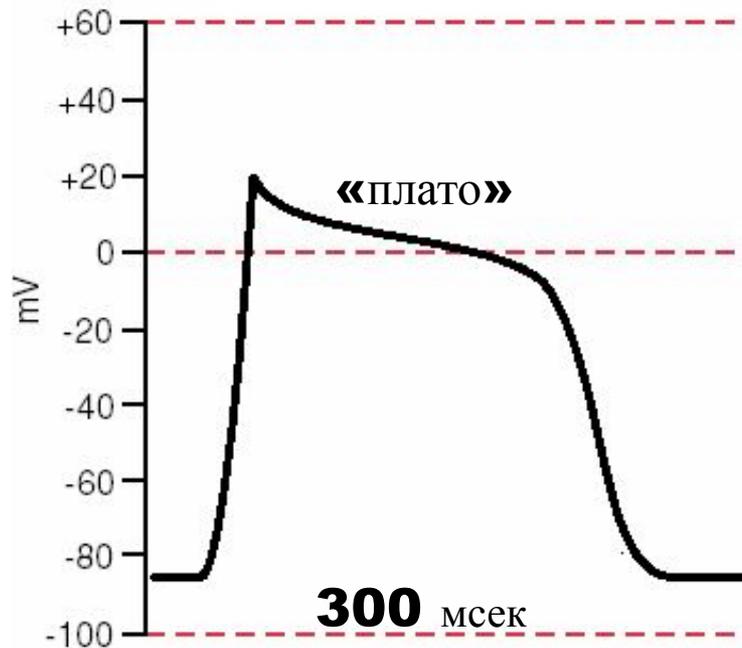


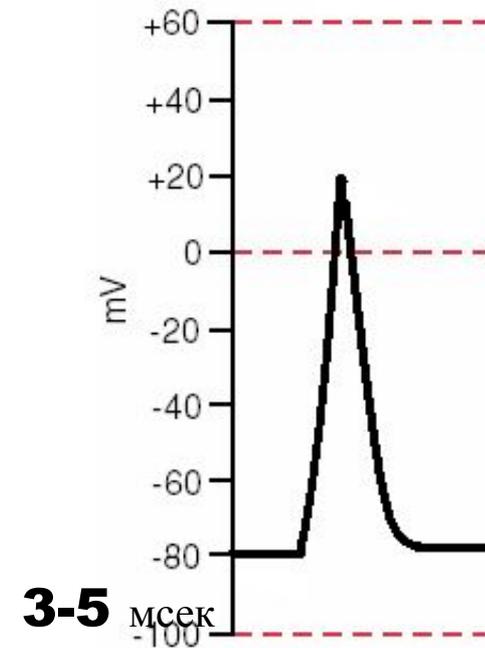
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

1. ОСОБЕННОСТЬ ПРОЦЕССА ВОЗБУЖДЕНИЯ (ПД):

Фаза «плато» потенциала действия за счет входа в клетку ионов Ca^{2+} по медленным Са-каналам.



Сердечная мышца

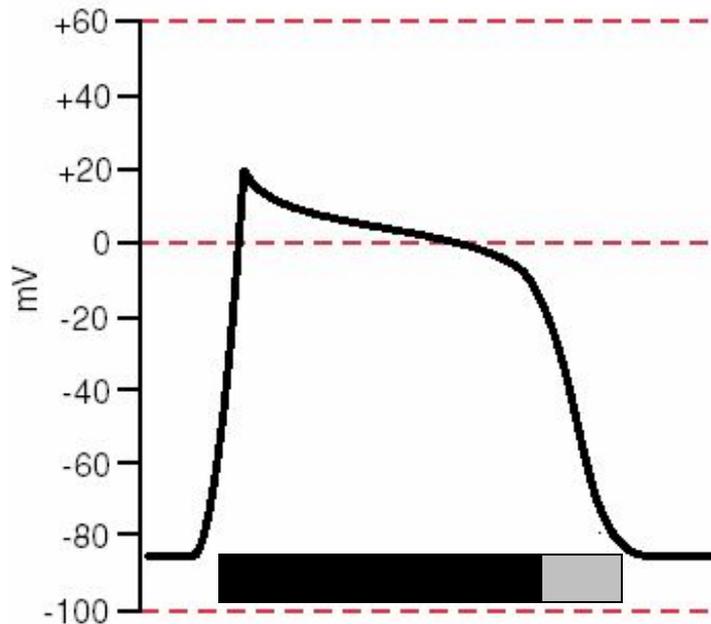


Скелетная мышца

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

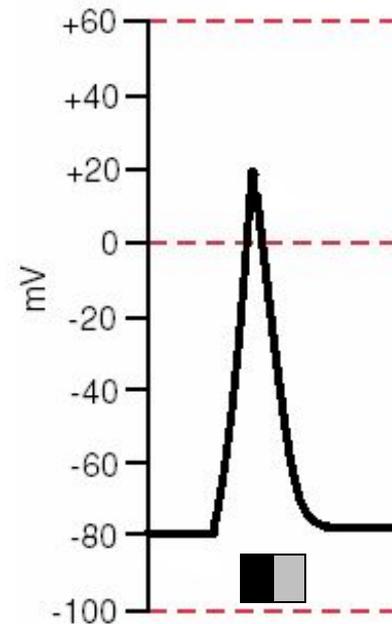
2. ДЛИТЕЛЬНЫЙ РЕФРАКТЕРНЫЙ ПЕРИОД

Фазе «плато» соответствует период абсолютной рефрактерности. В это время клетка невозбудима, т.к. **Na**-каналы инактивированы.



300 мсек

Сердечная мышца



3-5 мсек

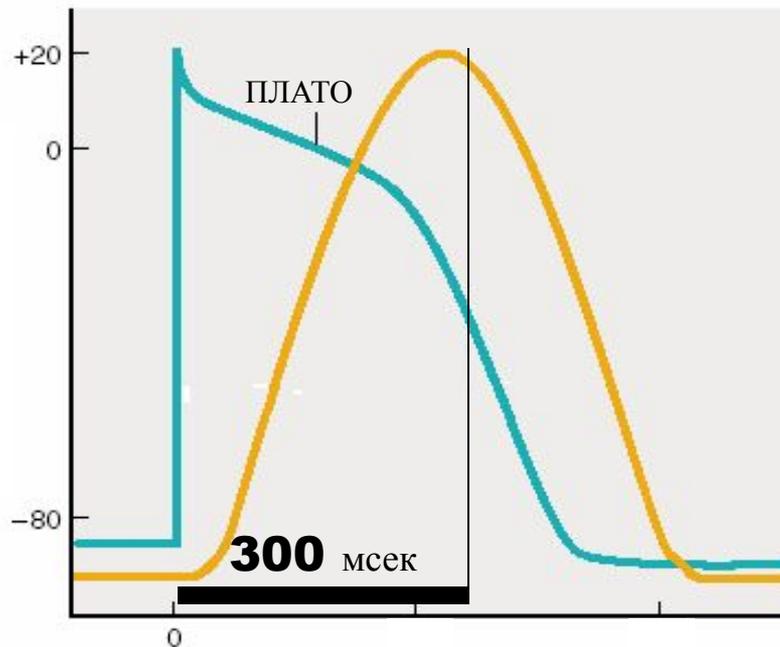
Скелетная мышца

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

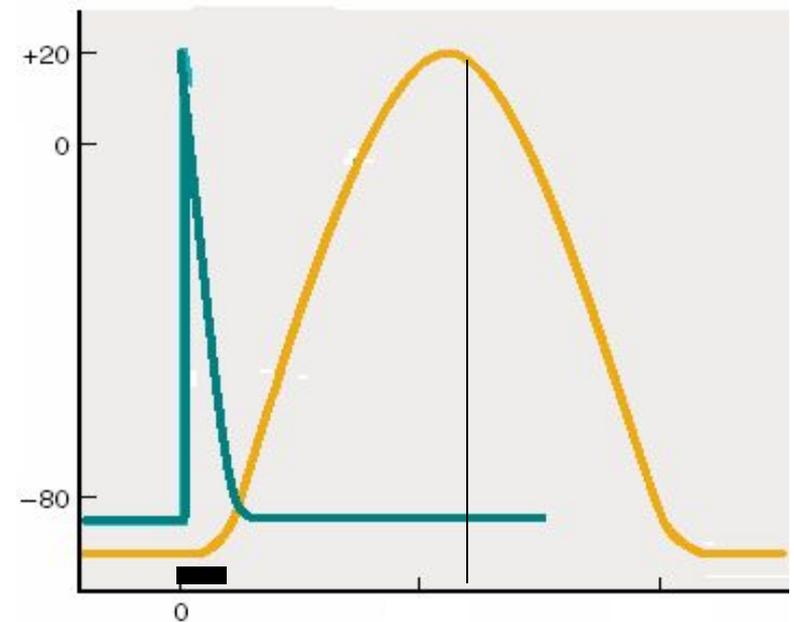
3. СЕРДЕЧНАЯ МЫШЦА СОКРАЩАЕТСЯ ТОЛЬКО В РЕЖИМЕ ОДИНОЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ. ТЕТАНУС НЕВОЗМОЖЕН.

Рефрактерный период совпадает с фазой сокращения миокарда, поэтому **во время систолы миокард невозбудим** и не реагирует на дополнительные раздражители.

Суммации сокращений не происходит, тетанус невозможен.



Сердечная мышца



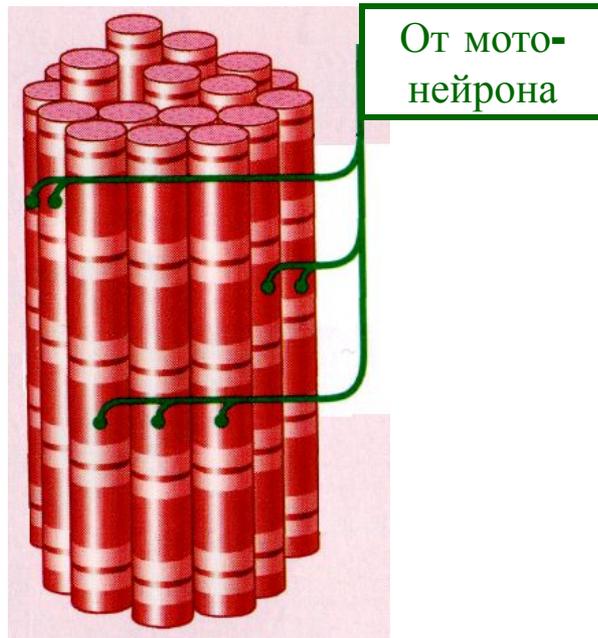
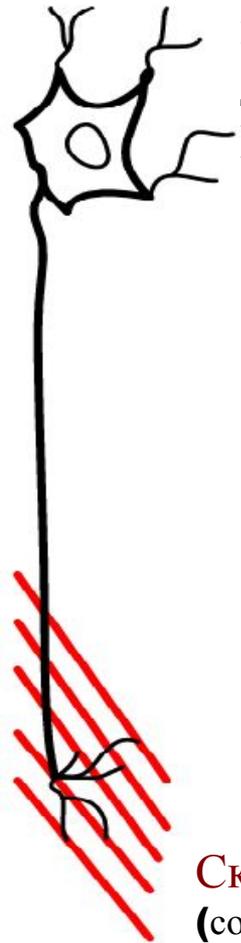
Скелетная мышца

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

4. МИОКАРД – ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СИНЦИТИЙ

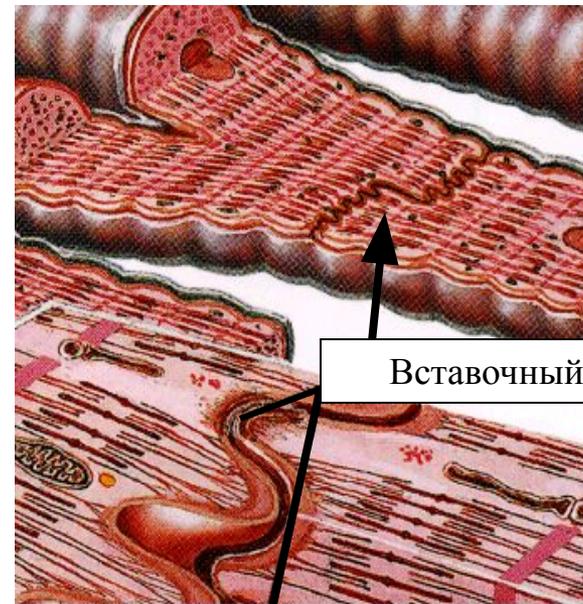
Состоящий из отдельных клеток, миокард функционирует как единое целое. Импульс передаётся от одной клетки к другой через электрические синапсы (**нексусы**).

Все клетки возбуждаются и сокращаются одновременно.



Скелетная мышца

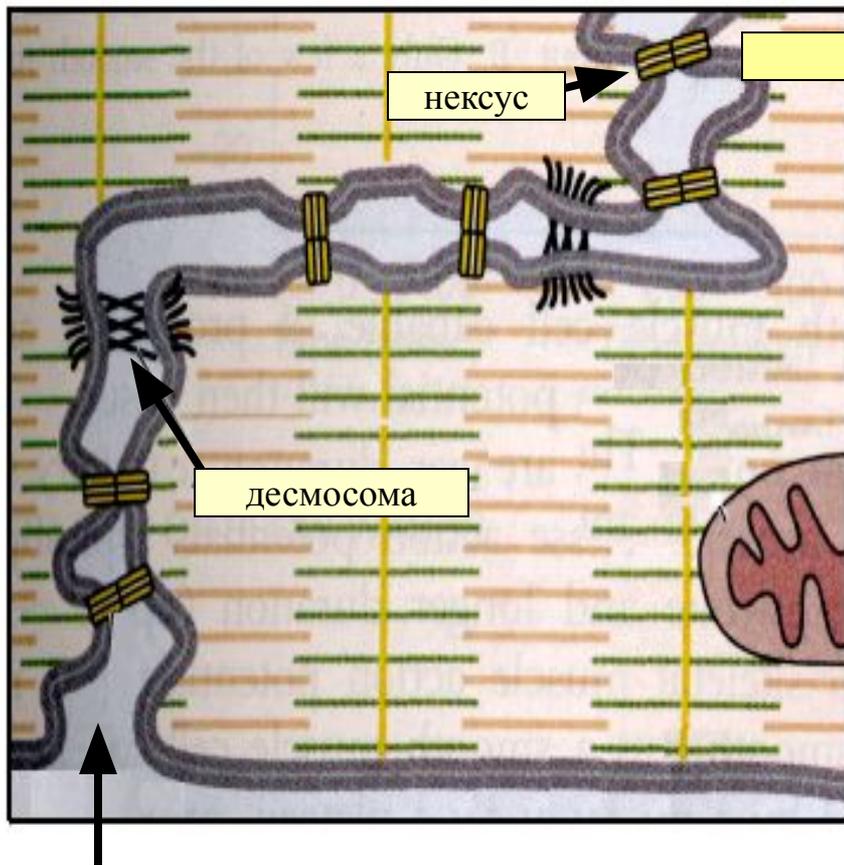
(сокращаются только те волокна, импульс передаётся от одной



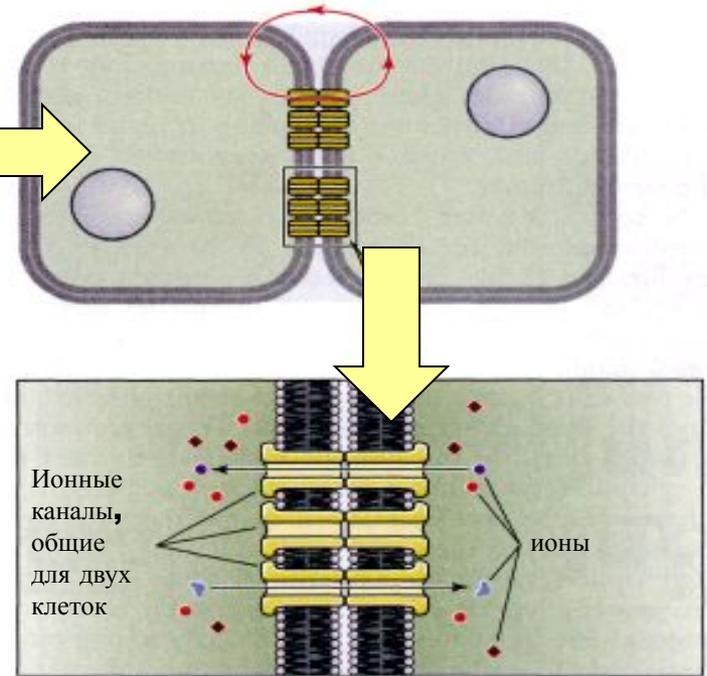
Сердечная мышца

(сокращаются все волокна, т.к. которые получили нервный мышечной клетки к другой)

ВСТАВОЧНЫЙ ДИСК: ДЕСМОСОМА И НЕКСУС



ВСТАВОЧНЫЙ ДИСК
(между соседними миоцитами)



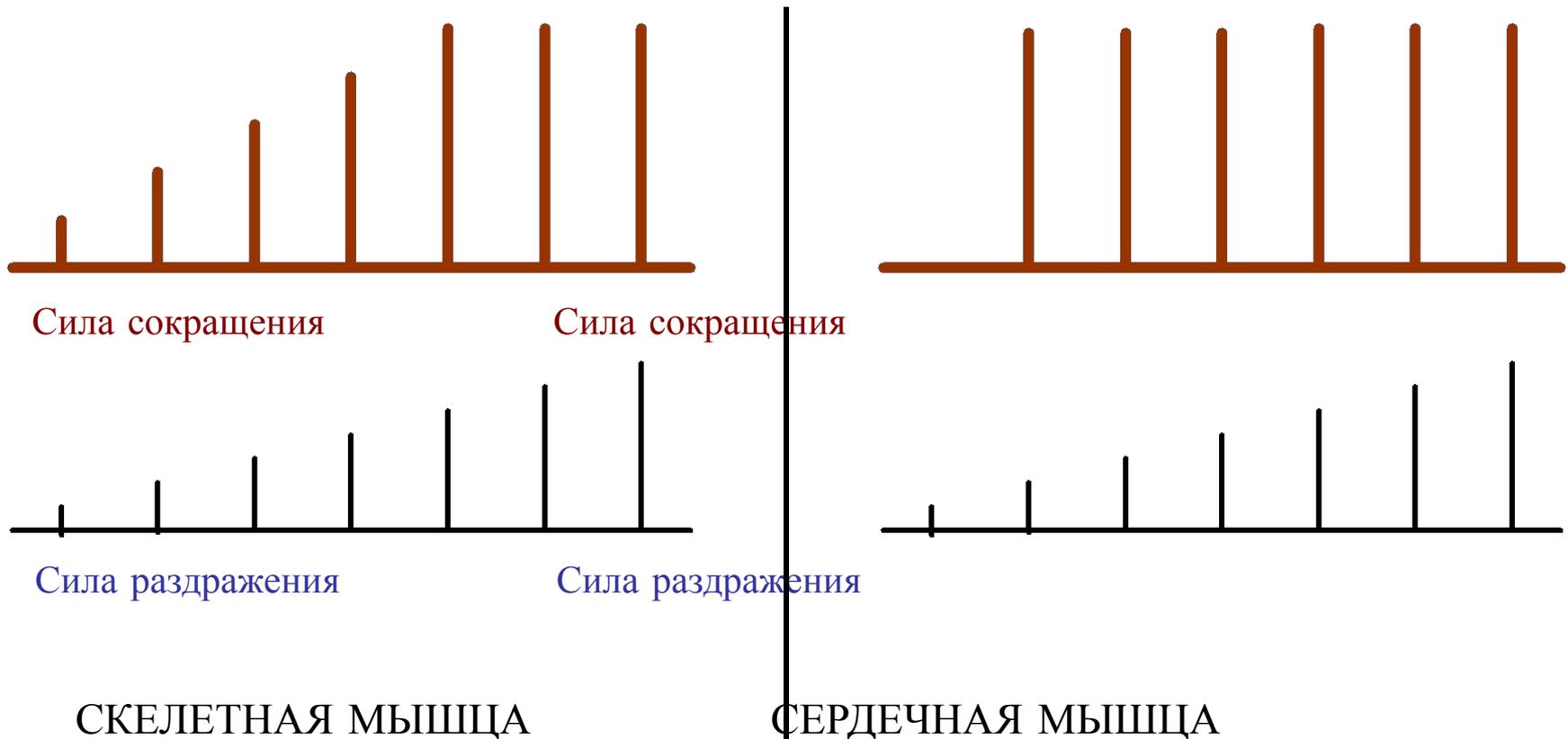
НЕКСУС – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНАПС

Проводит возбуждение
в обе стороны,
без задержки,
без утомления

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

5. МИОКАРД СОКРАЩАЕТСЯ ПО ПРИНЦИПУ «ВСЁ ИЛИ НИЧЕГО»

Сила сокращения миокарда всегда максимальна, не зависит от силы раздражителя, потому что каждый раз возбуждаются и сокращаются все кардиомиоциты.

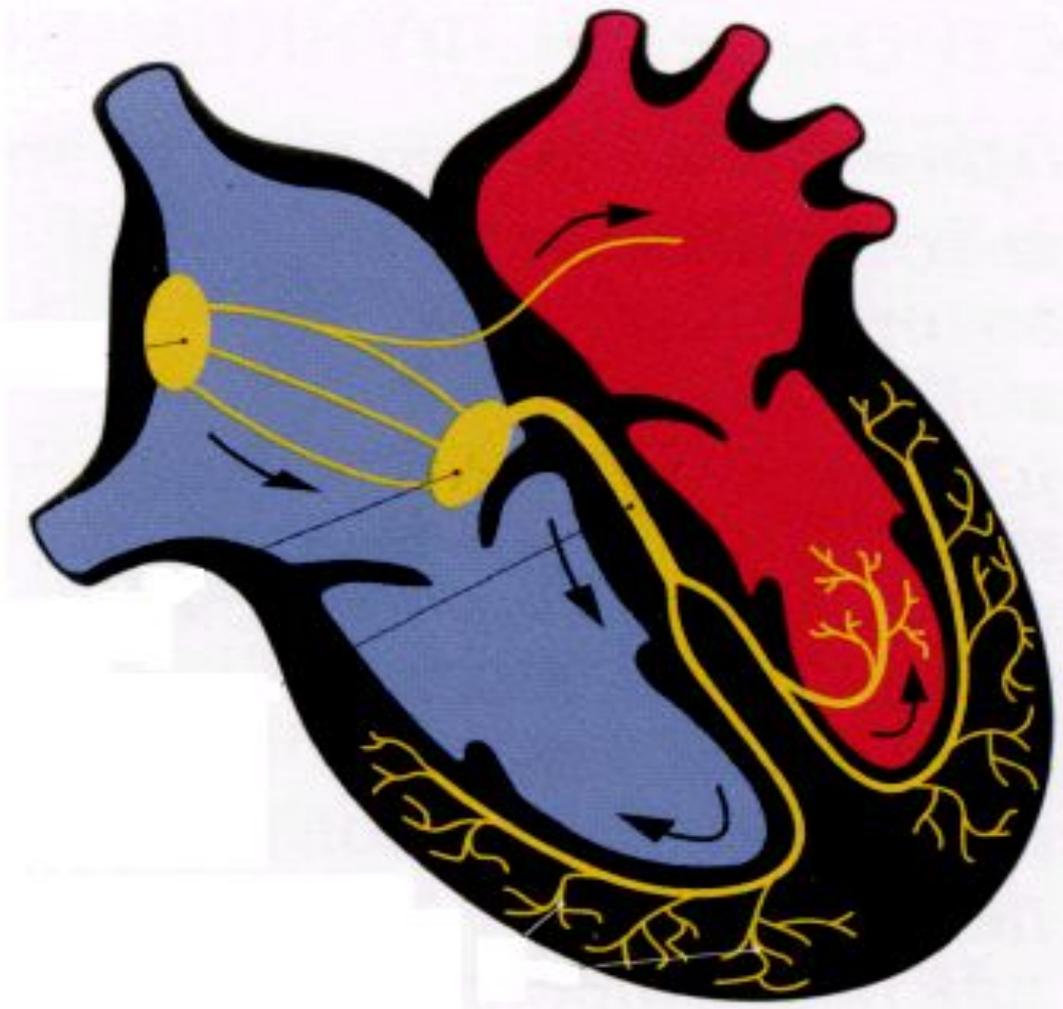


СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

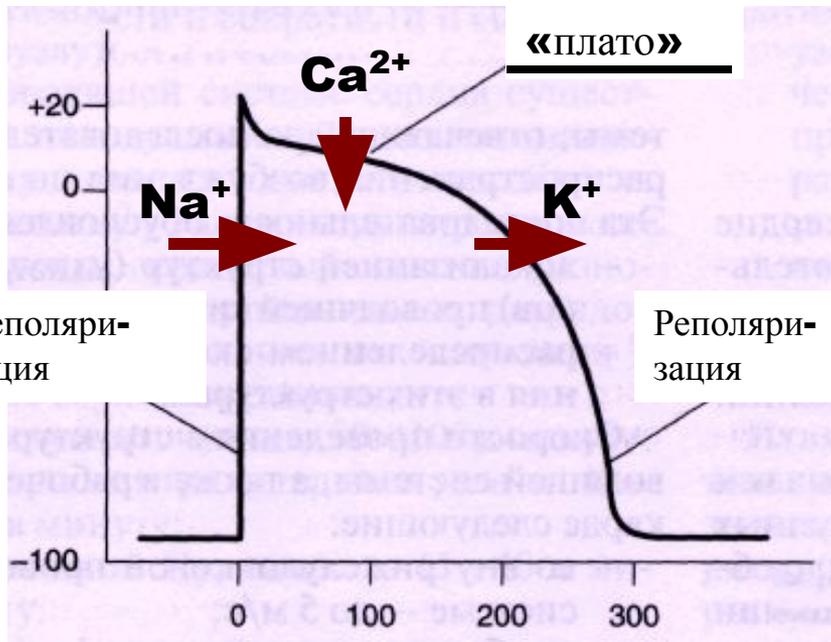
Лекция **2**

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ
СЕРДЦА

ЕЩЁ РАЗ ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА!



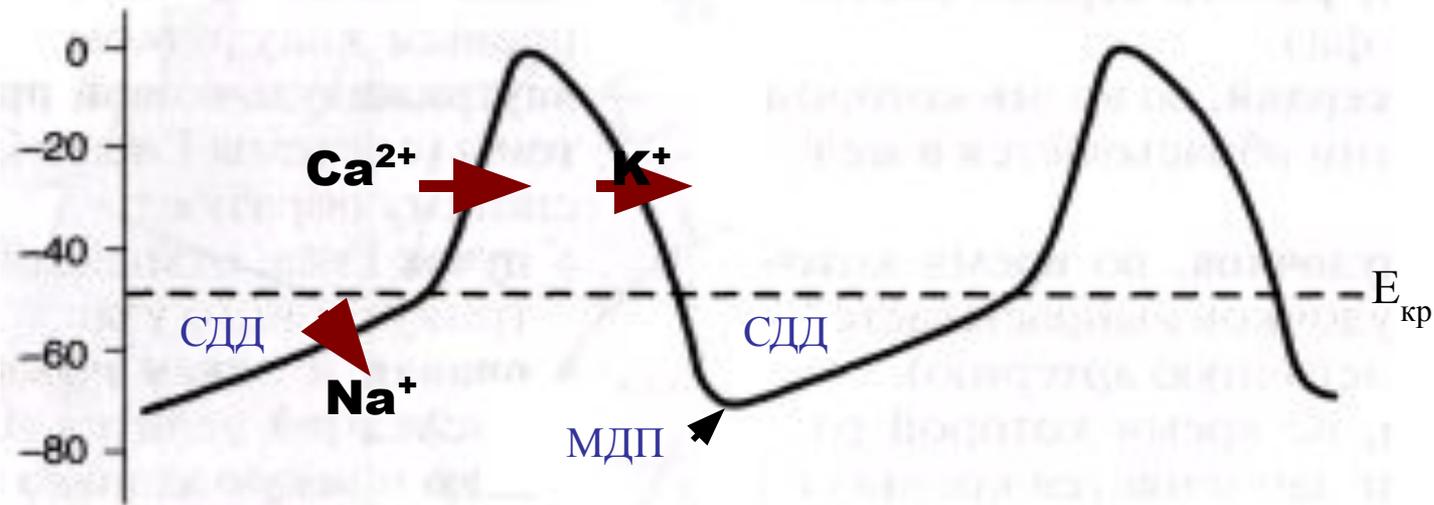
МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КЛЕТКИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА



- Потенциал покоя = **-90 мВ**
В покое мембрана имеет высокую проницаемость для ионов калия и низкую проницаемость для ионов натрия.

- Потенциал действия:
 1. Деполяризация за счёт входа Na^+ в клетку
(активированы быстрые натриевые каналы)
 2. Фаза «плато» за счёт входа Ca^{2+} в клетку
(активированы медленные кальциевые каналы)
 3. Реполяризация за счёт выхода K^+ из клетки
(активированы медленные калиевые каналы)

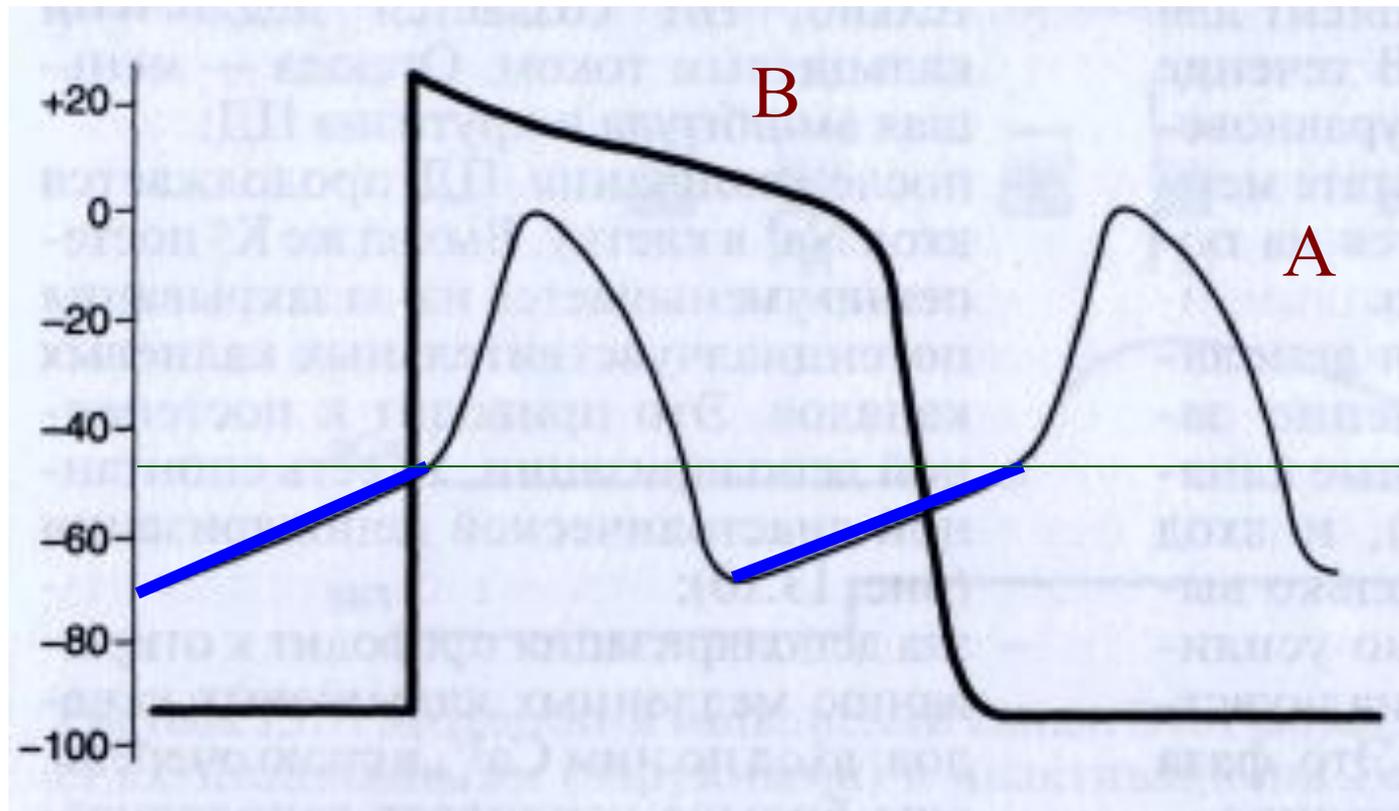
МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЕЙСМЕКЕРНОЙ КЛЕТКИ



- Мембрана клетки имеет высокую проницаемость для ионов **Na^{+}** и низкую проницаемость для ионов **K^{+}** .
Поэтому МДП (максимальный диастолический потенциал) = - 70 мВ.
- За счёт диффузии **Na^{+}** в клетку начинается СДД (спонтанная диасто-лическая деполяризация), которая является электрофизиологическим признаком автоматии.
- Когда деполяризация доходит до критического уровня ($E_{кр}$), возникает ПД за счёт входа в клетку ионов **Ca^{2+}** через медленные потенциал-чувствительные Ca-каналы.
- Реполяризацию вызывает выходящий калиевый ток.

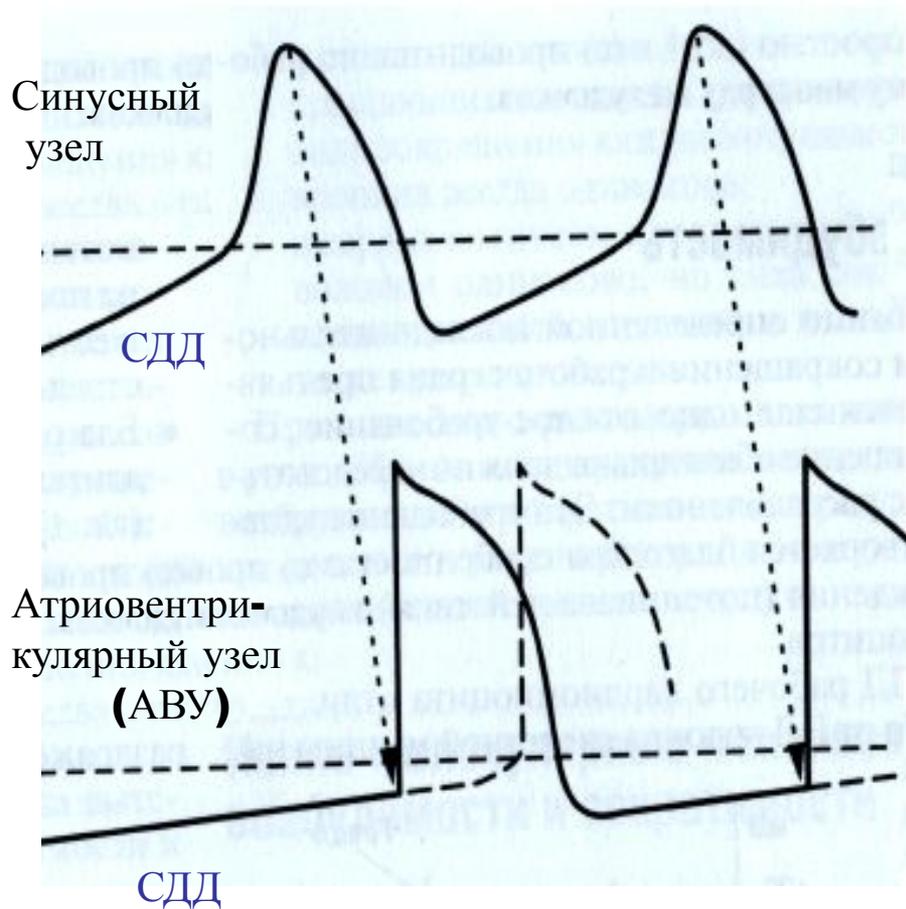
А – потенциал действия клетки
синусного узла

В – потенциал действия клетки
рабочего миокарда



Спонтанная диастолическая деполяризация является
признаком автоматии миокардиальной клетки

МЕМБРАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ КЛЕТКИ ИСТИННОГО ПЕЙСМЕКЕРА (САУ) И ЛАТЕНТНОГО ПЕЙСМЕКЕРА (АВУ)



Спонтанная деполяризация клетки АВУ имеет меньшую скорость.

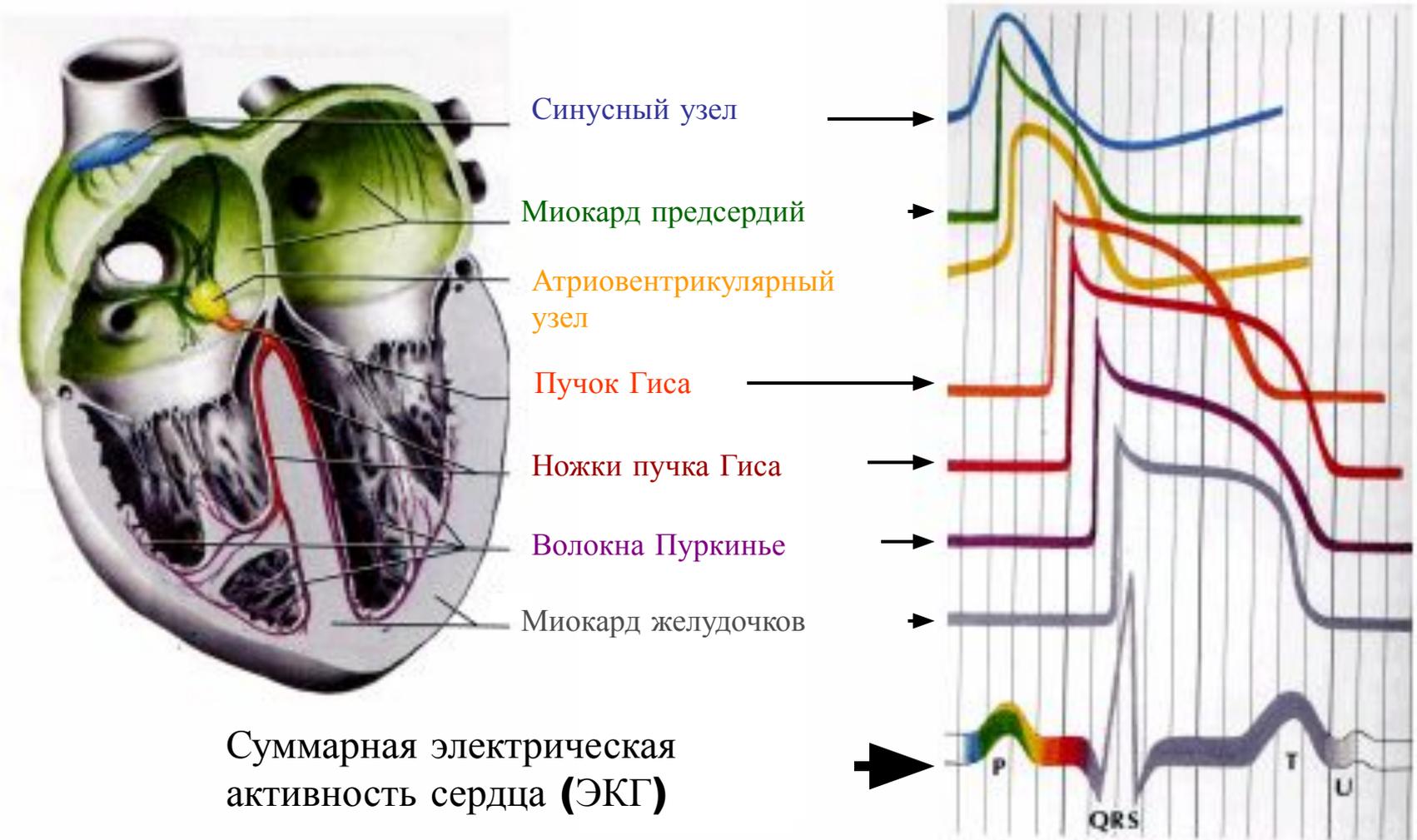
Импульс из синусного узла приходит к АВУ раньше, чем деполяризация его клеток достигнет $E_{кр}$.

Поэтому автоматия АВУ в норме не проявляется.

Если связь синусного узла с АВУ нарушена, АВУ генерирует импульсы самостоятельно, но с меньшей частотой (**40-50** имп/мин вместо **60-80**).

В этом случае предсердия работают в синусовом ритме, а желудочки – в атриовентрикулярном. Такое состояние называется **ПОЛНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ БЛОКАДОЙ СЕРДЦА**.

ПОТЕНЦИАЛЫ ДЕЙСТВИЯ КЛЕТОК РАЗНЫХ ОТДЕЛОВ ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ СЕРДЦА И РАБОЧЕГО МИОКАРДА



ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

- ЭКГ - запись электрических потенциалов, возникающих во время возбуждения миокарда, с помощью электродов, расположенных на поверхности тела.
- Пара электродов, необходимых для записи ЭКГ (а также сама запись), называются **отведением**.
- Линия, соединяющая два электрода, называется **осью отведения**.
- Обычно регистрируется **12** отведений ЭКГ.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ВОКРУГ СЕРДЦА В ПРОЦЕССЕ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

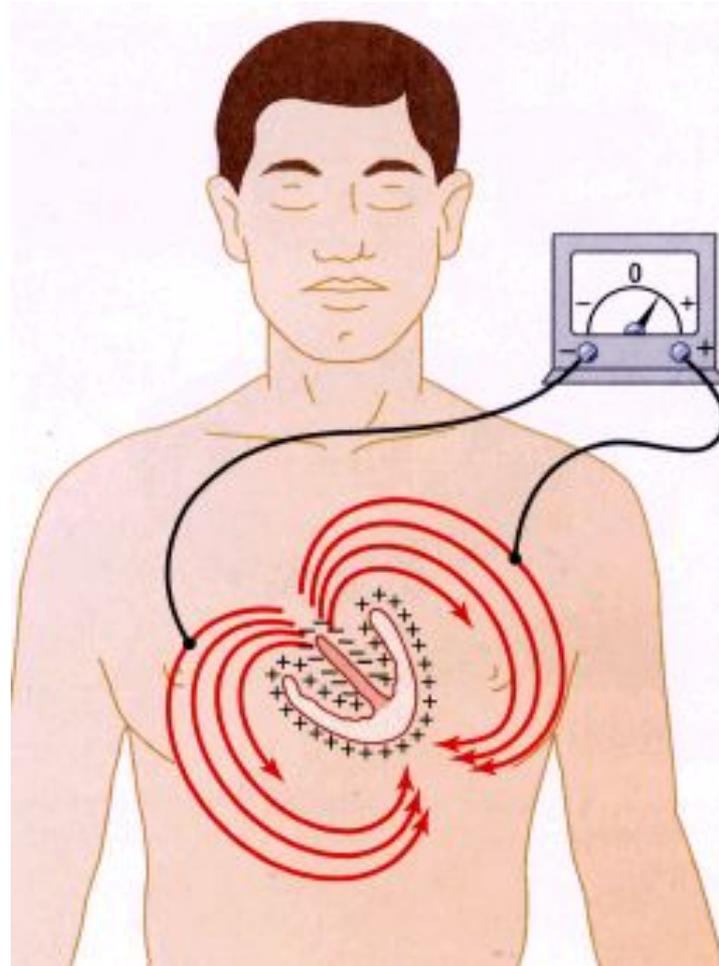
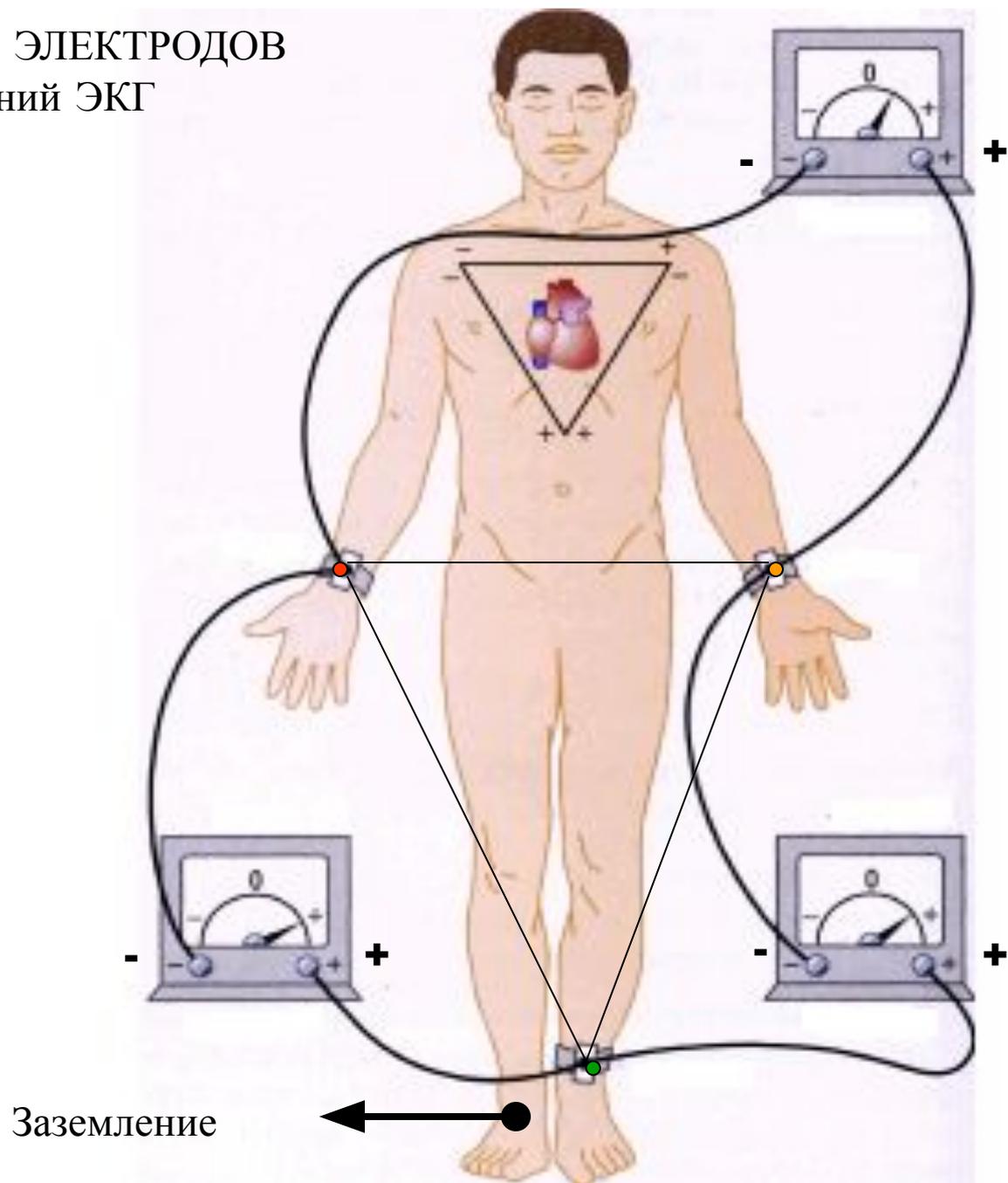
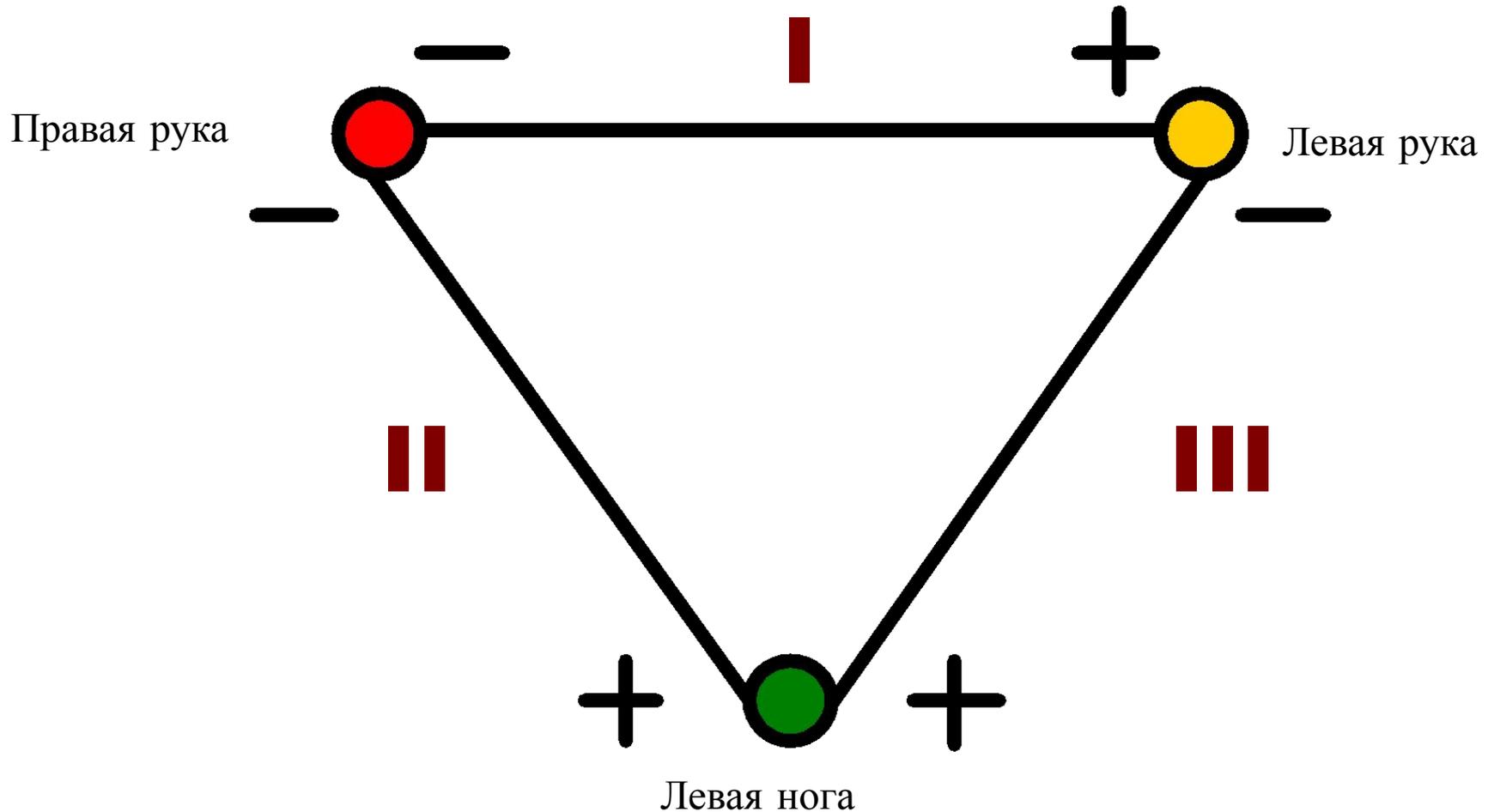


СХЕМА НАЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ для регистрации отведений ЭКГ от конечностей.

Проекция треугольника
Эйнтховена на грудную
клетку.

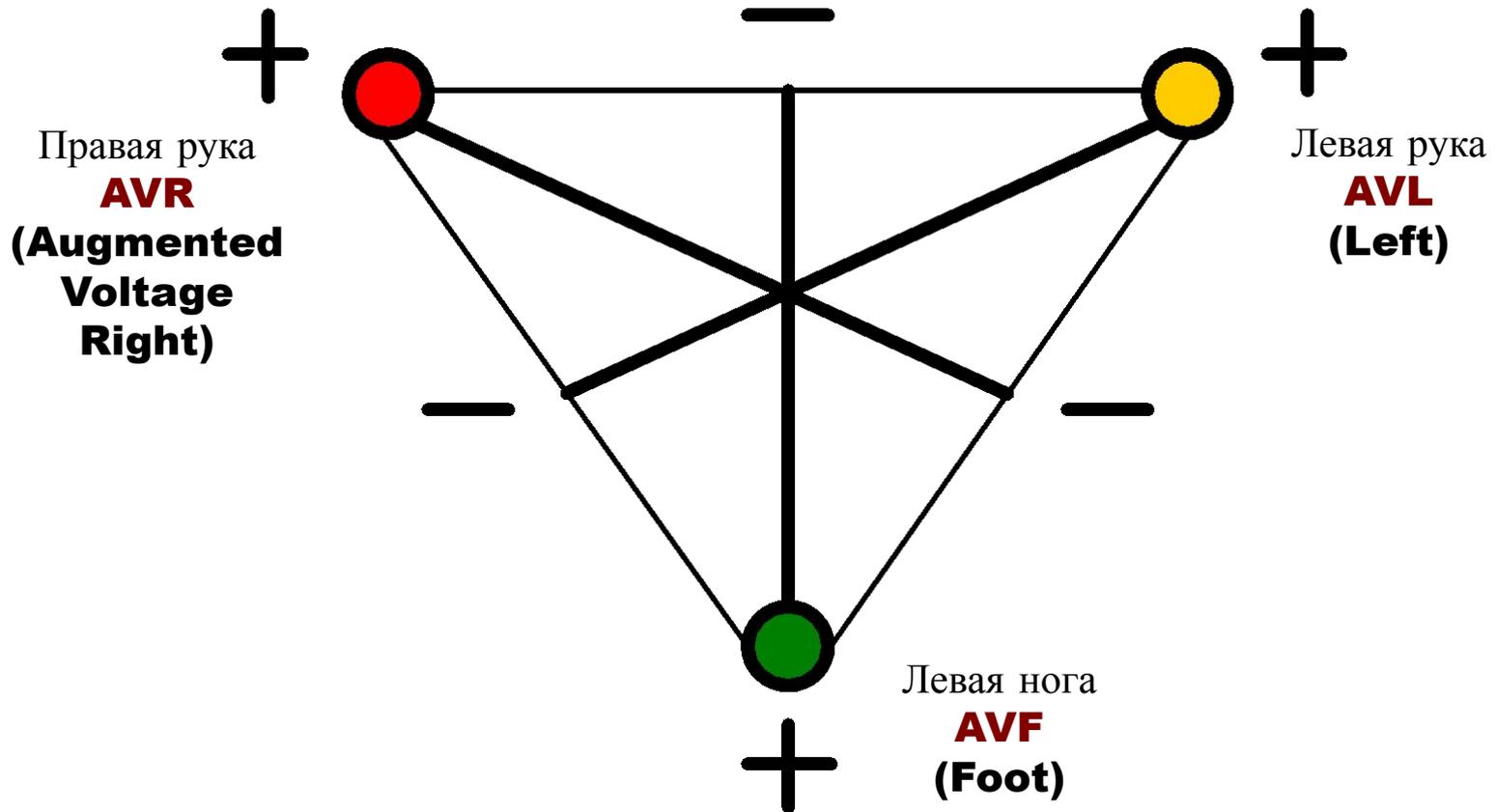


ТРИ СТАНДАРТНЫХ ОТВЕДЕНИЯ ОТ КОНЕЧНОСТЕЙ (I, II, III)



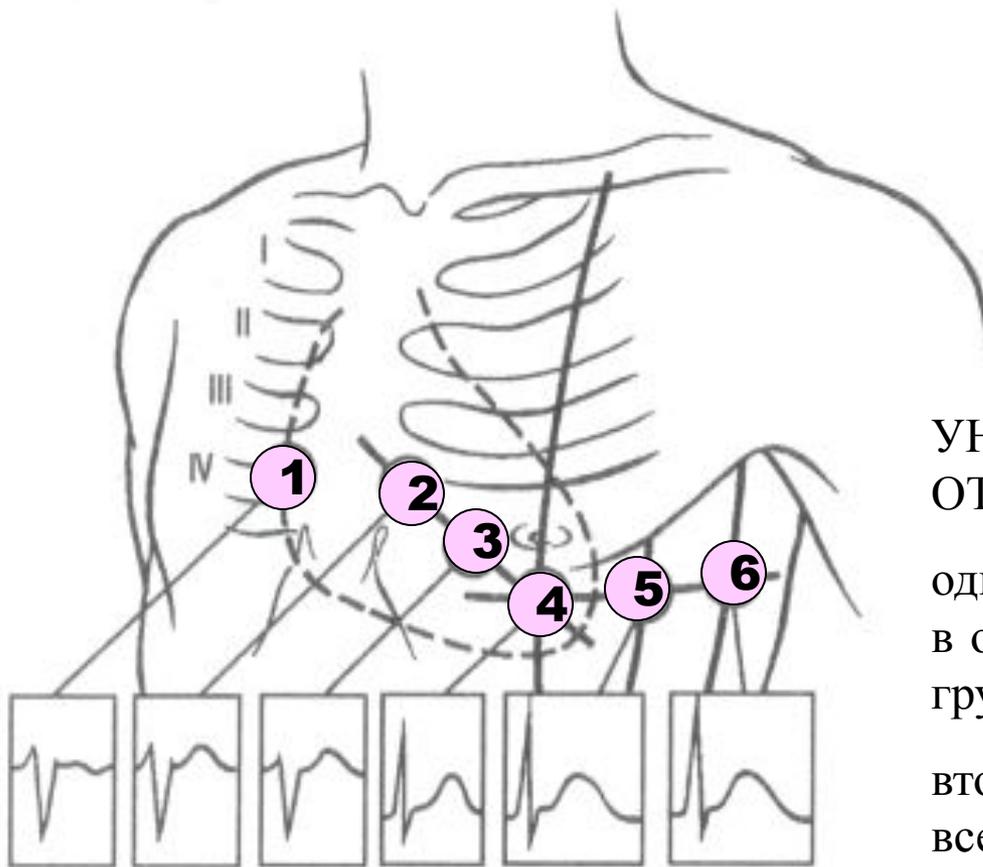
БИПОЛЯРНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ: оба электрода – активные

ТРИ УСИЛЕННЫХ ОТВЕДЕНИЯ ОТ КОНЕЧНОСТЕЙ (**AVL, AVR, AVF**)



УНИПОЛЯРНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ: один активный электрод на конечности (+), второй (объединённый электрод двух других конечностей) – электрод сравнения. Его потенциал = 0.

ШЕСТЬ ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЙ ($V_1 - V_6$)

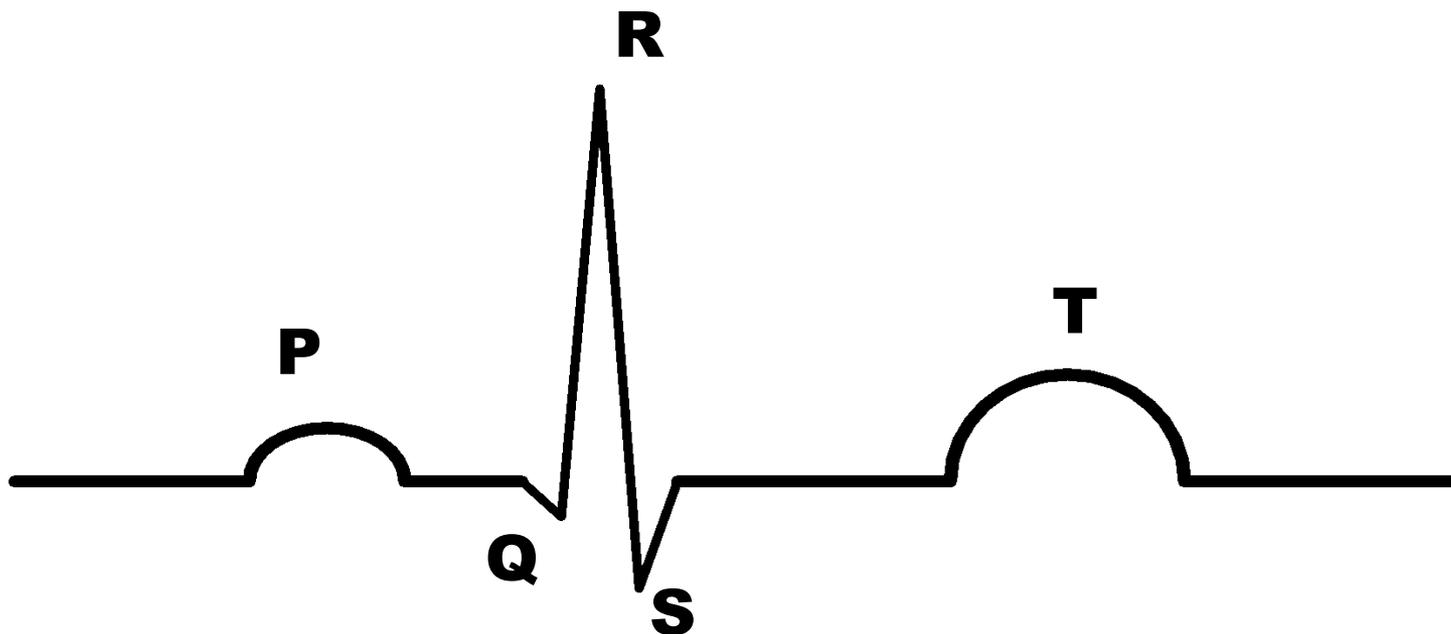


УНИПОЛЯРНЫЕ ГРУДНЫЕ ОТВЕДЕНИЯ:

один активный электрод
в определённой точке на
грудной клетке **(+)**,

второй (объединённый электрод
всех трёх конечностей) – электрод
сравнения. Его потенциал = **0**.

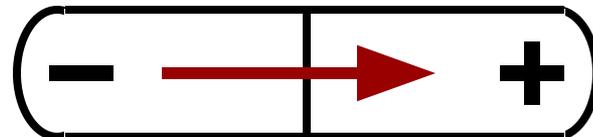
СХЕМА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ во **2**-ом стандартном отведении



- **P** – деполяризация предсердий (возбуждение)
- **PQ** – проведение возбуждения от предсердий к желудочкам
- **QRS** – деполяризация желудочков (возбуждение)
- **ST** – полный охват желудочков возбуждением
- **T** – реполяризация желудочков

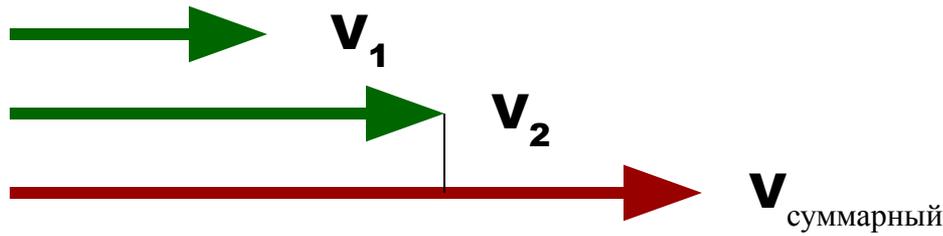
ДИПОЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ В МИОКАРДЕ

- Возбужденный участок миокарда снаружи электроотрицательный (-), а невозбужденный – электроположительный (+).
- На границе раздела возбужденного и невозбужденного миокарда формируется большое кол-во элементарных электрических диполей.
- ДИПОЛЬ – это совокупность двух точечных электрических зарядов (+) и (-), расположенных на исчезающе малом расстоянии друг от друга.
- Э.д.с. диполя характеризуется вектором, направленным от (-) к (+), и пропорциональна длине вектора.
- Векторы можно суммировать.



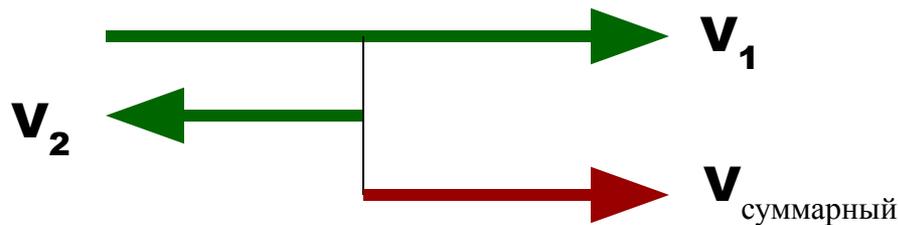
ПРАВИЛА СЛОЖЕНИЯ ВЕКТОРОВ

- Направление векторов одинаково:



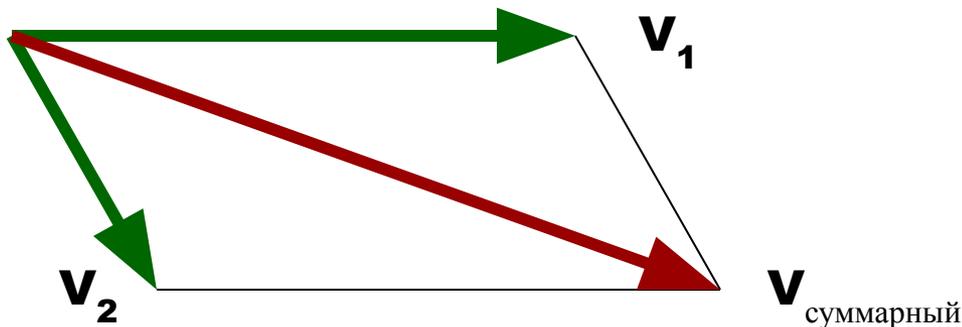
К первому вектору прибавляется второй.

- Направление векторов противоположно:



Из большего вектора вычитается меньший.

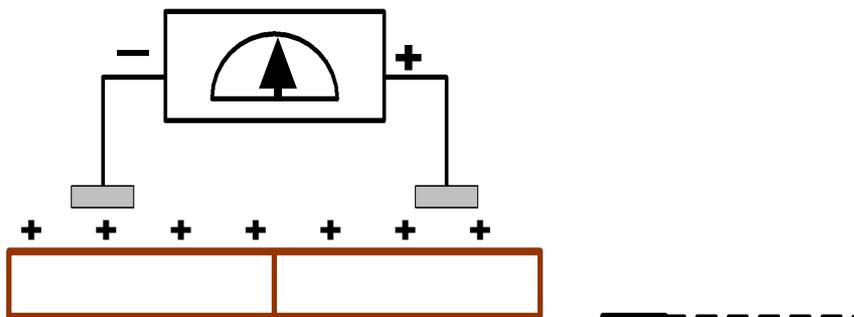
- Направление векторов под углом:



Используется правило параллелограмма.

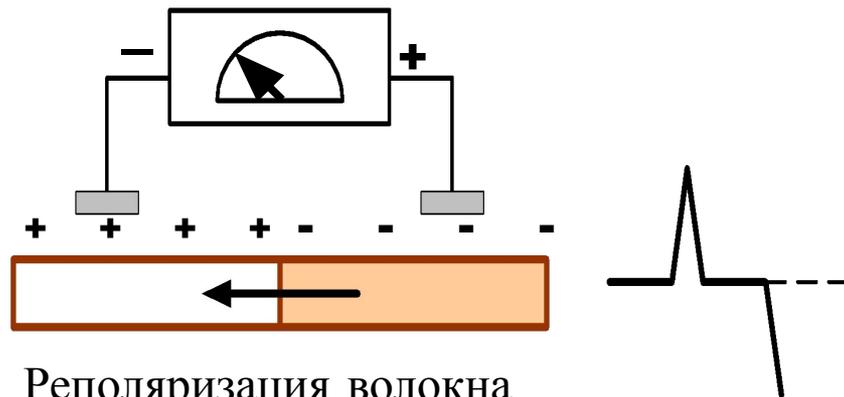
ЭЛЕКТРОГРАММА ОДНОГО МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

1



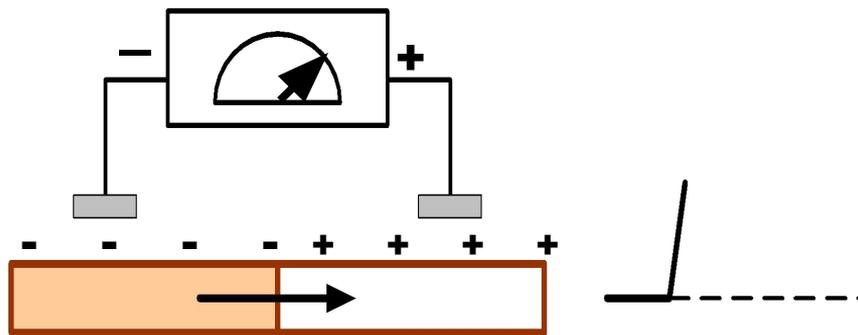
Состояние покоя

4



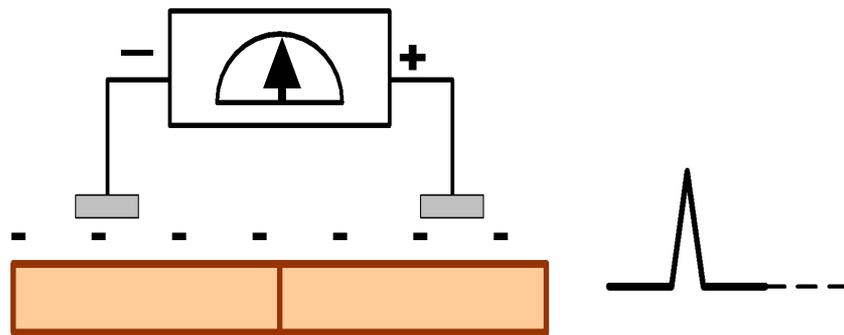
Реполяризация волокна

2



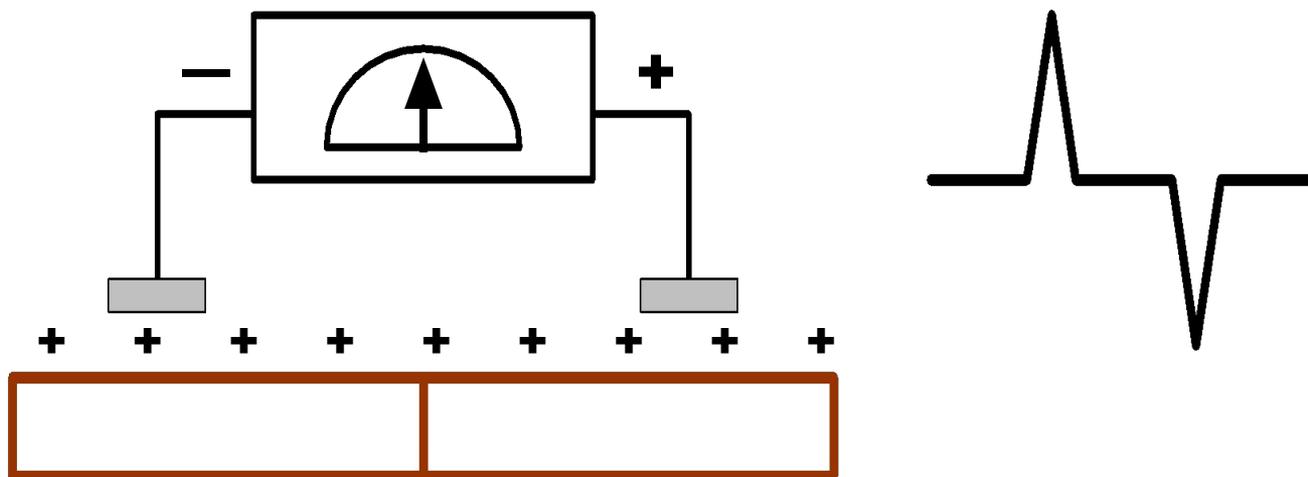
Деполяризация волокна

3



Состояние возбуждения

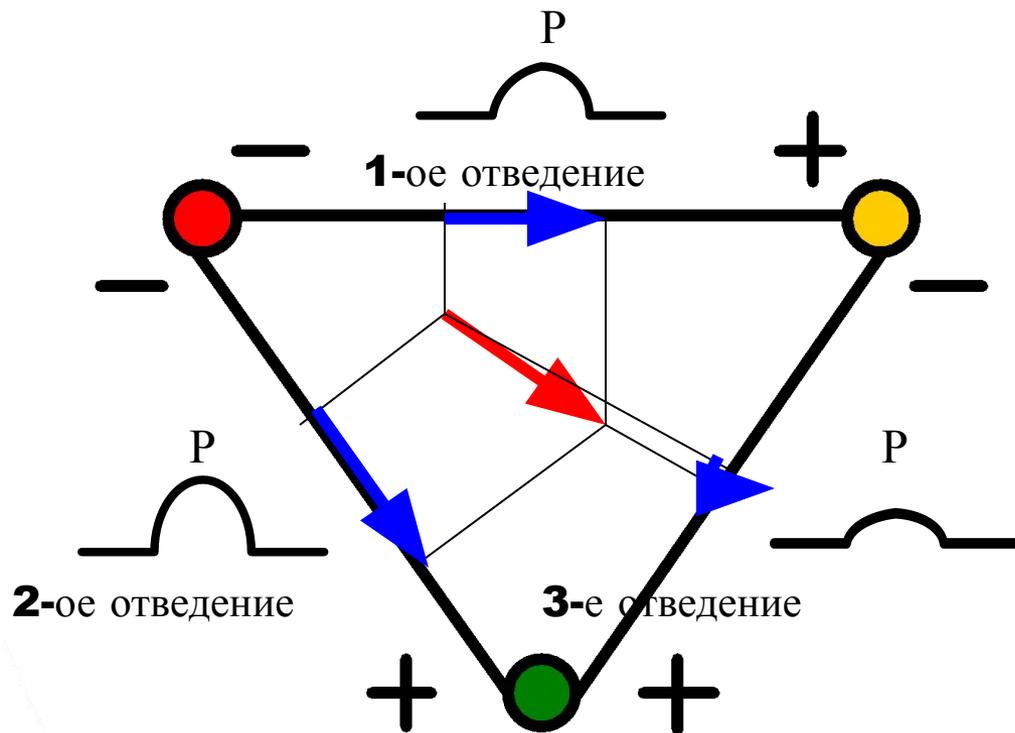
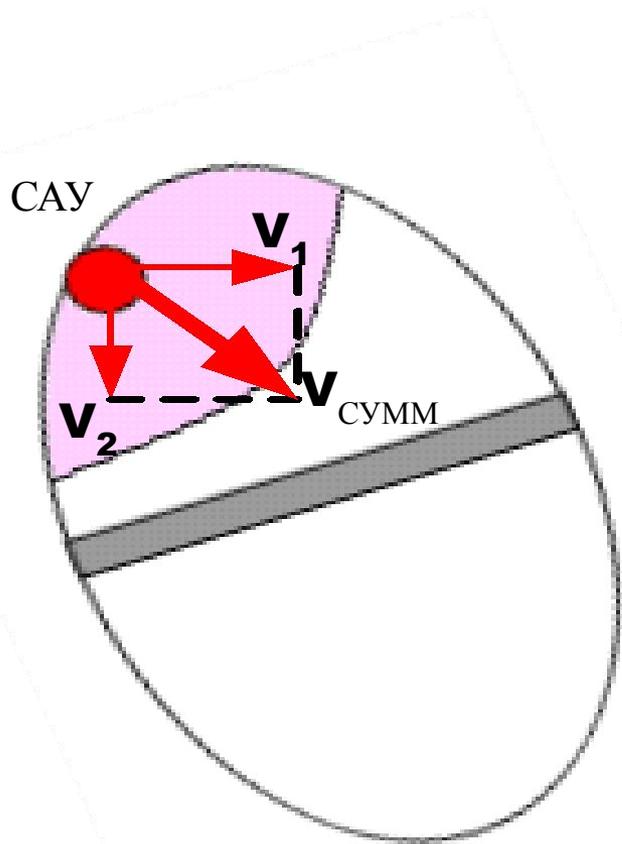
ЭЛЕКТРОГРАММА ОДНОГО МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА



5

Полный цикл возбуждения закончился.
Состояние покоя.

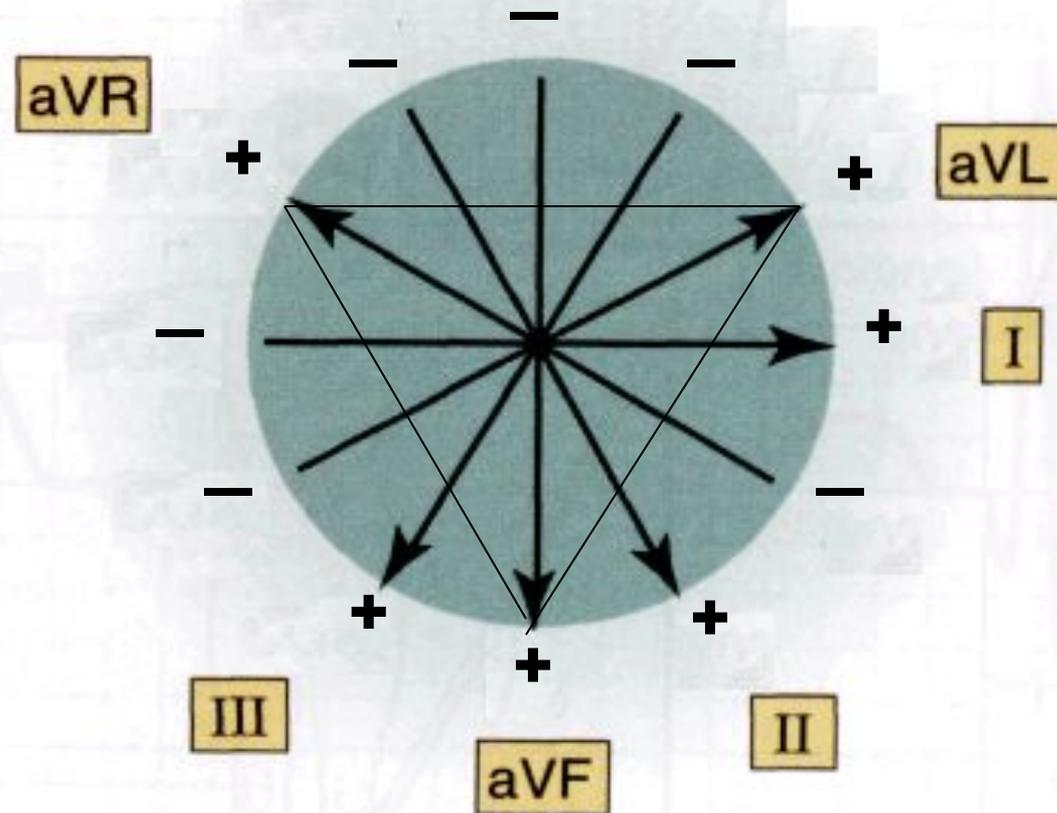
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРЕДСЕРДИЙ. ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЦА «Р» В СТАНДАРТНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ.



Амплитуда зубца Р на кривой ЭКГ пропорциональна длине проекции суммарного предсердного вектора на ось отведения

В стандартных отведениях зубец Р положительный, так как проекция вектора направлена к положительному полюсу оси отведения.

ШЕСТИОСЕВАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ для анализа ЭКГ в стандартных и усиленных отведениях от конечностей



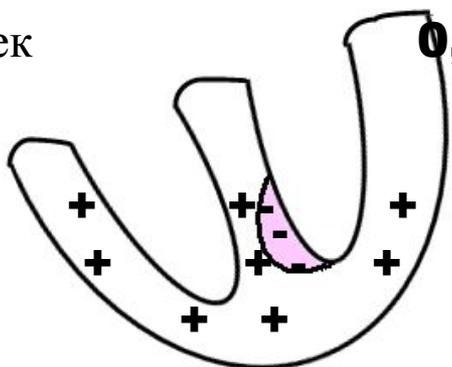
Оси данных отведений лежат во фронтальной плоскости.

ПОРЯДОК РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ В МИОКАРДЕ ЖЕЛУДОЧКОВ

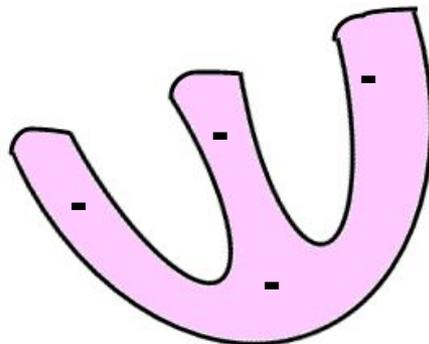
0,02 сек

0,08 сек

1



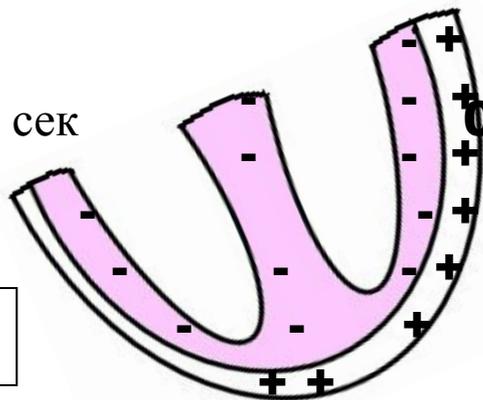
4



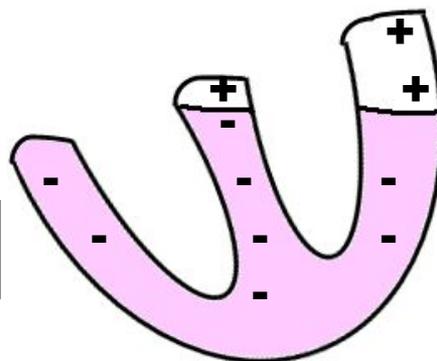
0,04 сек

0,06 сек

2



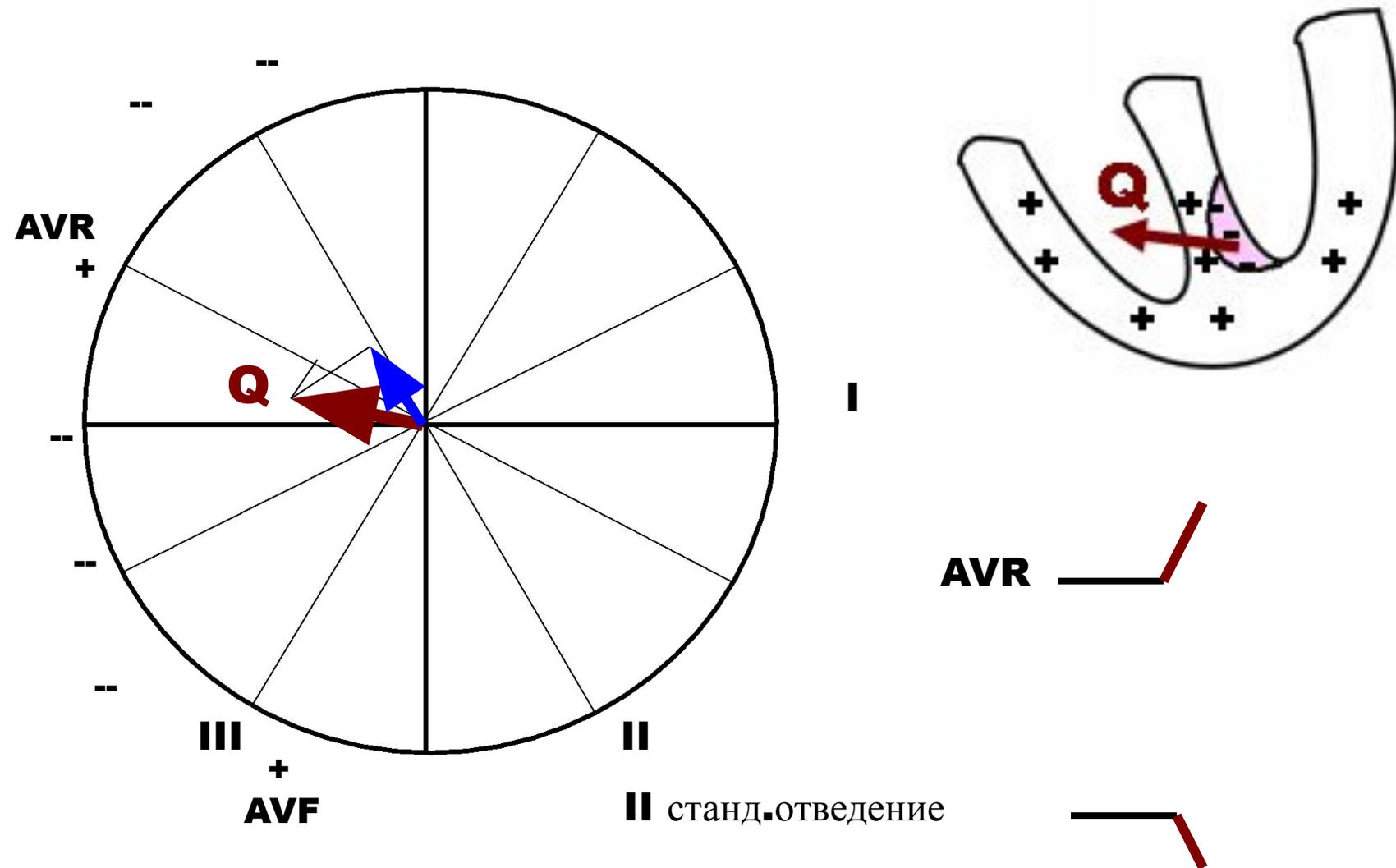
3



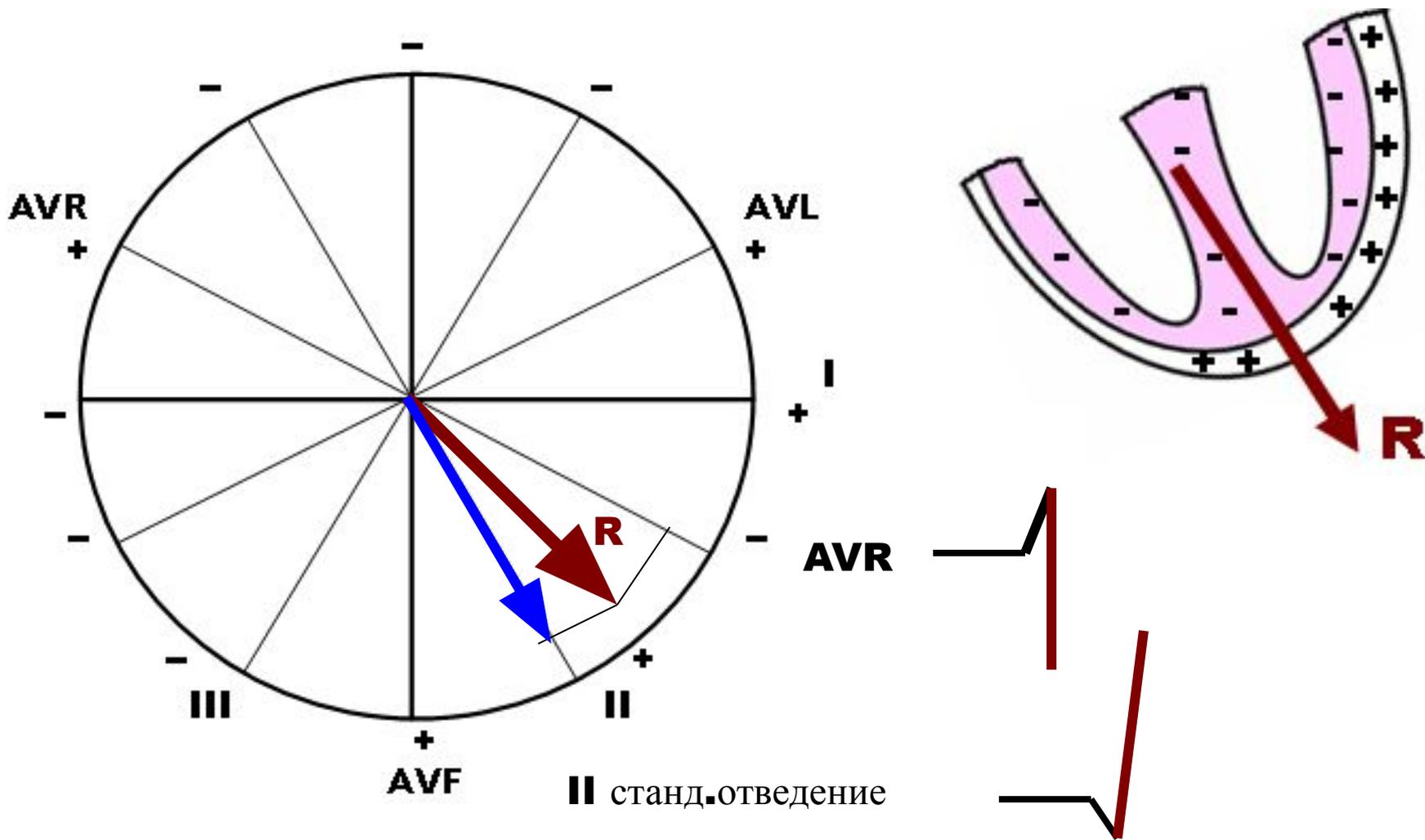
Волна деполяризации идёт от верушки к основанию желудочков, от эндокарда к эпикарду.

Последним возбуждается миокард в основании левого желудочка.

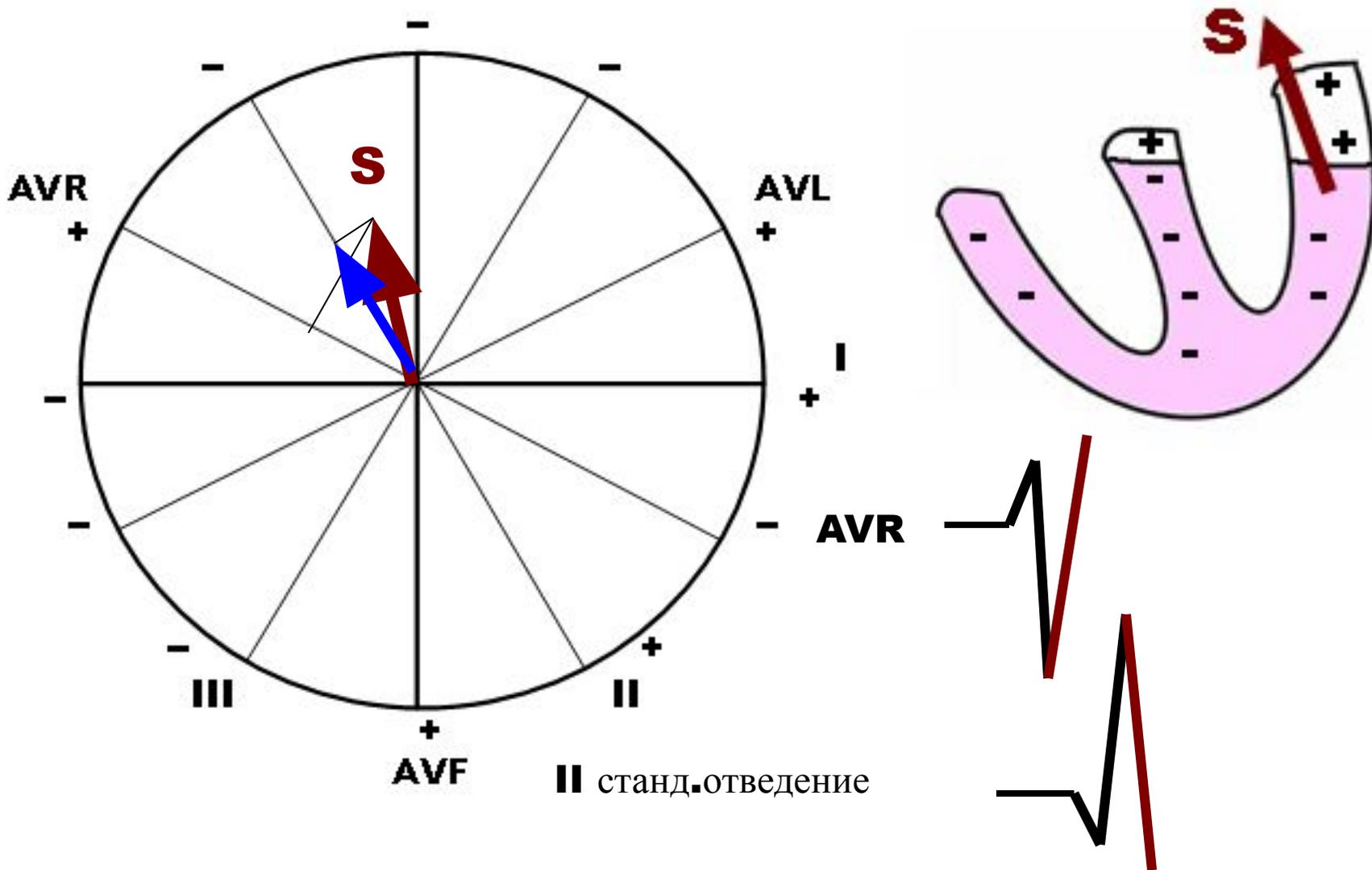
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ. ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЦА «Q» В СТАНДАРТНЫХ И УСИЛЕННЫХ ОТВЕДЕНИЯХ.



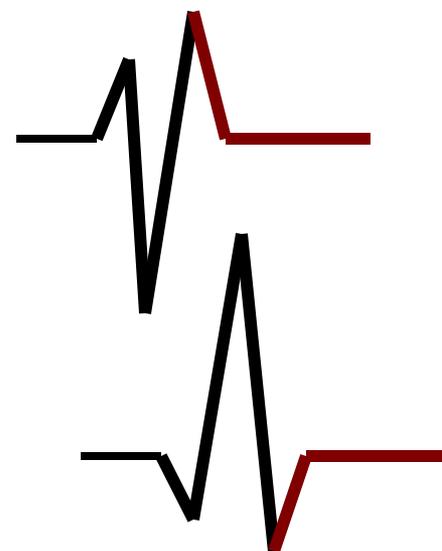
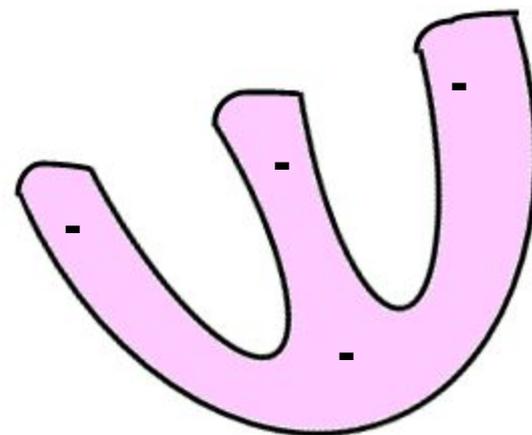
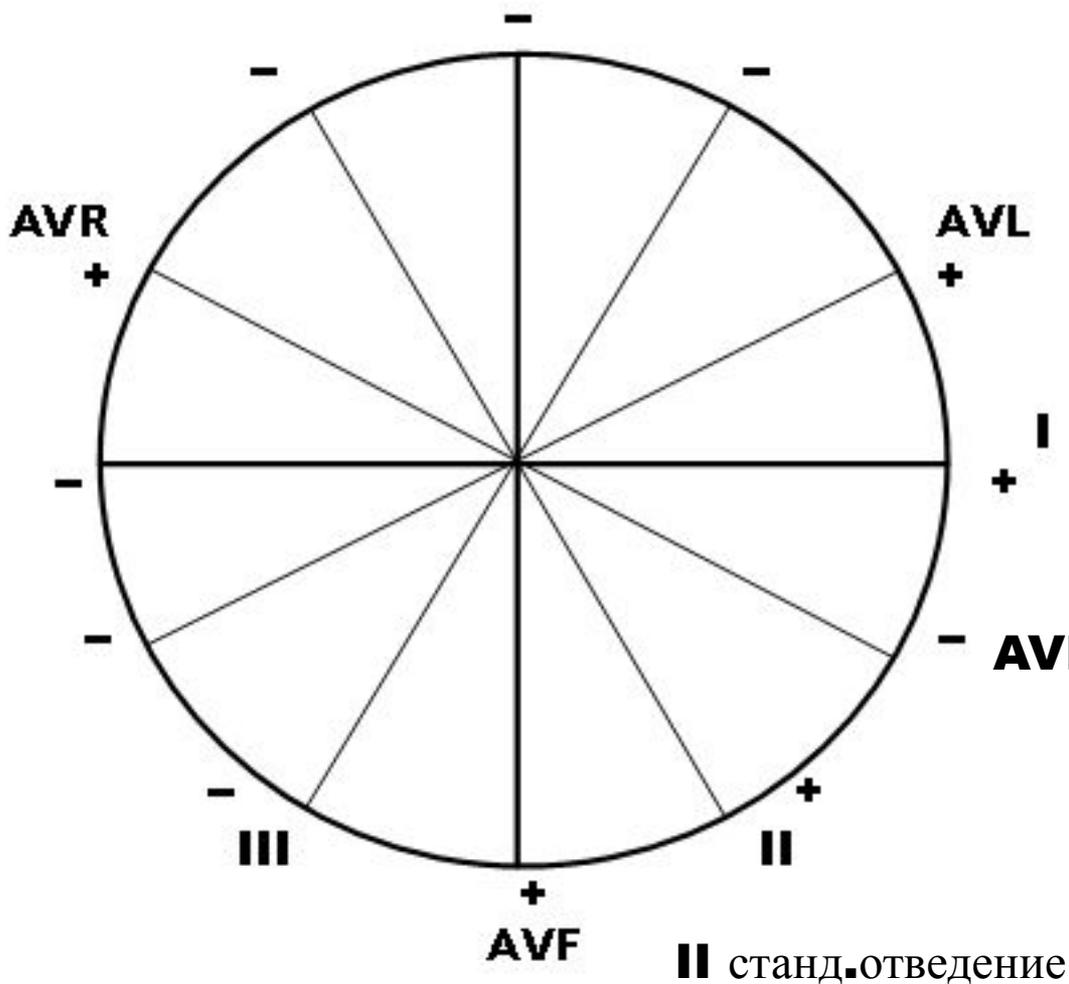
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ. ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЦА «R»



ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ. ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЦА «S»

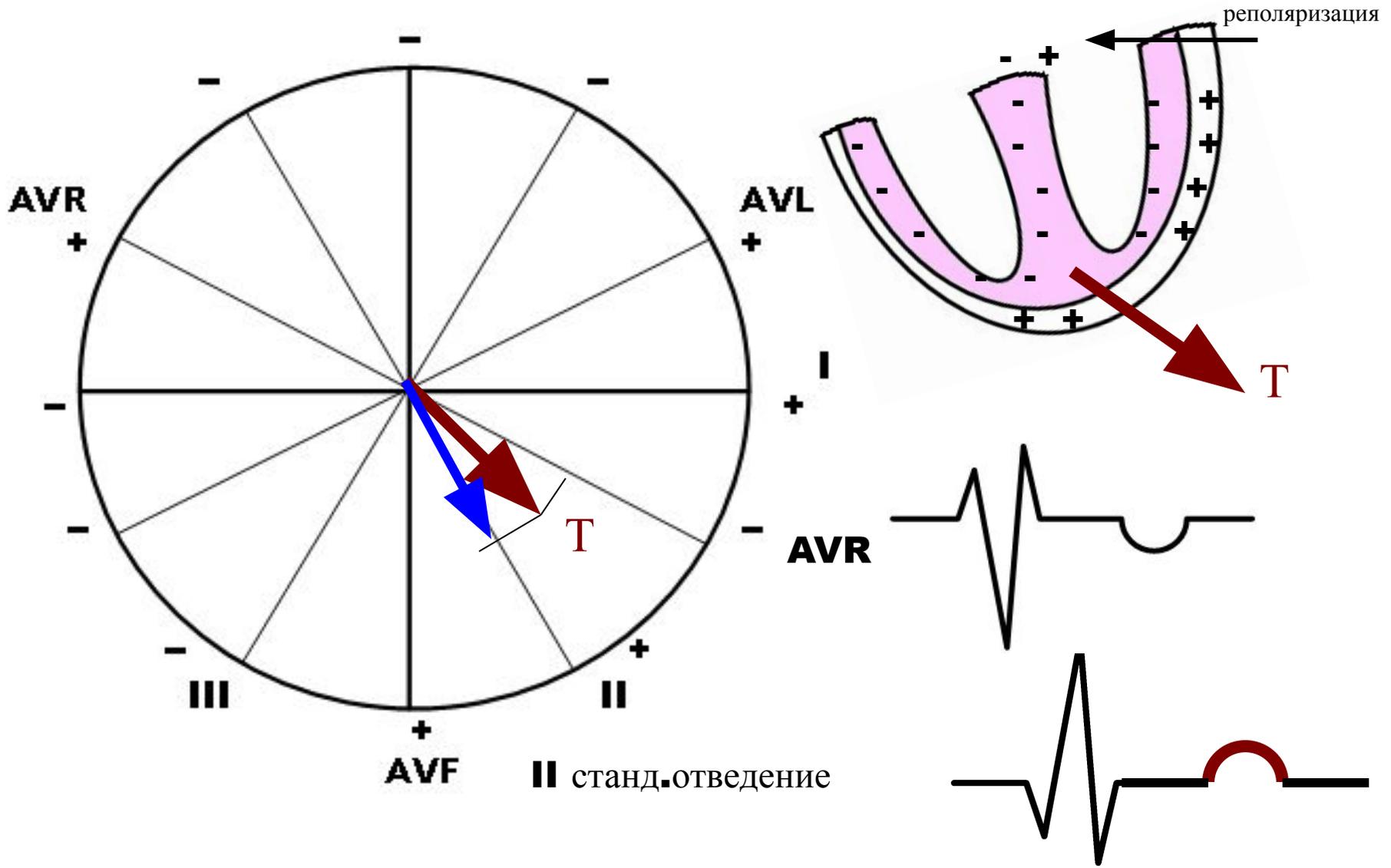


ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ. СЕГМЕНТ «ST»

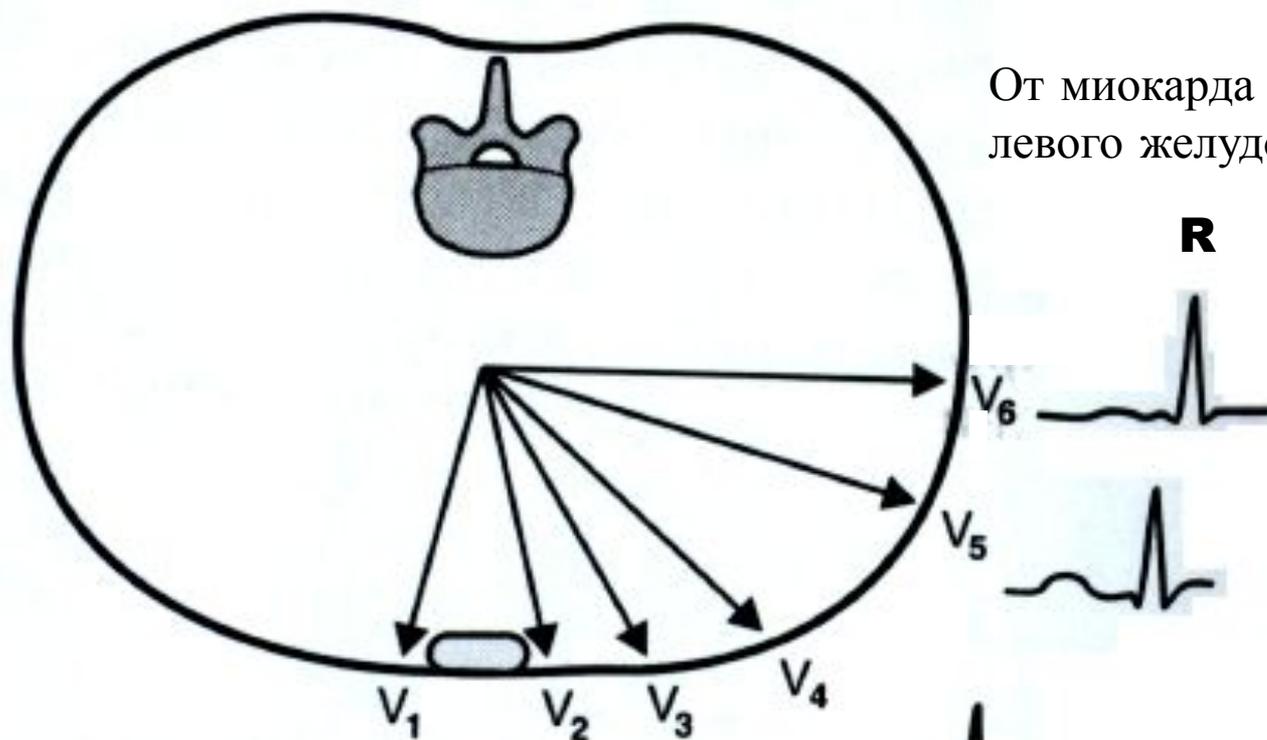


РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ: зубец «Т»

Волна реполяризации начинается во всех отделах левого и правого желудочков и движется от эпикарда к эндокарду



ОСИ ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЙ РАСПОЛОЖЕНЫ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ



От миокарда
левого желудочка

R

От миокарда
правого желудочка

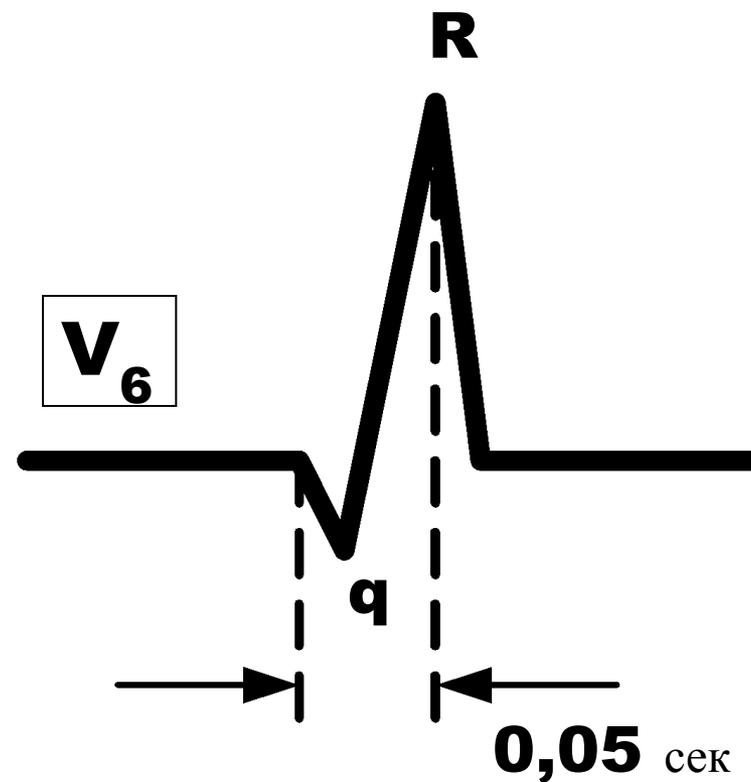
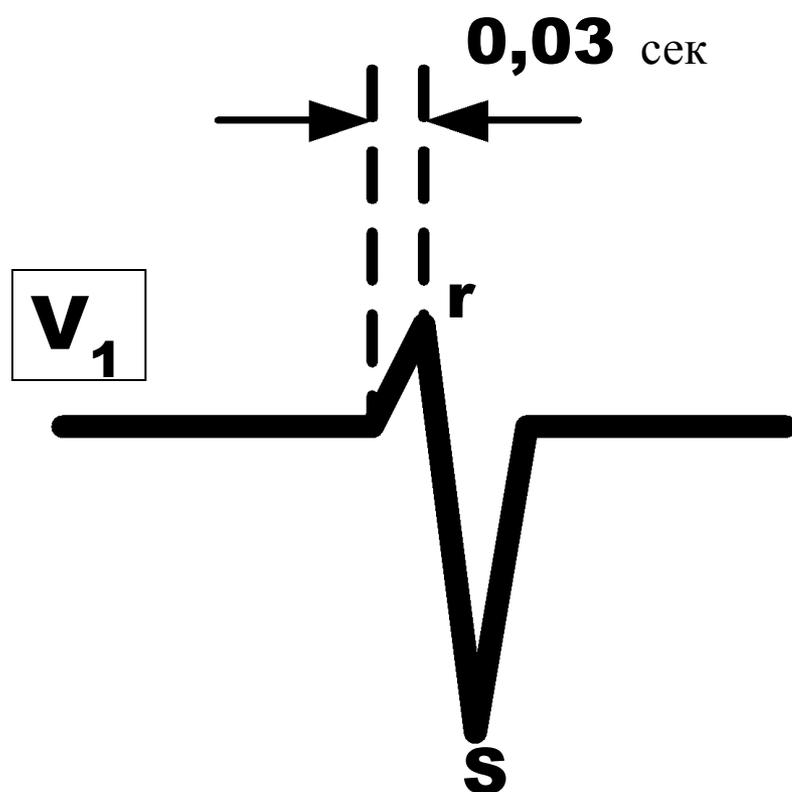
S

S = R

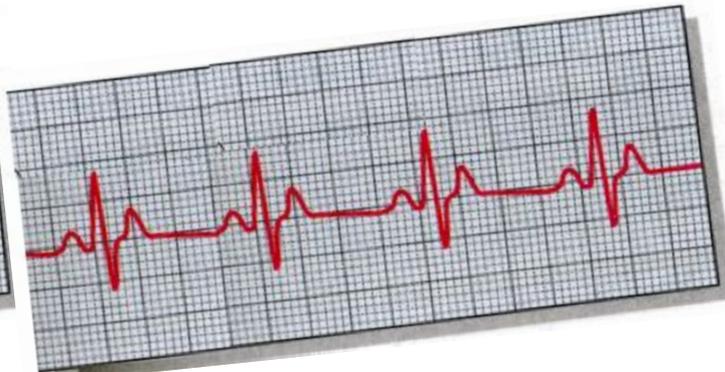
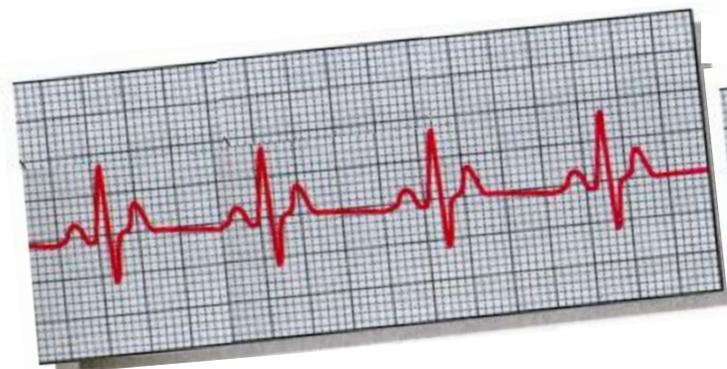
переходная зона (**V₂ - V₃**)

ИНТЕРВАЛ ВНУТРЕННЕГО ОТКЛОНЕНИЯ –

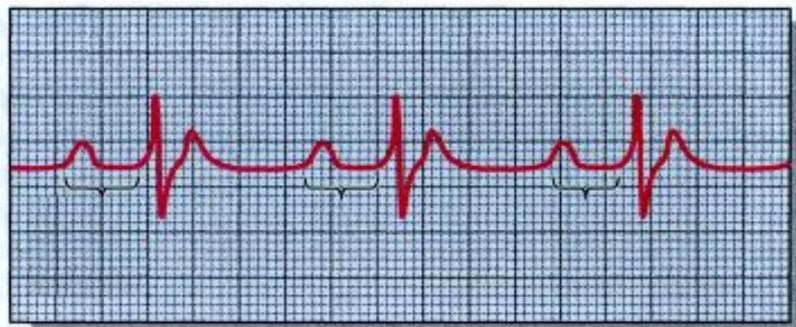
отражает время распространения возбуждения от эндокарда до эпикарда правого желудочка (V_1) и левого желудочка (V_6)



От начала желудочкового комплекса до пика зубца **R**

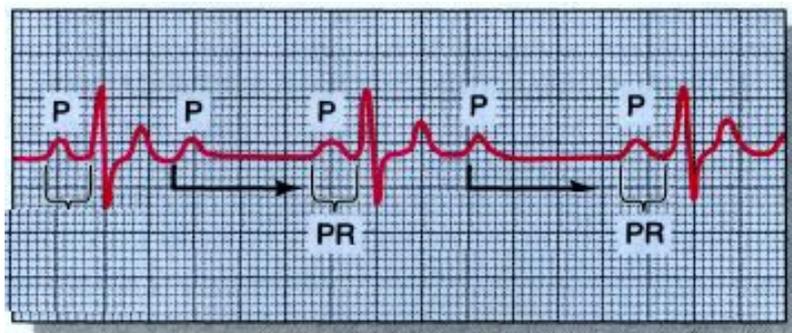


НОРМА

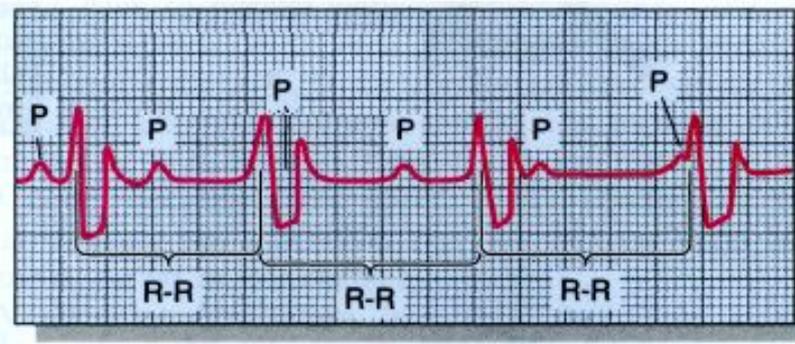


НАРУШЕНИЕ
АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО
ПРОВЕДЕНИЯ

1-ая степень А-В блокады –
удлинение интервала **PR**



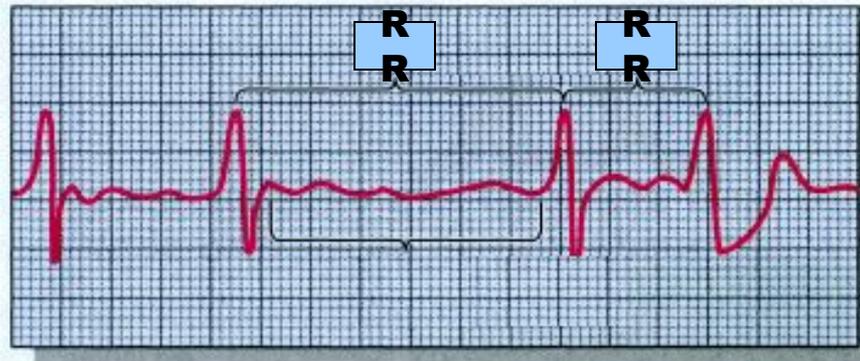
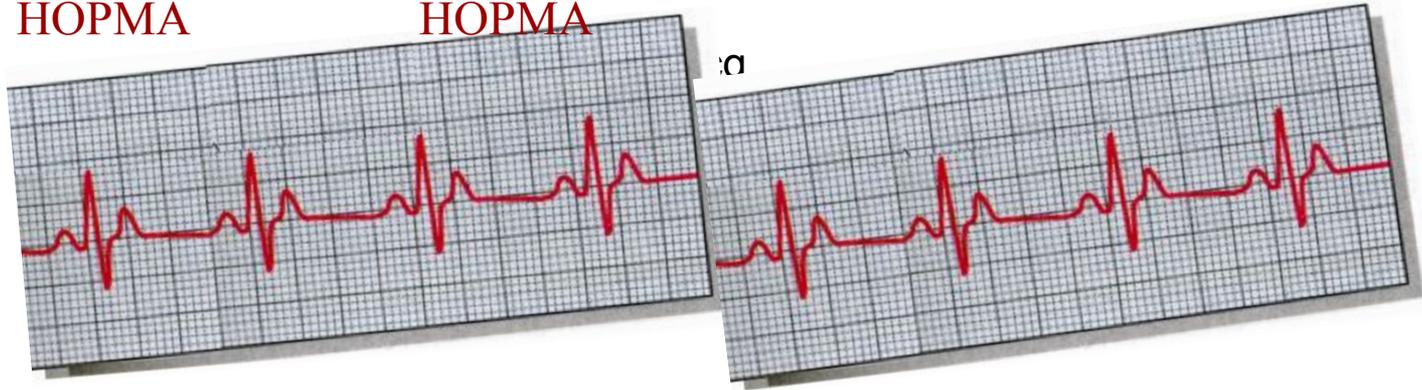
2-ая степень А-В блокады –
выпадение комплекса **QRS**



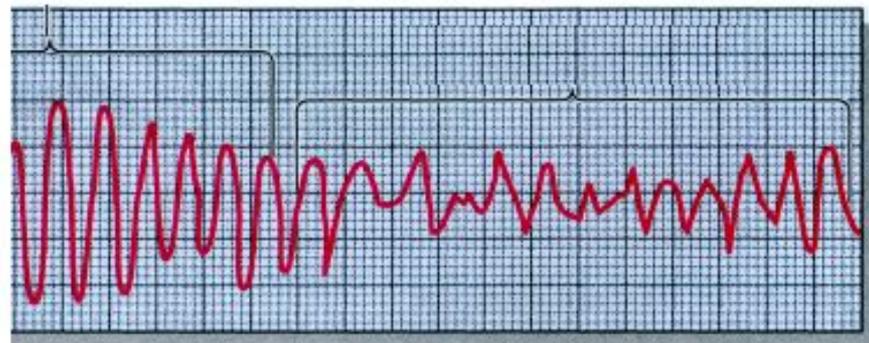
3-я степень – полная А-В блокада –
желудочки возбуждаются
независимо от предсердий

НОРМА

НОРМА



Фибрилляция предсердий



Желудочковая тахикардия, переходящая в фибрилляцию желудочков

КОНЕЦ