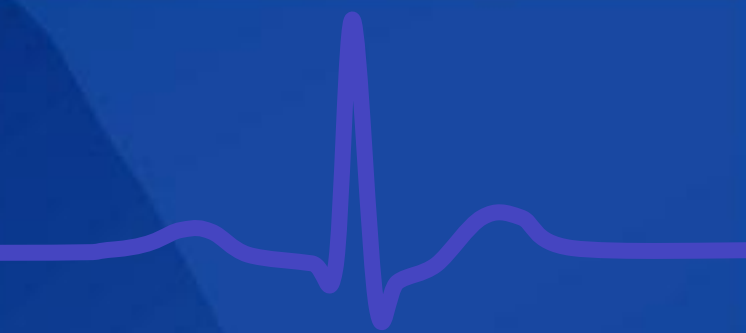


показана нормальная электрокардиограмма, записанная в течение одного цикла возбуждения сердца. Видны несколько отклонений от нулевой линии, которые называются *зубцами ЭКГ* и обозначаются латинскими буквами P, Q, R, S, T. Зубцы могут быть положительными (направленными вверх) или отрицательными. Положительное отклонение комплекса QRS называют R-зубцом. Отрицательные отклонения, предшествующее R-зубцу и следующее за ним, названы соответственно Q и S -зубцами. Отклонения P и T в норме положительны, но могут быть отрицательными при патологических состояниях. Расстояние между двумя отклонениями называется сегментом. Например, сегмент PQ-является расстоянием между концом P-зубца и началом Q-зубца.

# Нормальная электрокардиограмма

- Причинами зубцов и сегментов ЭКГ является деполяризация и реполяризация сердечных клеток. Зубец Р отражает деполяризацию предсердий сердца. Их реполяризация совпадает с комплексом QRS и не видна на ЭКГ.

Комплекс QRS - Т-зубец представляет постепенное распространение деполяризации по желудочкам сердца и их реполяризацию. Сегмент S - Т соответствует возбуждению левых и правых желудочков.



# НОРМАЛЬНАЯ ЭКГ В СТАНДАРТНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ

- Зубец P – этот предсердный комплекс состоит из полого восходящего колена и симметрично расположенного нисходящего колена, которые соединяются между собой закругленной верхушкой. Продолжительность (ширина) зубца не превышает 0,08–0,1 секунды (1 мм – 0,02), высота P составляет 0,5–2,5 мм. Наибольшая амплитуда P во втором стандартном отведении. В норме  $P_{II} > P_I > P_{III}$ .  $P_I > 0,1$  свидетельствует о гипертрофии левого предсердия, при  $P_{III} > 2,5$  мм можно говорить о гипертрофии правого предсердия. Продолжительность зубца P измеряется от начала восходящего до конца нисходящего колена, амплитуда P – от основания зубца до его вершины.

- Интервал PQ ( R ) – от начала P до начала q или R . Он соответствует времени прохождения импульса по предсердиям, через атрио-вентрикулярный узел, по пучку Гиса, ножкам пучка Гиса, волокнам Пуркинье. Продолжительность интервала PQ в норме колеблется  $0,12 \div 0,20$  и зависит от частоты пульса. Удлинение интервала PQ наблюдается при нарушении атриовентрикулярной проводимости, укорочение PQ связано с симпатикоадреналовой реакцией, синдромом преждевременного возбуждения желудочков, предсердным или узловым водителем ритма и др.

- Сегмент PQ – располагается от конца P до начала Q ( R ). Отношение P к сегменту PQ называется индексом Макруза, его норма 1,1– 1,6. Увеличение индекса Макруза свидетельствует о гипертрофии левого предсердия.
- Комплекс QRS – отражает процесс деполяризации желудочков измеряется во втором стандартном отведении от начала Q до конца S , продолжительность в норме составляет 0,05– 0,1. Удлинение QRS связано с гипертрофией миокарда или нарушением внутрижелудочковой проводимости.
- Зубец Q – связан с возбуждением межжелудочковой перегородки (необязательный, с отрицательной амплитудой). Продолжительность Q в первом и втором стандартных отведениях до 0,03, в третьем стандартном отведении – до 0,04. Амплитуда Q в норме не более 2 мм или не более 25 % R . Уширение Q и увеличение его указывает на наличие очаговых изменений в миокарде.

- Зубец R – обусловлен деполяризацией желудочков, имеет восходящее колено, вершину, нисходящее колено. Время от Q ( R ) до перпендикуляра из вершины R указывает на нарастание скорости деполяризации желудочков и называется временем внутреннего отклонения, для левого желудочка не более 0,04, правого – 0,035. Зазубренность R высокой амплитуды указывает на мышечные изменения, раздвоение и расщепление R свидетельствует о нарушении внутрижелудочковой проводимости. В норме по втором стандартном отведении амплитуда  $R_{II}$  больше  $R_I$  и  $R_{III}$ ,  $R_{II}$  до 20 мм,  $R_I$  до 10-15 мм,  $R_I$  отражает потенциалы левого желудочка,  $R_I > 15$  мм свидетельствует о гипертрофии левого желудочка. Если из стандартных отведений амплитуда  $R_I$  наибольшая, имеется отклонение электрической оси сердца влево, при наибольшей амплитуде  $R_{III}$  - вправо

- Зубец S - необязательный отрицательный зубец.  $S_I$  отражает потенциалы правого желудочка в норме, продолжительность  $S_I < 0,04$ , амплитуда 0-4 мм.  $S_I > 0,04$  указывает на блокаду правой ножки п. Гиса.  $S_{III}$  отражает потенциалы левого желудочка, его величина 0-5 мм.
- Сегмент ST - соответствует периоду, когда оба желудочка полностью охвачены возбуждением, измеряется от конца S до начала T. Начало Сегмента ST называется ST соединение I . Продолжительность ST зависит от частоты пульса. В норме сегмент ST расположен на изолинии, депрессия ST допускается до 0,5 мм, его подъем в стандартных отведениях не должен превышать 1 мм. Депрессия ST указывает на наличие ишемии миокарда или на зону субэндокардиального повреждения. Подъем сегмента ST свидетельствует о субэпикардиальном повреждении.



## Анализ ЭКГ врачи осуществляют в последовательном порядке, определяя норму и нарушения:

- Оценивают сердечный ритм и измеряют частоту сердечных сокращений (при нормальной ЭКГ – ритм синусовый, ЧСС – от 60 до 90 ударов в минуту);
- Рассчитывают интервалы (QT, норма – 390-450 мс), характеризующие продолжительность фазы сокращения (систола) по специальной формуле (чаще используют формулу Базетта). Если этот интервал удлиняется, то врач вправе заподозрить ИБС, атеросклероз, миокардит, ревматизм. А гиперкальциемия, наоборот, приводит к укорочению интервала QT. Отраженную посредством интервалов проводимость импульсов, рассчитывают с помощью компьютерной программы, что значительно повышает достоверность результатов;
- Положение ЭОС начинают рассчитывать от изолинии по высоте зубцов (в норме R всегда выше S) и если S превышает R, а ось отклоняется вправо, то думают о нарушениях деятельности правого желудочка, если наоборот – влево, и при этом высота S больше R в II и III отведениях – подозревают гипертрофию левого желудочка;

## Анализ ЭКГ врачи осуществляют в последовательном порядке, определяя норму и нарушения:

- Изучают комплекс QRS, который формируется при проведении электрических импульсов к мышце желудочков и определяет деятельность последних (норма – отсутствие патологического зубца Q, ширина комплекса не более 120 мс). В случае, если данный интервал смещается, то говорят о блокадах (полных и частичных) ножек пучка Гиса или нарушении проводимости. Причем неполная блокада правой ножки пучка Гиса является электрокардиографическим критерием гипертрофии правого желудочка, а неполная блокада левой ножки пучка Гиса – может указывать на гипертрофию левого;
- Описывают сегменты ST, которые отражают период восстановления исходного состояния сердечной мышцы после ее полной деполяризации (в норме находится на изолинии) и зубец T, характеризующий процесс реполяризации обоих желудочков, который направлен вверх, ассиметричен, его амплитуда ниже зубца по продолжительности он длиннее комплекса QRS.

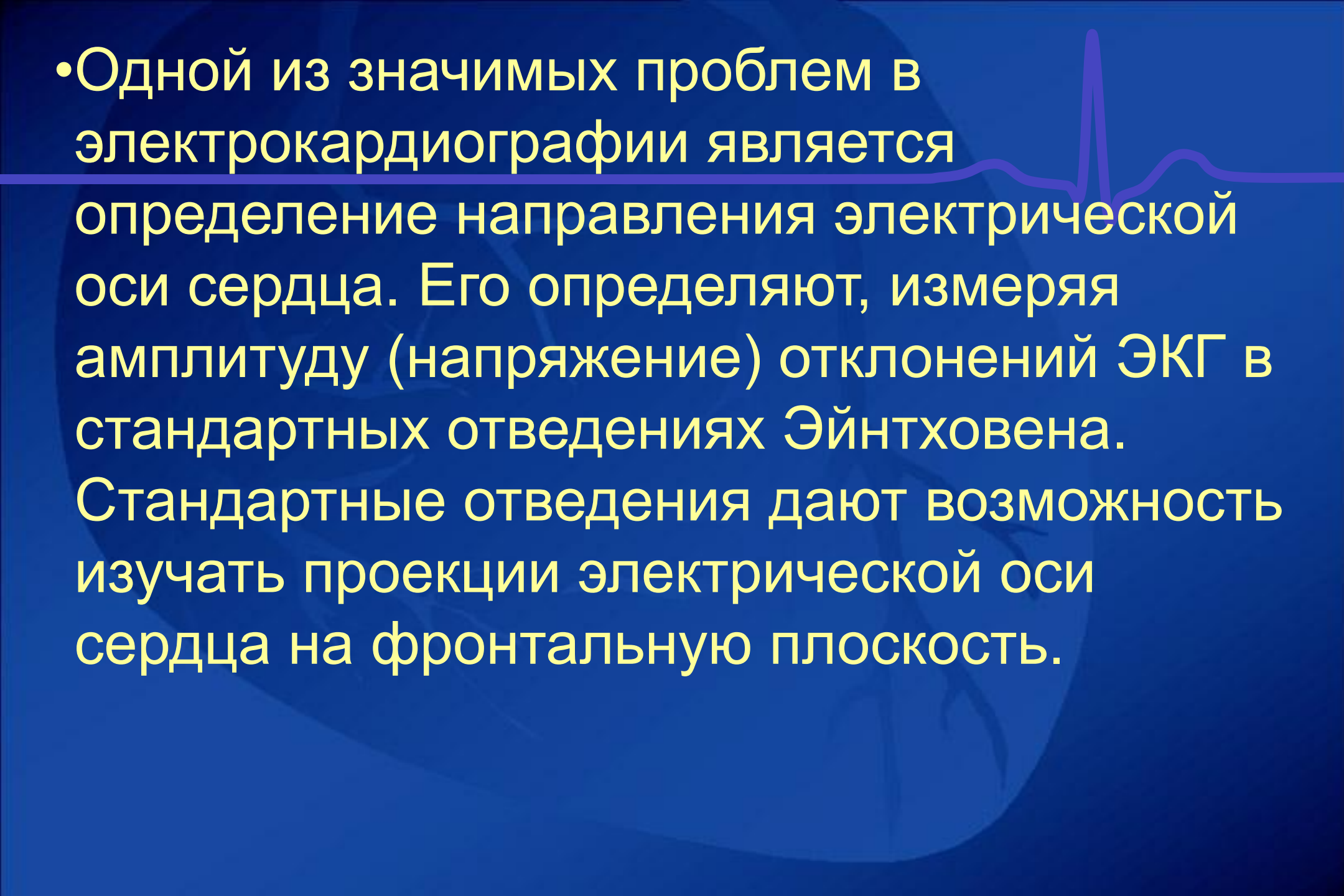
# Как читать кардиограмму?

- При анализе кардиограммы обычно используют следующий алгоритм действий:
- оценивают регулярность сердечных сокращений;
- подсчитывают число сердечных сокращений;
- оценивают характеристики зубца P, (выявляют источника ритма, наличие, форму, последовательность возникновения по отношению к QRS-комплексу);
- анализируют форму и ширину QRS-комплексов, отношение зубцов комплекса по отношению друг к другу: параметры сегмента RST и зубца T, интервала Q – T;
- определяют положение электрической оси сердца.
- Прочитать кардиограмму сердца и определить на ней грубые нарушения, угрожающие жизни человека, без проблем может любой практикующий врач. Развернутое заключение должен делать кардиолог или врач функциональной диагностики, так как часто встречается сложная патология проводимости и другие состояния, требующие специфических знаний и немалого практического опыта.

# Подсчет частоты сердечных сокращений

A stylized ECG waveform is shown in the top right corner of the slide, rendered in a light blue color against the dark blue background.

- ЧСС =  $60/R-R$ , где 60— число секунд в минуте,  $R-R$  —длительность интервала в секундах. При записи ЭКГ со скоростью 50 мм/с 1 мм на ленте соответствует отрезку времени 0,02 с, 5 мм = 0,1 с, 10 мм = 0,2 с и т. д.
- При аритмиях определяют минимальную и максимальную частоту сердечных сокращений или (что чаще) среднее арифметическое значение 3—5 интервалов  $R-R$  и определяют частоту сердечных сокращений по нему

- Одной из значимых проблем в электрокардиографии является определение направления электрической оси сердца. Его определяют, измеряя амплитуду (напряжение) отклонений ЭКГ в стандартных отведениях Эйнтховена. Стандартные отведения дают возможность изучать проекции электрической оси сердца на фронтальную плоскость.
- 

Чтобы определить направление электрической оси сердца необходимо ввести некоторые упрощения:

- - пренебречь электрическим сопротивлением конечностей;
- рассматривать треугольник Эйнтховена как равносторонний;
- считать, что сердце расположено в центре равностороннего треугольника.



•Место выслушивания  
II тона (II межреберье  
справа и слева от  
грудины)

Аортальный  
клапан

Верхушка  
сердца

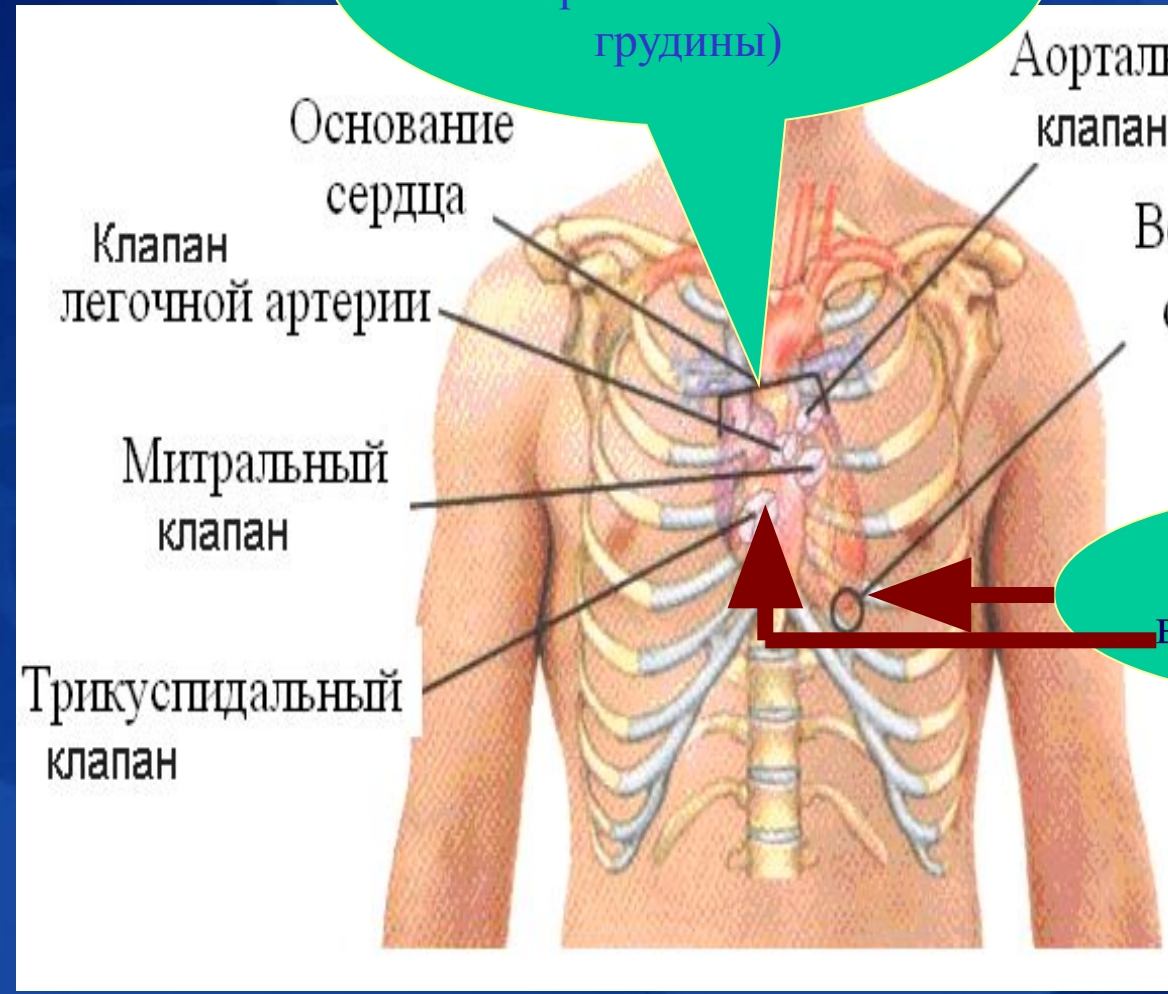
Основание  
сердца

Клапан  
легочной артерии

Митральный  
клапан

Трикуспидальный  
клапан

•Место  
выслушивания I  
тона





# Первый тон, компоненты, что его обуславливают.



- Первый тон выслушивается как короткий, достаточно интенсивный звук над сердцем, однако оптимально он выражен над верхушкой сердца во время систолы желудочков.
- Основным его компонентом является клапанный компонент. Он обусловлен колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов и сухожильных нитей.

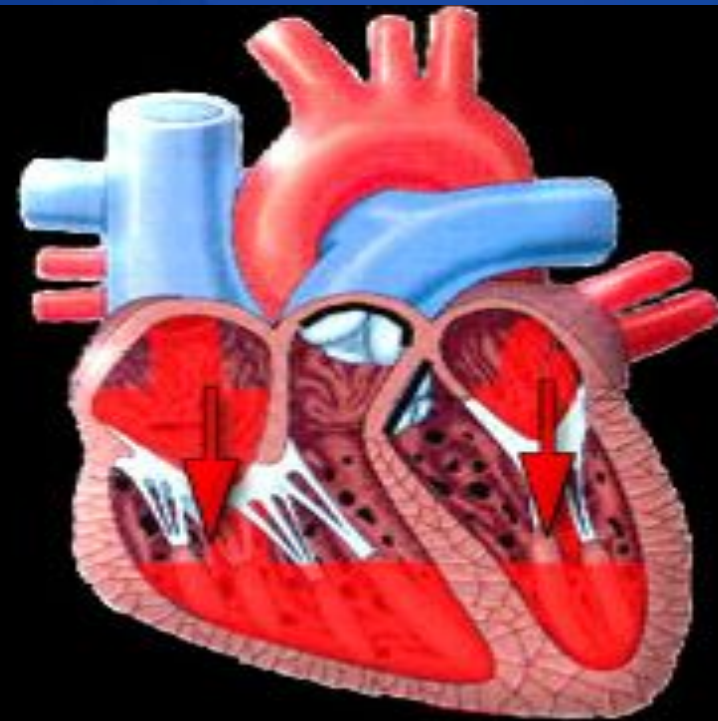
# Первый тон, компоненты, что его обуславливают.

- Второй компонент - мышечный - возникает в результате колебания, связанного с напряжением миокарда желудочков.
- Третий компонент - сосудистый - обусловлен колебанием начальных отделов аорты и легочной артерии, открытием полулунных клапанов.



# Первый тон, компоненты, что его обуславливают.

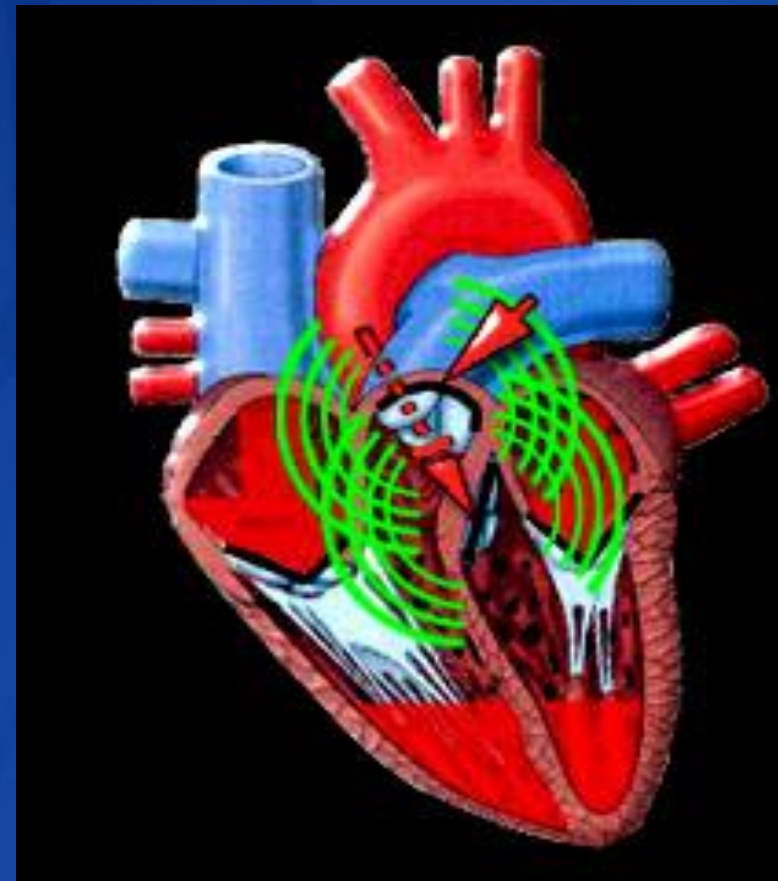
- Четвертый компонент - предсердный - возникает в результате колебания, связанного с сокращением предсердий. При аускультации первый тон начинается из этого компонента, поскольку колебания, вызванные систолой предсердий сливаются со звуковыми колебаниями, обусловленными систолой желудочков и аускультативно воспринимаются как один тон.



**Предсердный  
компонент I тона**

# Второй тон, компоненты, что его обуславливают.

- Второй тон оптимально выслушивается во втором межреберье слева (над легочной артерией) и справа (над аортой) от грудины во время диастолы. Образуется за счет колебаний, возникающих в начале диастолы при закрытии полулунных клапанов аорты и легочной артерии, током крови, которая ударяется о них. Это первый, клапанный компонент.
- Второй компонент - сосудистый - обусловлен колебанием стенок аорты и легочной артерии.



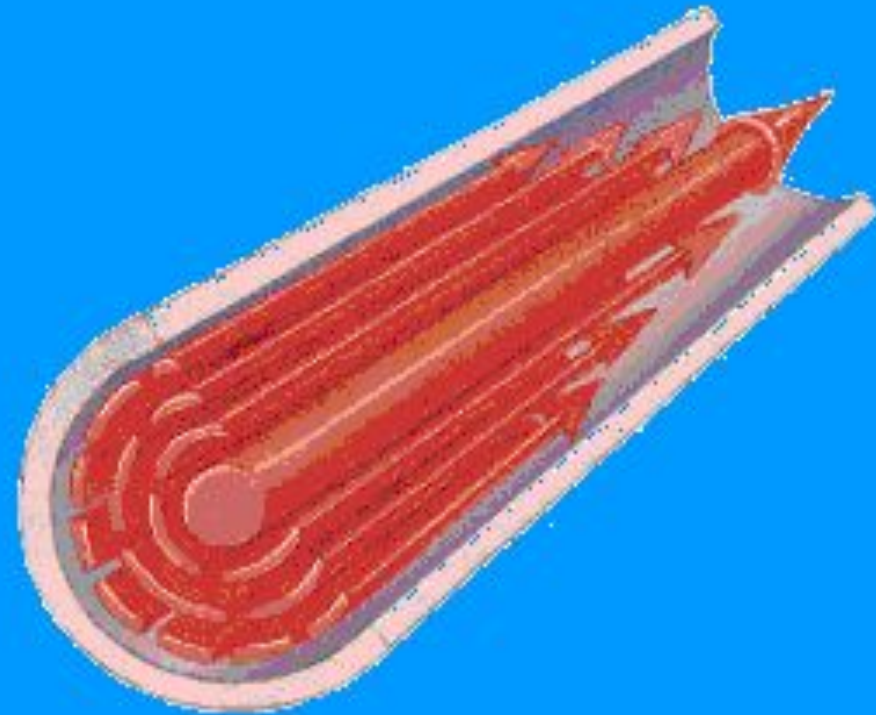
# Третий тон, компонент, что его обуславливает.

- Третий тон можно выслушать иногда у детей, или у лиц с тонкой грудной клеткой.
- Он обусловлен быстрым наполнением желудочков кровью во время фазы быстрого наполнения.

- **Гемодинамика - раздел физиологии кровообращения, которое изучает причины, условия и механизмы перемещения крови в сердечно-сосудистой системе.**
- **Движение крови в системе кровообращения определяется двумя силами:**
  - **1) давлением, под которым она находится в сосудах;**
  - **2) сопротивлением, которое возникает при ее движении в сосудах.**

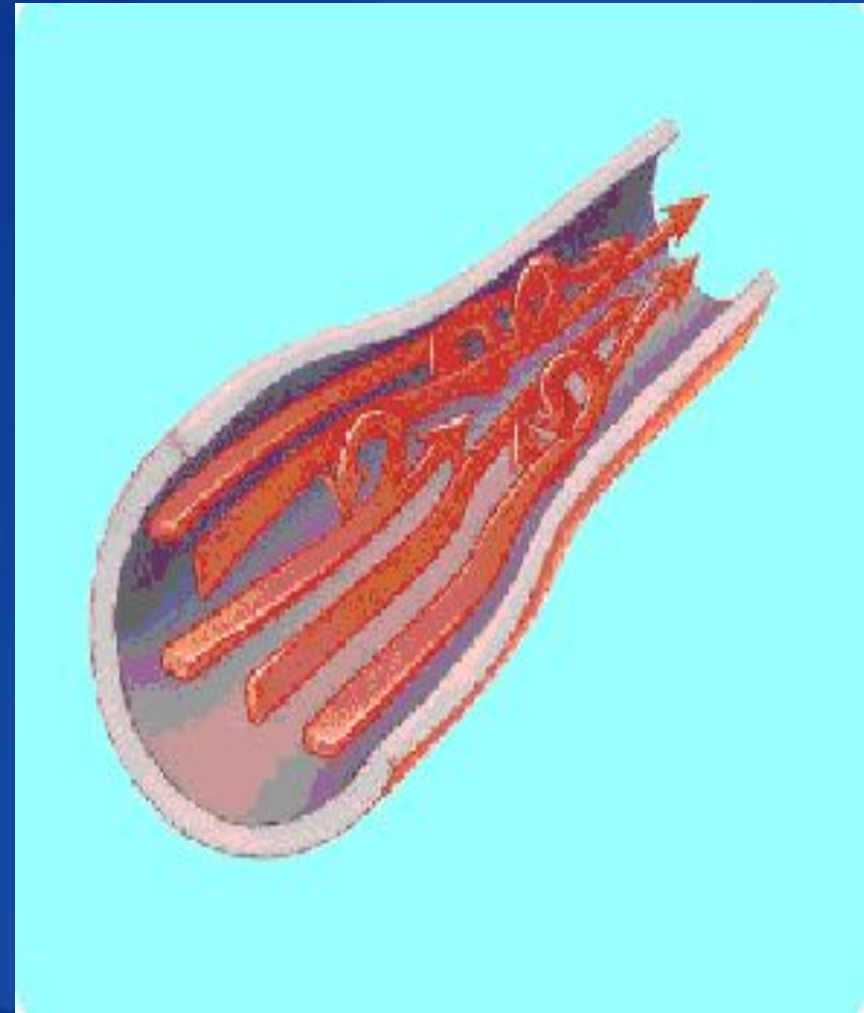
# Ламинарное движение крови

- Почти во всех отделах сосудистой системы кровь двигается цилиндрическими слоями. Такое движение крови имеет название ламинарного. Форменные элементы крови составляют центральный, осевой поток, в котором эритроциты находятся в центре, а плазма двигается возле сосудистой стенки. Чем более малый диаметр сосуда, тем ближе форменные элементы находятся к сосудистой стенке и тем более тормозится движение крови.



# Турбулентное движение крови

Кроме ламинарного движения крови существует еще и турбулентное движение с характерными завихрениями. Такое движение крови обычно возникает в местах разветвления или сужения артерий, в участках изгибов сосудов. Это создает дополнительное сопротивление для движения крови в сосудах.





# Формула Пуазейля и ее производные

- Если бы кровь двигалась по системе жестких труб, то соотношение между давлением и характером течения жидкости можно было бы определить формулой Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi r^4 * P}{8\eta * l},$$

- где Q - объем протекающей жидкости через трубку радиусом r под давлением P за единицу времени; l - длина трубки; η - вязкость жидкости.
- Как известно, вязкость жидкости определяется силой, которая возникает между отдельными ее слоями и выражается в относительных единицах, в сравнении с водой (вязкость воды принимается за 1). У человека вязкость крови равняется 4-5 относительных единиц. При замене выражения (пропускная способность трубки) на обратную величину - сопротивление (R) получаем одно из основных уравнений гемодинамики:

$$R = \frac{8\eta l}{\pi r^4}.$$

- где l – длина сосуда;
- η – вязкость крови;
- πr – диаметр сосуда.
- Основное сопротивление сосудистой системы сосредоточено в прекапиллярной части, в мелких артериях и артериолах.

# Гемодинамические парадоксы



- 1. В случае протекания крови через сосуды диаметром более малым 1 мм вязкость крови уменьшается. Здесь зависимость прямо пропорциональна - чем меньший диаметр, тем меньшая вязкость. Это так называемый феномен Фареуса-Линдквиста.
- В этом случае вязкость очевидно уменьшается за счет продольной ориентации эритроцитов относительно оси сосуда.
- Такая эритроцитарная цепочка передвигается в оболочке из плазмы, которая имеет низкую вязкость.
- 2. Установлено, что вязкость крови уменьшается с увеличением скорости ее протекания. Это связано с центральным размещением эритроцитов в потоке.
- 3. Объем крови, который выбрасывается сердцем заполняет сосудистую систему. Новая порция крови сможет поместиться только за счет розтягнення сосудов. И чем меньше она растягивается, тем большее сопротивление необходимо перебороть сердцу, чтобы кровь текла сосудистым руслом.

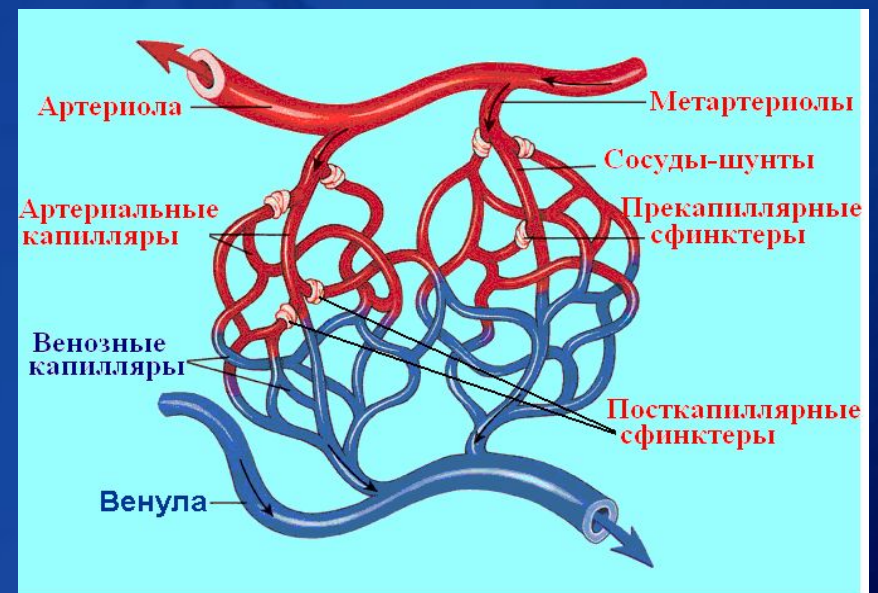
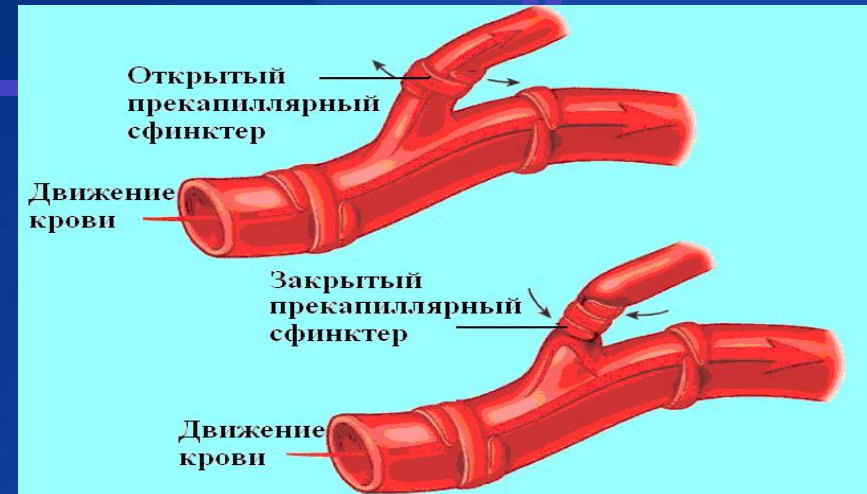
# Функциональные типы сосудов

- 1. Компенсирующие или амортизирующие сосуды - это аорта, крупные артерии. В их стенке преобладают эластичные волокна. Их функция прежде всего - это превращение толчкообразных выбросов крови из сердца в равномерный ток крови.
- 2. Резистивные сосуды или сосуды сопротивления - конечные артерии, артериолы, они находятся в состоянии постоянного тонуса и могут изменять величину просвета. Тонус сосудов состоит из двух компонентов - базального и вазомоторного. Базальный компонент сосудистого тонуса определяется структурными особенностями (наличием коллагеновых волокон) и миогенным фактором - той частью сокращения сосудистой стенки, которая возникает в ответ на розтягнення ее кровью. Вазомоторный компонент тонуса зависит от сосудосуживающей симпатической инервации.



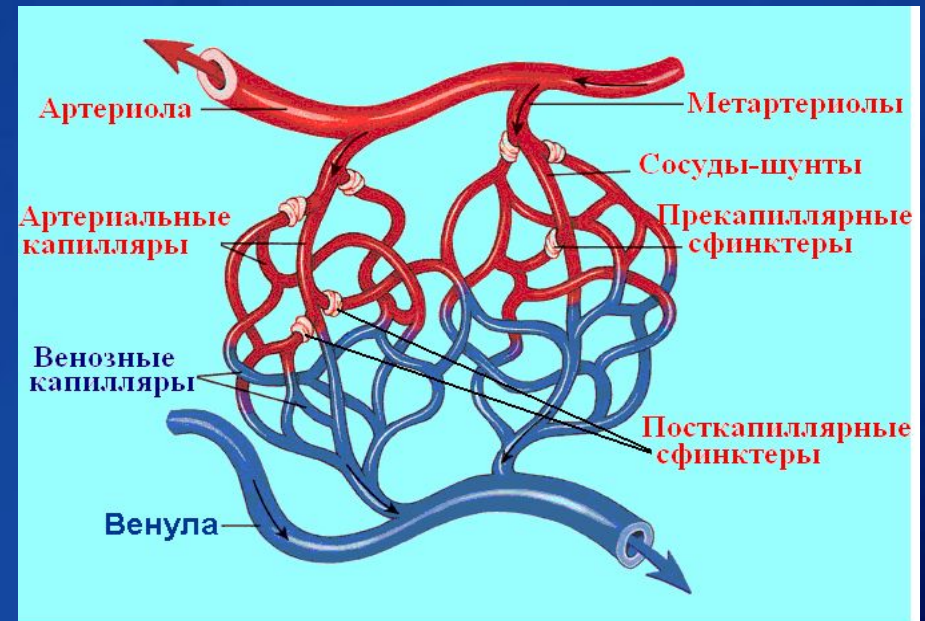
# Функциональные типы сосудов

- Между резистивными сосудами и капиллярами выделяют сосуды-сфинктеры, или прекапиллярные сфинктеры. Они регулируют количество открытых (функционирующих) капилляров.
- 4. Обменные сосуды - капилляры - здесь происходит обмен разных веществ и газов между кровью и тканевой жидкостью. Стенка капилляров состоит из одного слоя клеток. Способность к сокращению у капилляров отсутствует, величина их просвета зависит от давления в резистивных сосудах.



# Функциональные типы сосудов

- 5. Емкостные сосуды составляют венулы и вены. Здесь находится 75 % циркулирующей крови.
- 6. В некоторых участках тела (кожа ушей, носа) выделяют шунтирующие сосуды - это артериально-венозные анастомозы, по которым кровь переходит из артериол в венулы, проходя капилляры.



**Артериальное давление - это давление, которое делает кровь в артериальных сосудах организма. Он отображает взаимодействие многих факторов: первая группа факторов - сердечные: систолический объем сердца, скорость выбросов крови из желудочков, частота сердечных сокращений; вторая группа факторов -сосудистые: эластичность компенсирующих артерий, тонус резистивных сосудов, объем емкостных сосудов; третья группа факторов - кровяные: объем циркулирующей крови, вязкость крови, гидростатическое давление крови.**

# Виды артериального давления :

- 1. Систолическое или максимальное давление - это давление, которое создается в результате систолы левого желудочка. У взрослых он должен быть не выше 139 мм рт.ст.
  - 2. Боковое или истинное систолическое давление - это давление, которое делает на боковую стенку артерии кровь во время систолы.
  - 3. Ударное давление (геодинамичный удар) - это давление, необходимое для преодоления сопротивления тока крови артериями. Он выражает кинетическую энергию тока крови. Определяется как разница между систолическим и боковым давлением.
  - 4. Диастолическое или минимальное давление - наименьшая величина давления крови в конце диастолы.
  - Уровень диастолического давления в основном определяется величиной тонуса резистивных сосудов. У взрослых людей это давление должно быть не выше 89 мм рт.ст.
  - 5. Пульсовое давление - это разница между величинами систолического и диастолического давления.
  - 6. Результирующее давление - среднединамическое давление, которое определяется за формулой Хикема:
- 
- Для определения идеального давления у людей в зависимости от возраста рекомендуются формулы Волинского согласно которых:
  - Систолическое давление =  $102 + (0,6 * \text{возраст})$  мм рт.ст.
  - Диастолическое давление =  $63 + (0,4 * \text{возраст})$  мм рт.ст.

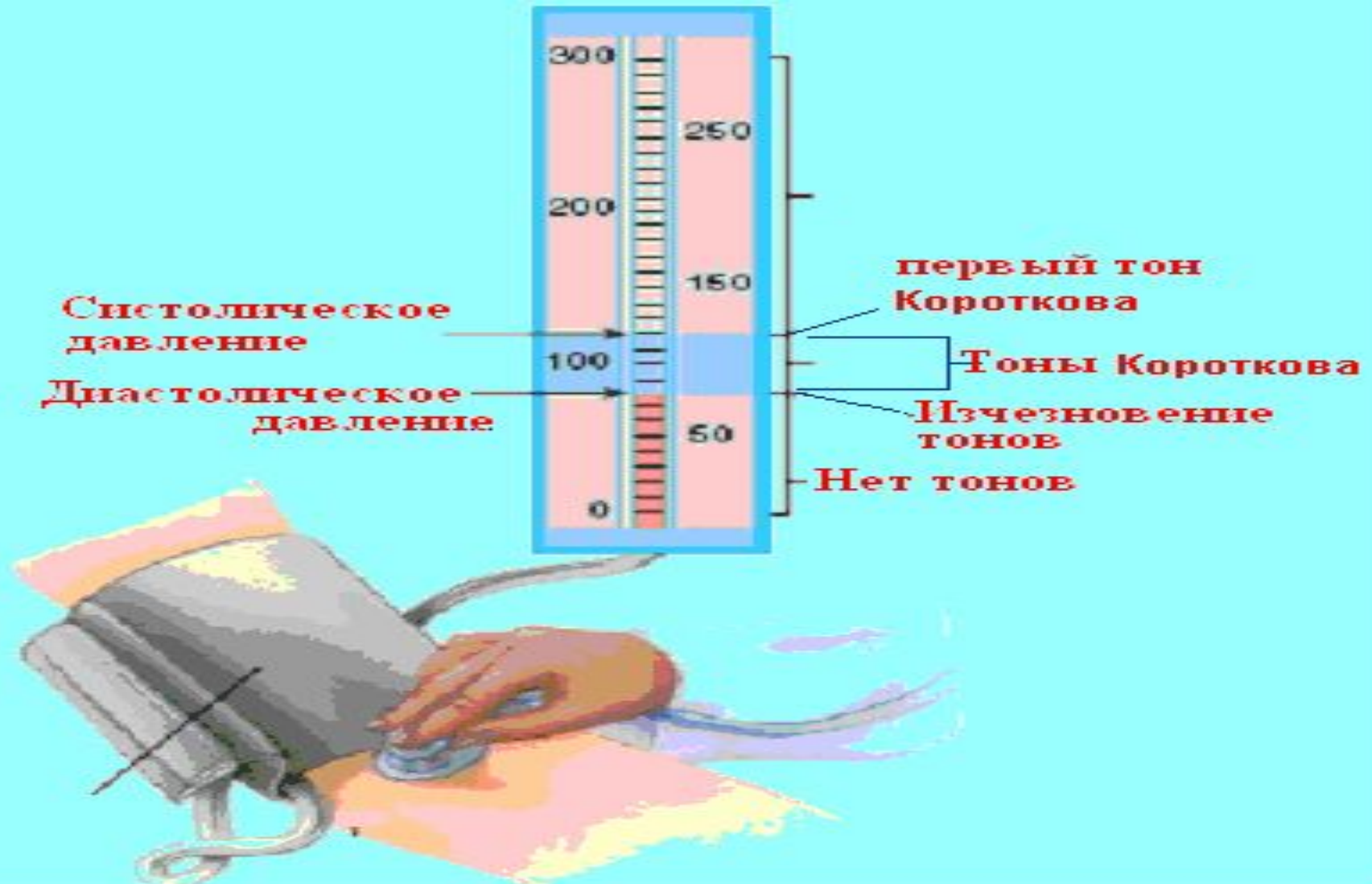
# КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПЕРТЕНЗИЙ ПО УРОВНЮ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ВОЗ (1999 ГОД)



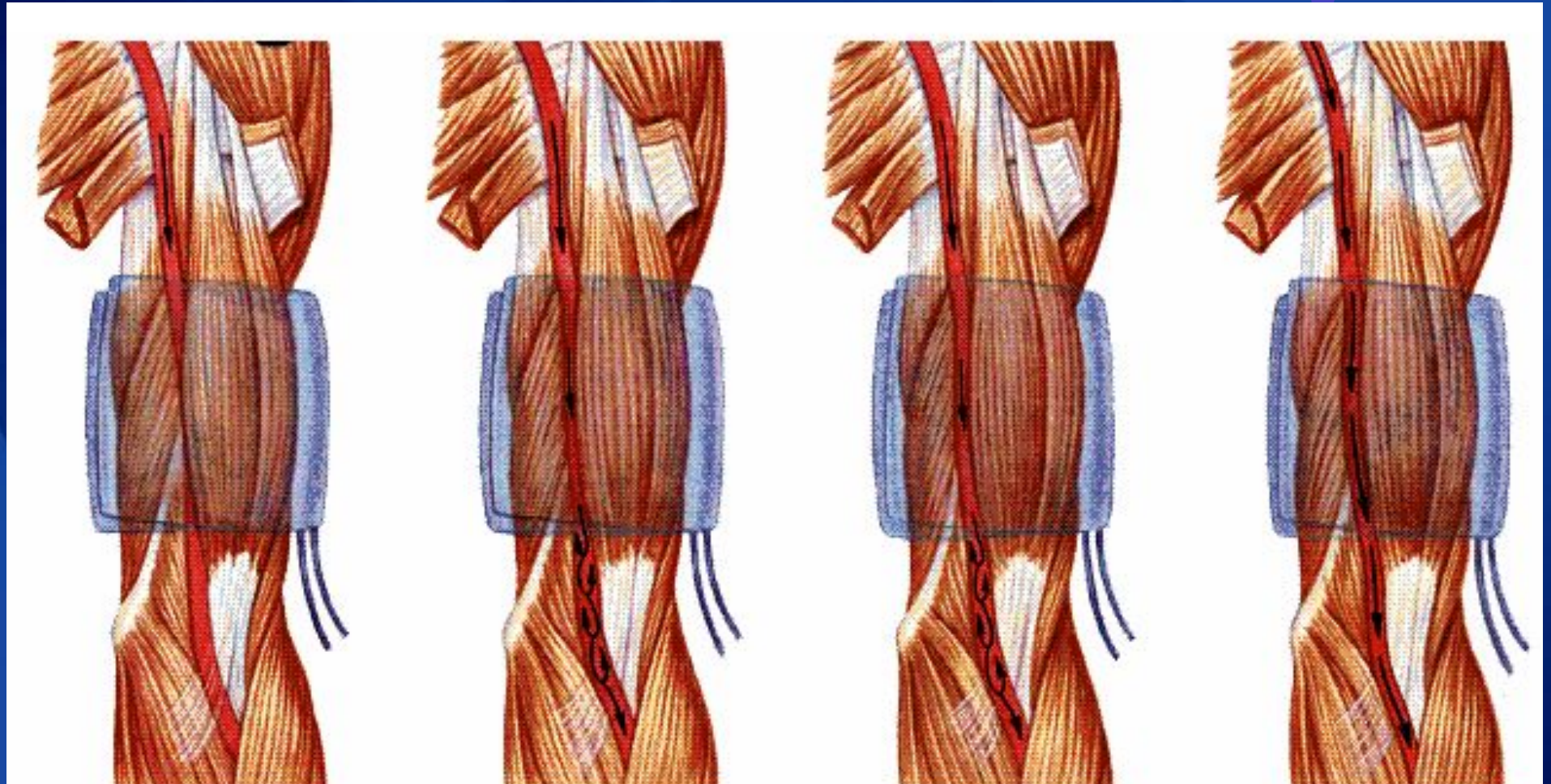
Категория	Уровень артериального давления	
	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.
Оптимальное АД	< 120	< 80
Нормальное АД	< 130	<85
Высокое-нормальное АД	130-139	85-89
Гипертензия I ст (мягкая)	140-159	90-99
Подгруппа – пограничная гипертензия	140-149	90-94
Гипертензия II ст (умеренная)	160-179	100-109
Гипертензия III ст (тяжелая)	>180	>110
Изолированная систолическая гипертензия	>140	<90
Подгруппа - пограничная гипертензия	140-149	<90



# Методика измерения артериального давления по методу Короткова

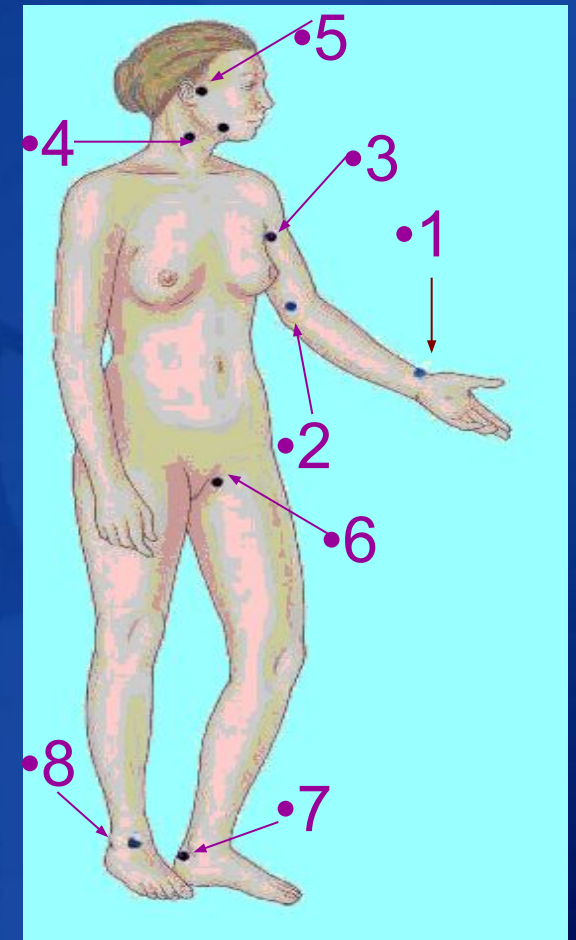


# Механизм формирования тонов Короткова



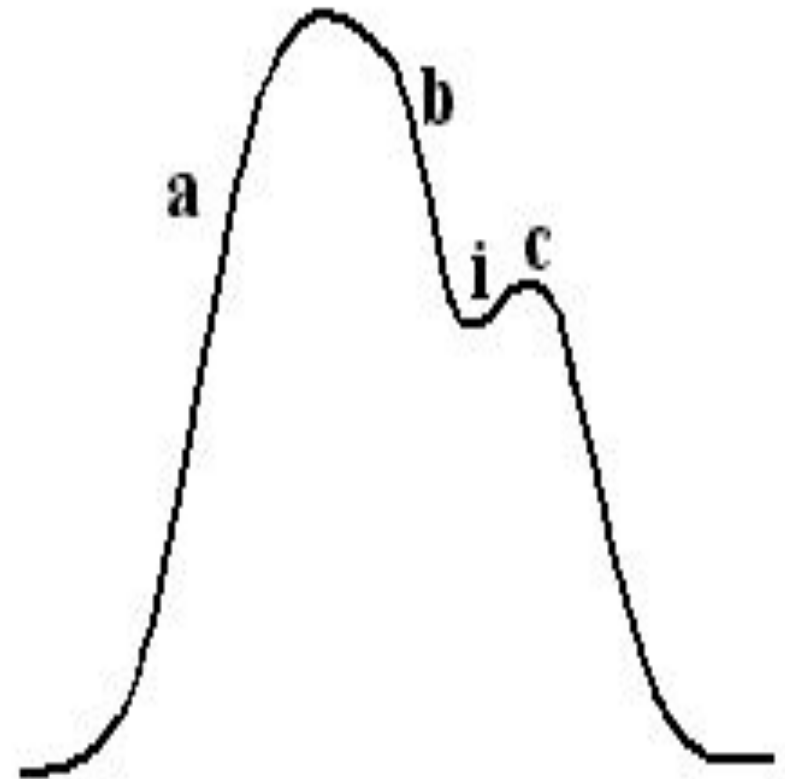
# ПАЛЬПАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ПУЛЬСА

1. *A. radialis*
2. *A. ulnaris*
3. *A. brachialis*
4. *A. carotica communis*
5. *A. temporalis*
6. *A. femoralis*
7. *A. dorsalis pedis*
8. *A. tibialis posterior*



# Графический метод исследования артериального пульса

- На сфигмограмме различают: крутой подъем, восходящее колено - анакроту (ana - движение вверх, crotos - удар), который переходит в нисходящее колено - катакроту (cata - вниз), которая имеет дополнительную волну - дикротичну. Анакрота отвечает открытию полулунных клапанов и выхода крови в аорту. Катакрота возникает в конце систолы желудочка, когда давление в нем начинает падать.
- Нисходящее колено имеет выемку - инцизуру и дополнительную волну - вторичный, или дикротичный подъем, который совпадает с закрытием полулунных клапанов аорты и отражением крови от них.





• **Спасибо за  
внимание !**