

Цель:ознакомить курсантов с современными электрофизиологическими основами ЭКГ и с различными системами съёмки ЭКГ.

ЭКГ – это графическая запись электропотенциалов сердца. Сердечная мышца обладает электропотенциалом. В сердечной мышце выделяют 2 вида клеток: кардиомиоциты и кардиоциты. Кардиоциты – это специфические клетки, которые обладают способностью генерировать и проводить импульсы. Они располагаются в центрах или водителях ритма.

Кардиомиоциты – это клетки обычные, клетки сократительного миокарда.

В состоянии покоя клетка **поляризована**. Во внутренней среде клетки в состоянии покоя или поляризации содержатся преимущественно ионы калия  $K$  и кальция. На наружной поверхности клеточной мембраны преимущественно преобладают ионы натрия  $Na^+$  и хлора  $Cl^-$

В результате в состоянии покоя клетка заряжена снаружи положительно, внутри – преобладает отрицательный заряд (отрицательный заряд внутри клетки отмечается за счет белковых элементов). Между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны создается разность потенциалов (60 – 90 мв), так называемый трансмембранный потенциал

Таким образом на движение и перемещение ионов влияют в основном два фактора:

- Электростатический;
- Концентрационный.

При этом суммарный потенциал всего сердца равен 0, и на ЭКГ регистрируется изолиния (нулевая линия).

При **возбуждении** открываются быстрые  $Na$  каналы и  $Na$  устремляется в клетку, ионы  $K$  наоборот выходят из клетки.

Внутри клетки преобладает положительный, а снаружи отрицательный потенциал, этот процесс деполяризации называется «0» фазой деполяризации (возбуждения).

- **I-ая** фаза потенциала действия определяется массивным входением в клетку ионов хлора (с отрицательным зарядом). В течение 1-ой и ранней стадии 2-ой фазы тока действия происходит массивное выведение из клетки  $\text{Na}$ .
- **II-ая** фаза или плато. В это время в клетки входят одновременно  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$ . Их положительный заряд продолжает нейтрализовать внутриклеточный отрицательный заряд. Этому способствует продолжающийся выход ионов  $\text{K}$ . Затем происходит плавное и нарастающее удаление ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$ , что способствует общему наклонному характеру плато, т.е. постепенному увеличению отрицательного внутриклеточного потенциала с помощью Натрий-Са зависимой АТФ-азы

□ Поступление  $\text{Ca}^{++}$  в клетку, нарастание внутриклеточного  $\text{Ca}^{++}$ . Запускает электро - механическое сопряжение, то есть переход электрической энергии, в механическую. Под воздействием  $\text{Ca}$  активизируются белки и сокращается миокард.  $\text{Ca}$  соединяется с тропонином С, что служит сигналом к мгновенному развитию цепи реакций, обуславливающих процесс сокращения

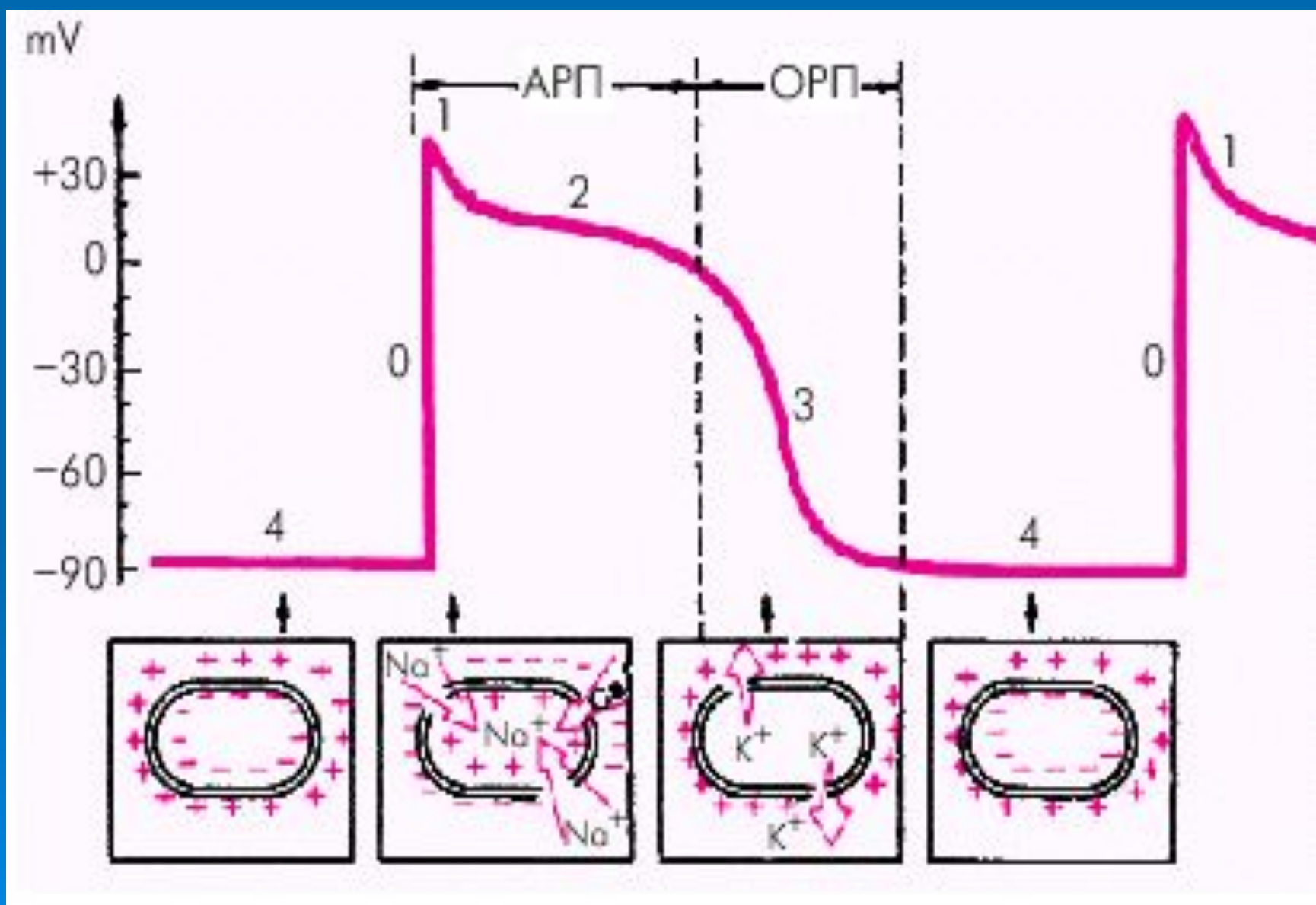
- **III фаза** - фаза реполяризации характеризуется входом «K<sup>+</sup>», закрываются Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> каналы. III фаза, более быстрая фаза реполяризации.
- **IV фаза** реполяризации – фаза. полного восстановления исходного состояния клетки (миокард находится в состоянии диастолы или покоя).

Таким образом, 4 фазы потенциала действия клеток проводящей системы и сократительного миокарда циклически повторяются, определяя процессы возбуждения и проведения импульса.

- Таким образом. 0 фаза ПД-это фаза быстрой деполяризации (возбуждения), характеризующийся **быстрым входом ионов  $Na^+$  и медленным выходом ионов  $K^+$ .**



# Трансмембранный потенциал действия (ТМПД)



□ **1 фаза - реполяризации** - образуется очень быстро в клетке проводящей системы и сократительного миокарда и исчезает надмембранный отрицательный потенциал т. к. в клетке исчезает быстрый реверсионный потенциал.

1 фаза характеризуется пассивным **входом  $Cl(-)$** , отрицательный заряд которого нейтрализует положительный реверсионный потенциал и образуется в клетке на короткое время отрицательный внутриклеточный потенциал

**В 1 фазе** и начале 2 фазы (плато) происходит **массивный выход  $Na+$**  т.е. быстрый натриевый выход сразу после достижения пика потенциала (вершины) кривой ПД.

- **2 фаза - фаза замедленного действия-плато (медленная деполяризация).** Одновременно **входят  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$**  (медленные натрий – кальциевые токи) их положительный заряд продолжают нейтрализовать внутриклеточный отрицательный потенциал. Этому способствует продолжающийся **выход  $\text{K}^+$ .**

Таким образом, **процесс деполяризации имеет 1 фазу- 0 –ую.**

- В конце 2 фазы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$  выходят из клетки (активное перемещение посредством Натрий-Са АТФазы)

□ **3 фаза** - конец пологого спуска на ПД-2 фаза переходит в 3 фазу это момент **полного восстановления внутриклеточного отрицательного потенциала**. Круто нарастающий отрицательный потенциал в этой фазе обусловлен 2 факторами:

- 1) **полным удалением вошедших ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$**  в течение 2 фазы;
- 2) **массивным входением ионов  $\text{K}^+$  из среды** с помощью калиевого насоса (Натрий К АТФазы).

**3 фаза - это фаза быстрой реполяризации - восстановления отрицательного внутриклеточного потенциала.**

**4 фаза** - это фаза полного восстановления потенциала покоя - **диастолический период**.

В клетках основных водителей ритма в течение 4 фазы происходит постепенное уменьшение потенциала покоя. Это **спонтанная диастолическая деполяризация**, обусловленная выходом из клеток некоторого количества  $K^+$ .

Понижение потенциала покоя в течение 4 фазы приводит к появлению быстрой деполяризации, вызванной массивным входением в клетку  $Na^+$ , как только спонтанная деполяризация достигнет уровня от 30 до 35 мВ. Так осуществляется самостоятельное образование импульсов в клетках основных водителей ритма, т.е. **функция автоматизма**.

Приоритет того или другого центра автоматизма находится в прямой зависимости от скорости развития **спонтанной деполяризации**, что является свойством клеток, составляющих этот центр

**Функция автоматизма** находится под регулирующим влиянием обоих отделов вегетативной нервной системы (ВНС). При этом:

- 1) **Холинергическая система** оказывает на клетки обоих основных узлов автоматизма **адаптационно - трофическое** влияние;
- 2) Влияние **адренергической системы** на клетки основных водителей ритма сердца имеет противоположный описанному характер. При этом уровень потенциала покоя в указанных клетках уменьшается, что приводит к более быстрому достижению пороговой величины, за которой следует **быстрая деполяризация**. Адренергическое воздействие не только **учащает** деятельность сердца, но и **усиливает сократительный процесс**.

Таким образом, перемещение  $\text{Na}^+$  в следующем:

- в 0 фазу - массивный и быстрый натриевый ток в клетку;
- в 1 фазу и в начале 2 фазы быстрый и массивный выход  $\text{Na}^+$  из клетки. Во 2 фазу медленное вхождение  $\text{Na}^+$  в клетку (одновременно с  $\text{Ca}^{++}$ );
- в 3 фазу – выход из клетки  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$  (полное удаление вошедших во 2 фазу в клетку  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{++}$ )

Перемещение  $\text{K}^+$ : В 0,1 и 2 фазы  $\text{K}^+$  выходит из клетки и в 3 фазу входит в клетку



# Рефрактерность

- Начало ПД характеризуется невозбудимостью к новому импульсу. Это рефрактерность. Она делится на:

1) абсолютную

2) относительную

- **Абсолютная рефрактерность (АР)** начинается с момента быстрого вхождения натрия в клетку т.е. от 0 фазы деполяризации и кончается 2-ой фазой реполяризации.

**Относительная рефрактерность (ОР) соответствует 3 фазе ПД - т.е. фазе реполяризации.**

- Если во время АР возбуждение клетки не может быть вызвано никакими воздействиями, то в течение фазы ОР деполяризацию (возбуждение) удастся получить путем приложения очень сильного раздражения
- В конце процесса реполяризации и следовательно, после окончания фазы ОР понижается порог возбудимости (фаза экзальтации) повышенной, супернормальной возбудимости (**уязвимый, опасный период**). Этот период соответствует на ЭКГ концу зубца Т и началу зубца U Именно в это время часто образуются экстрасистолы.

# Основные свойства проводящей системы

1. Автоматизм
2. Возбудимость
3. Проводимость
4. Рефрактерность



# Автоматизм

- свойство генерировать т. е. создавать импульсы.

В клетках основных водителей ритма сердца идет постепенное уменьшение потенциала покоя – т.е. происходит спонтанная диастолическая деполяризация (возбуждение) - к концу 4 фазы. Это обусловлено выходом некоторого количества ионов  $K^+$ .

Снижение внутриклеточного отрицательного потенциала покоя достигнет порогового потенциала до нулевого значения и появление положительного внутриклеточного потенциала за счет массивного входа ионов  $Na^+$  - открываются быстрые натриевые каналы - это уже 0 фаза потенциала действия. Так осуществляется самостоятельное образование (генерирование) импульса в клетках основных водителей ритма - это и есть функция автоматизма.

Уровень автоматизма центров водителей ритма зависит от скорости развития спонтанной диастолической деполяризации. (СДД)

**В нормальных условиях первым центром автоматизма является синусовый узел (СУ), за которым следует А-В узел, в убывающей степени дальше идут клетки пучка Гиса, его ножек и разветвлений и, наконец, клетки волокон Пуркинье**



# Свойство возбудимости

**т.е. воспринимать импульс или  
приходить в состояние возбуждения.**

Это процессы деполяризации, когда клетка из состояния покоя переходит в 0 фазу, а затем в 1 и 2 фазы потенциала действия, постепенно утрачивая отрицательный внутриклеточный потенциал. Клетка приобретает положительный заряд за счет ионного обмена.

# Проводимость

**-свойство проводить импульсы.**

Все клетки проводящей системы обладают свойством проведения импульса.

1) Проведение импульса или возбуждения происходит как по цепной реакции от одной соседней клетки к другой. Такой механизм передачи импульсов безмедиаторный. Передача импульсов в них осуществляется очень быстро, причем с одинаковой скоростью как в орто-, так и в ретроградном направлении.

**Второй механизм передачи - медиаторный:**  
ацетилхолин с вагусной и норадреналин с нервных окончаний симпатической нервной системы. Таким образом осуществляется холинергическое и адренергическое влияние ВНС на проводящую систему и сократительную систему сердца.

**Синусовый узел состоит из 2-х видов клеток:** Р клетки (пейсмекерные) генерируют импульсы, обладают высокой степенью автоматизма и

**3) Т-клетки (транспортные),** основной функцией которых является передача (транспорт) импульсов. Затем импульсы распространяются по предсердиям по так называемым межузловым путям: переднему (Бахмана), среднему (Венкебаха) и заднему (Тореля)

**Клетки А-В узла** также состоят из 2-х видов клеток: типа Р и Т-клеток. Клетки А-В узла по своим физиологическим свойствам оказываются неоднородными. Здесь импульсы распространяются с декрементом, т.е. с затуханием скорости прохождения возбуждения.



**3-ий механизм передачи импульса- установлено наличие (кроме электрического и энзимохимического) смешанного синапса. (Шаповалов А. М., 1979)**

- Торможение электротонической передачи в этом смешанном синапсе осуществляется одновременным медиаторным воздействием, что ведет к блокаде проведения возбуждения по электрическому синапсу; при этом импульс направляется в сторону - к соседним клеткам (обходное движение импульса).
- Таким образом был установлен феномен Re-entry. Этот механизм может обусловить появление фибрилляции, блокады, экстрасистол.

## 4 свойство проводящей системы -рефрактерность.

Клетки проводящей системы оказываются невосприимчивыми к возбуждению - это и есть состояние рефрактерности, что соответствует фазе деполяризации ПД (0 фаза), 1 и 2 фазам реполяризации. В этот период клетка абсолютно рефрактерна, т.е. ни один импульс не может быть воспринят клетками. На ЭКГ этот период соответствует комплексу QRS и сегменту ST.

За ним следует период относительной рефрактерности. На ЭКГ период относительной рефрактерности соответствует фазе реполяризации (3 фаза ПД) или зубцу T.

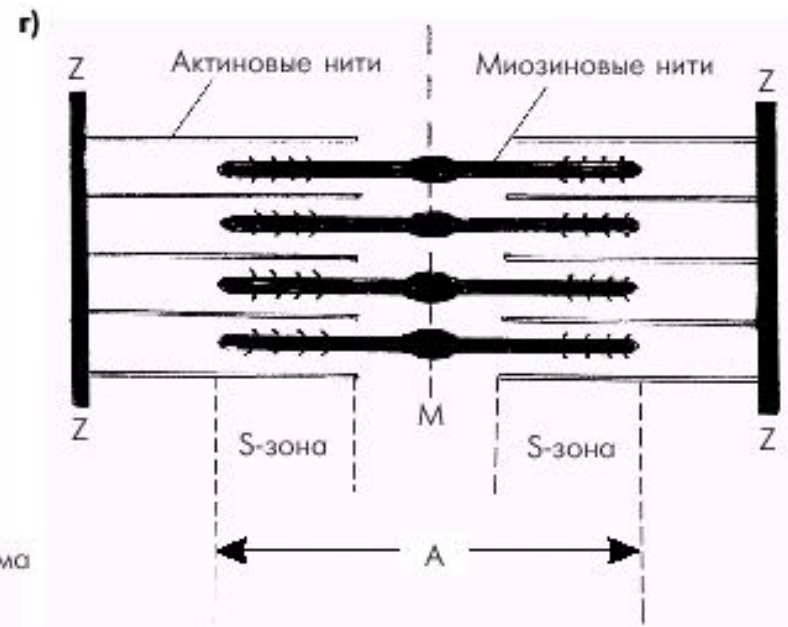
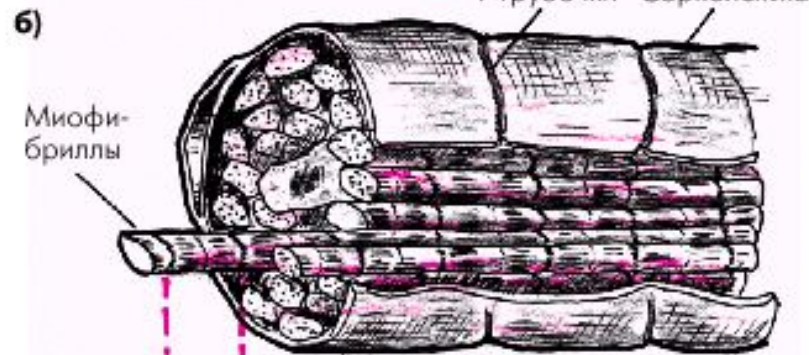
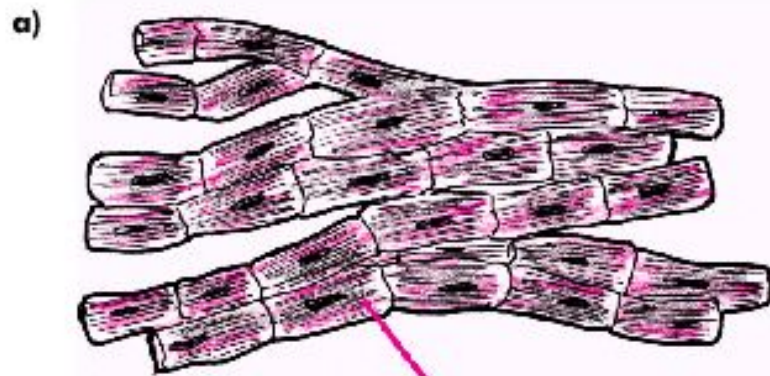
# Процесс сокращения миокарда. Электромеханическая связь

**Сокращение** миокардиальных клеток начинается через короткое время после возбуждения.

**Сокращение** точнее скольжение нитей актина относительно миозиновых нитей начинается при повышении концентрации  $Ca$  в цитоплазме клетки. Вначале происходит:

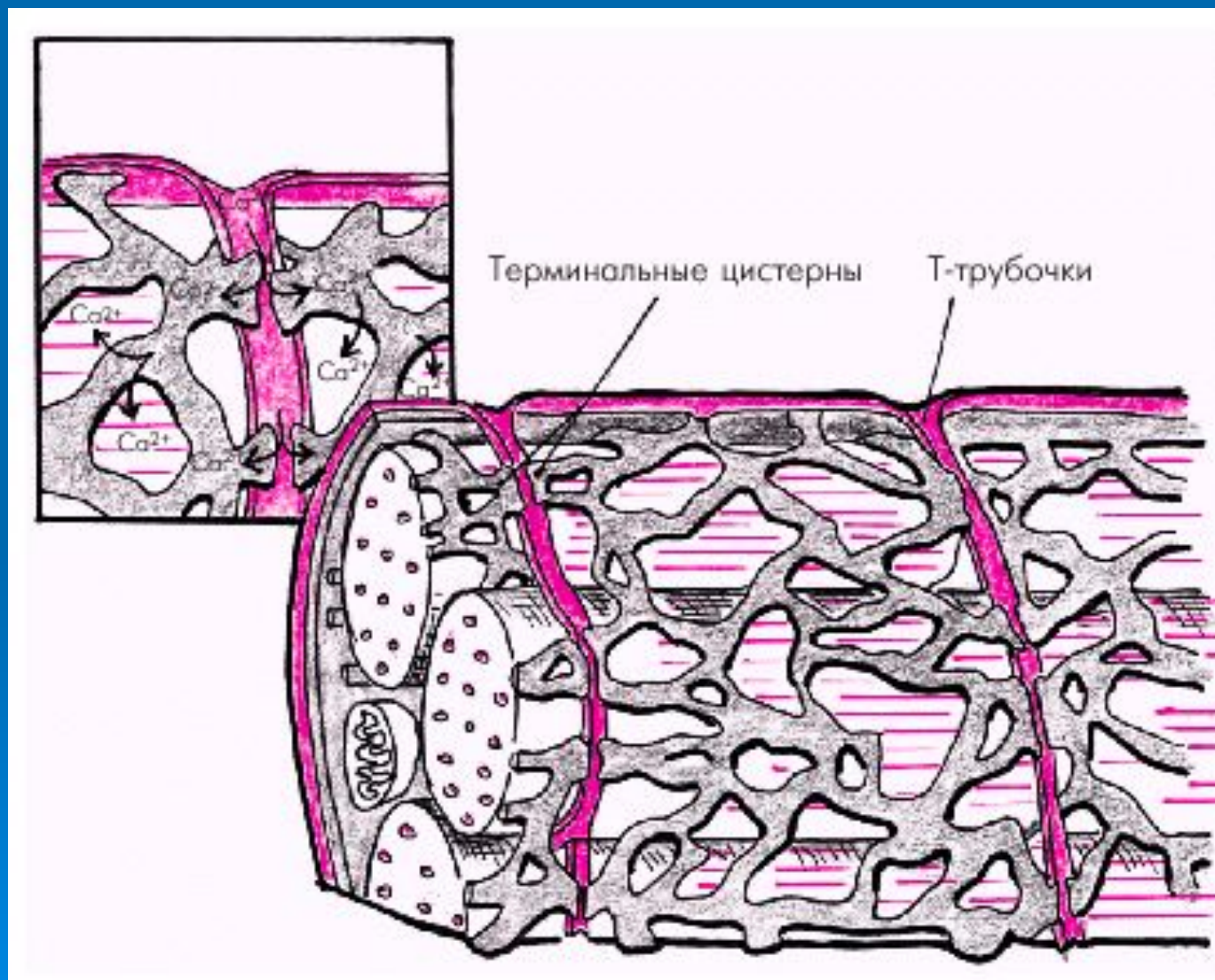
- 1) присоединение  $Ca$  к тропонину  $C$  и образуется комплекс в виде **Тропонин  $C - Ca^{++}$** ;
- 2) Образовавшийся комплекс Тропонин  $C - Ca^{++}$ :
  - снимает торможение тропонина 1 на аденозинтрифосфорную активность головок меромиозина;
  - активирует связь тропонина  $Tc$  тропомиозином.

# Строение кардиомиоцита

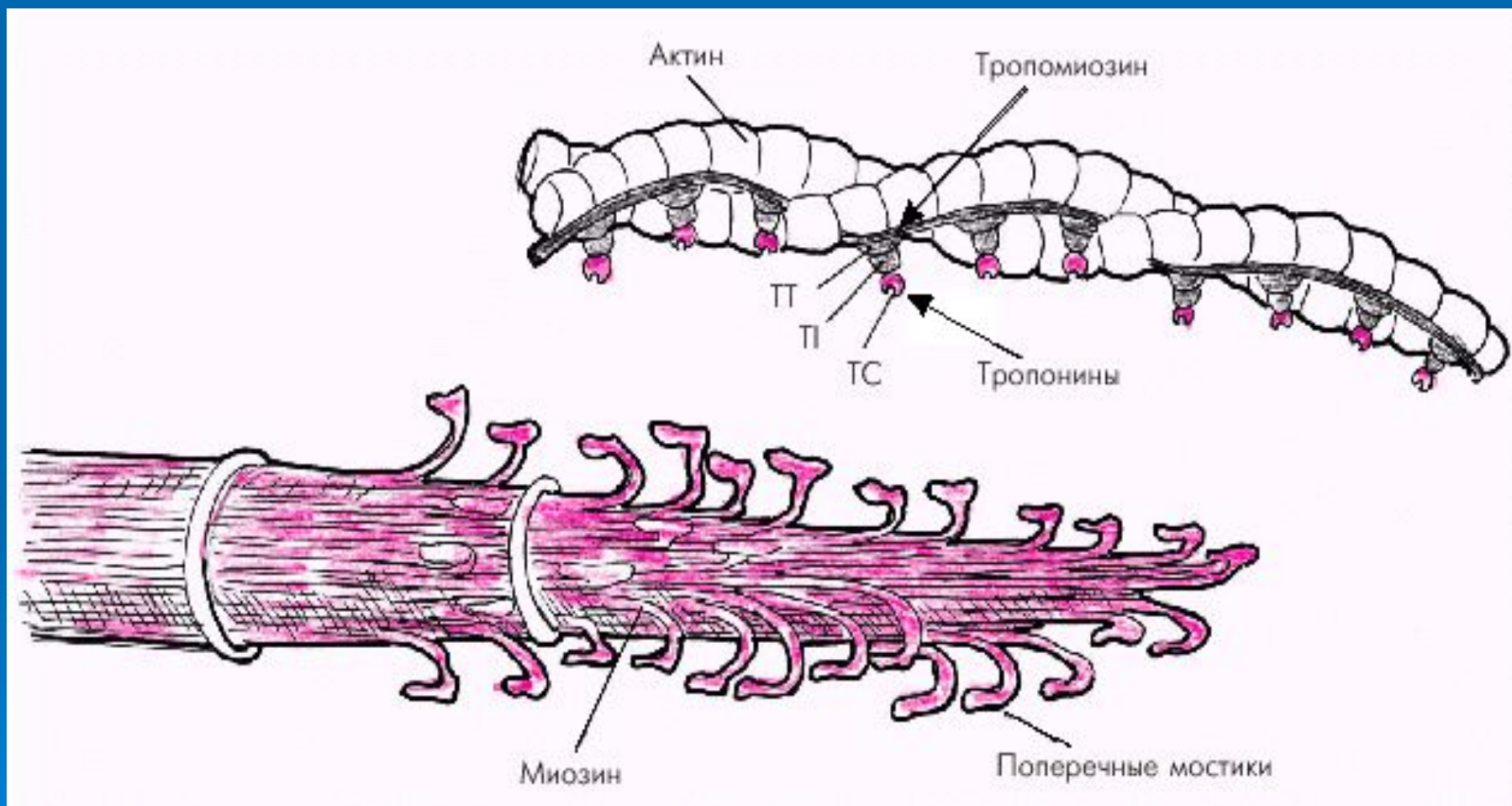


# Саркоплазматический ретикулум и перемещение ионов

## $\text{Ca}^{2+}$ во время сокращения кардиомиоцита

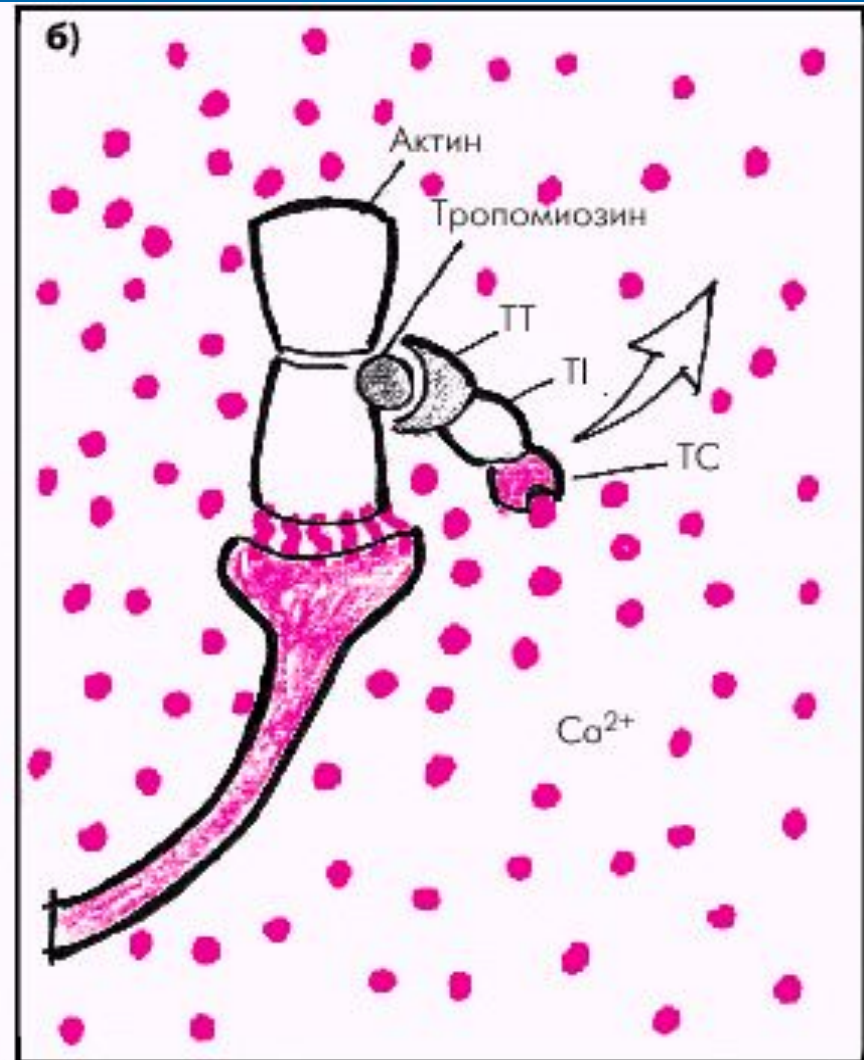
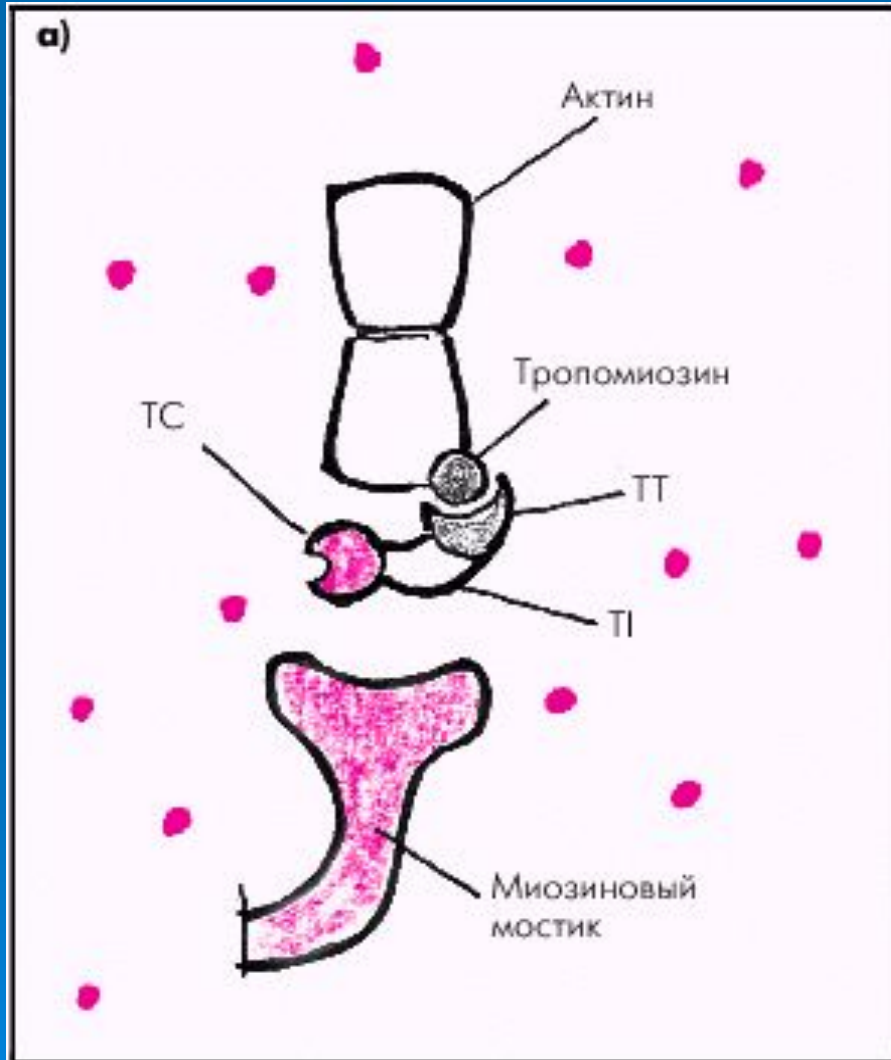


**Структура тонких (актиновых) и толстых (миозиновых) нитей саркомера. ТС, ТТ и ТІ — тропонины**

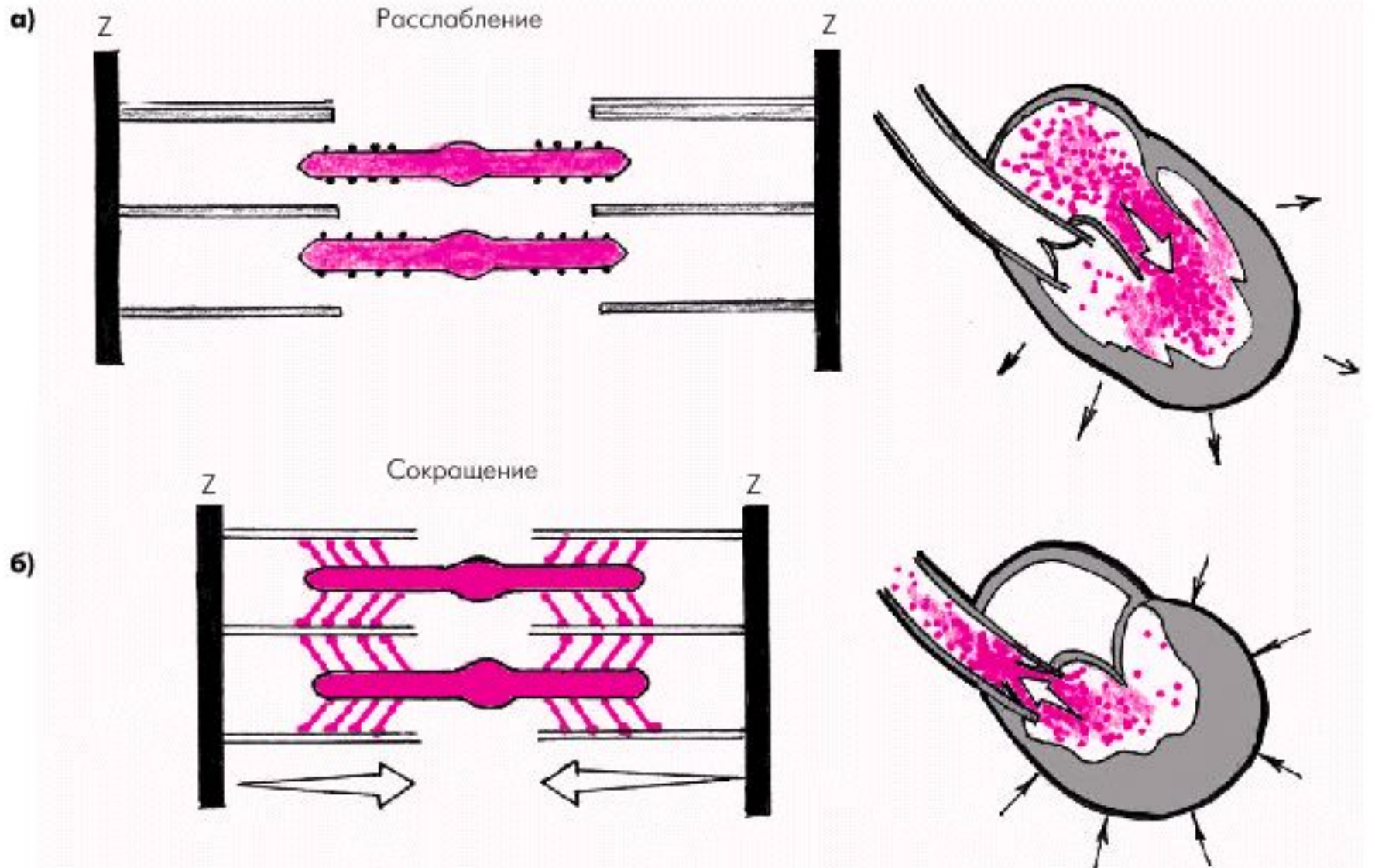


# Функционирование тропомиозин–тропонинового комплекса во время расслабления (а) и сокращения (б).

Кружочками обозначены  $Ca^{2+}$ ; ТС, ТТ и ТI — тропонины С, Т и I



# Взаимное расположение тонких и толстых нитей саркомера во время расслабления (а) и сокращения (б)





# Нервная регуляция функций миокардиальных клеток

Между клетками проводящей системы и контактирующими с ними клетками сократительного миокарда обнаружены структуры характерные для нервно - мышечных синапсов с медиатороной передачей возбуждения.

Сущность электротонического воздействия заключается в том, что приложенный с внешней стороны мембраны определенный потенциал (положительный или отрицательный) оказывает на потенциал клетки или нервного волокна противоположное по знаку влияние.

# Роль адренергической системы

В сердце имеет место мощное разветвление симпатической системы. Значение такой иннервации миокарда заключается в оптимизации внутриклеточных биохимических процессов и в регуляции силы сокращения т.е. в адаптационно-трофическом влиянии.

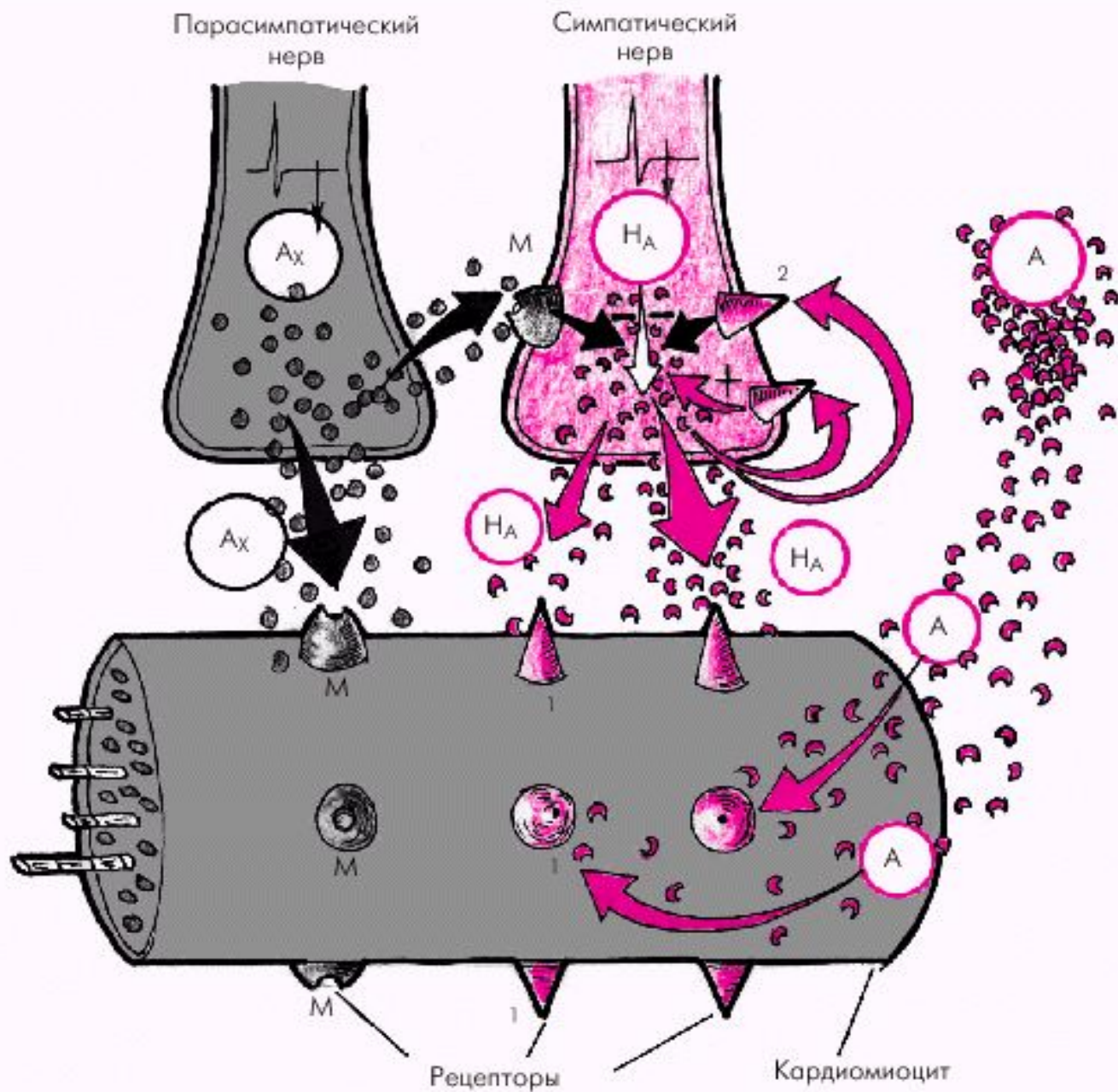
Наряду с влиянием на обмен веществ в миокардиальных клетках, **адренергическая система увеличивает поток Са в эти клетки во 2 фазе ПД, что усиливает сокращение.**

**Адренергическая система в клетках СУ понижает мембранный потенциал (гипополяризация), в результате возникает тахикардия.**

# **Холинергическая иннервация миокардиальных клеток**

Холинергический эффект заключается в:

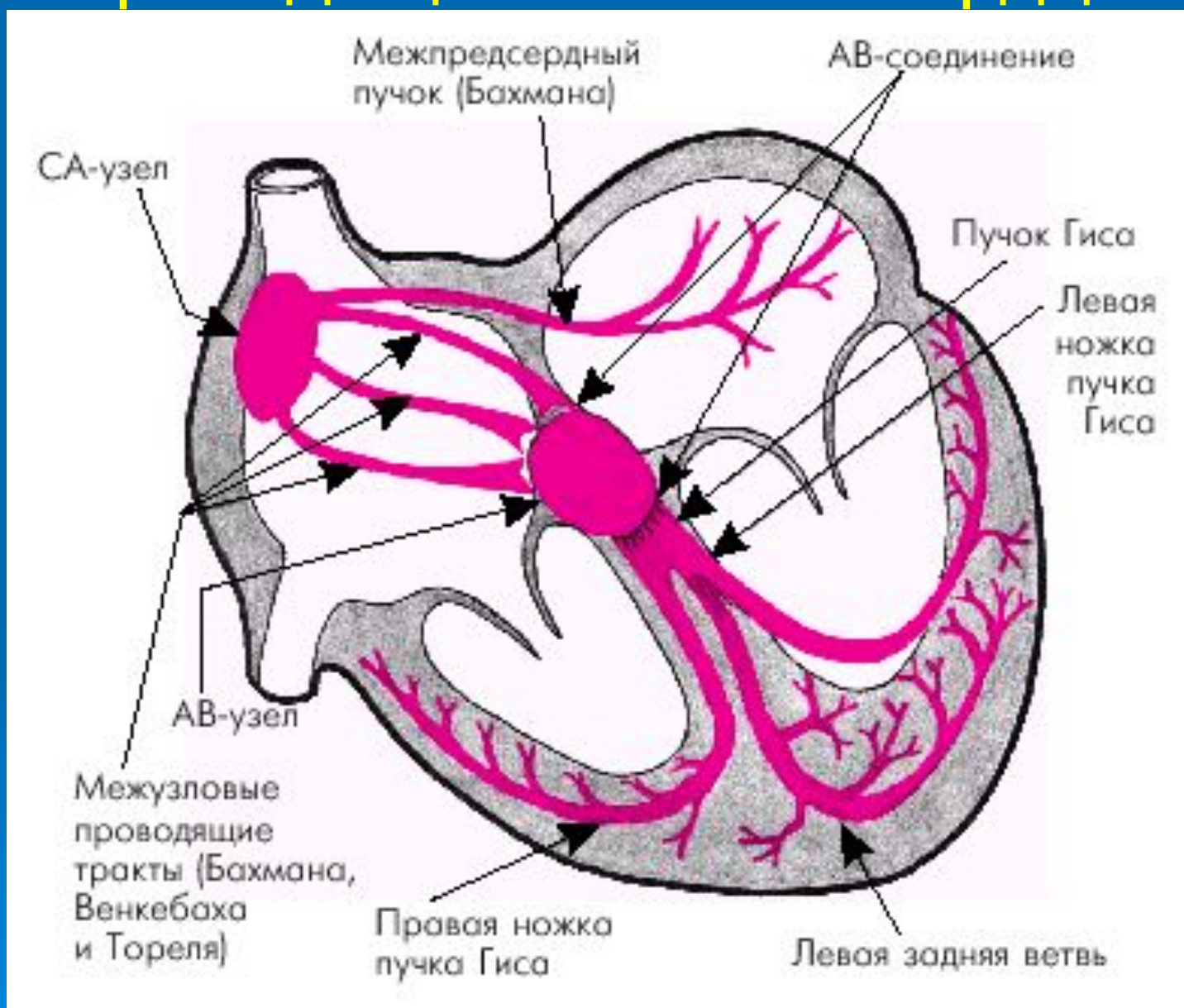
- 1) улучшении трофики клеток данной системы;**
- 2) центрогенная установка минимального количества возбуждений и сокращений сердца, которое обеспечивает в данной конкретной обстановке экономично выполняемую кардиогемодинамику т. е. адаптивное влияние.**



Цель: ознакомить курсантов с элементами нормальной ЭКГ, векторным анализом.

- Проводящая система сердца- это специализированная ткань, способная генерировать и проводить импульсы.
- Кардиоциты бывают 2-х типов: Р клетки (пейсмекерные), создающие импульс.
- Т-клетки, проводящие импульс. В центрах автоматизма содержатся в основном Р-клетки.
- Проводящая система состоит:
  1. **Синусовый узел (SV)**- это центр автоматизма первого порядка, располагается в верхнем отделе правого предсердия у устья верхней поллой вены.

# Проводящая система сердца



□ **2. Межузловые пути:** всего их –3, они идут по предсердиям:

а) передний путь или путь Бахмана

б) средний путь или путь Венкебаха

в) задний путь (Тореля).

Эти пути соединяют СУ с А-В узлом.

□ **3. Атрио-вентрикулярный узел** - это водитель второго порядка, располагается в нижнем отделе правого предсердия между межпредсердной и межжелудочковой перегородками. А-В узел уступает по своей активности SV, его потенциал меньше, и может создавать импульсы с частотой 50-60 в 1 мин.

□ **4. Пучок Гиса** - это короткий путь, являющийся продолжением А-В узла, располагается на межжелудочковой перегородке. Пучок Гиса и ножки пучка Гиса называют водителями ритма III порядка. Пучок Гиса обладает меньшим потенциалом и создает импульсы 40-50 в мин

## 5. Ножки пучка Гиса.

Это разветвления, которые идут от пучка Гиса соответственно к желудочкам: правая ножка идет и разветвляется в правом желудочке, а левая ножка идет по межжелудочковой перегородке и разветвляется в левом желудочке на 2 ветви: передне-верхнюю и задне-нижнюю. Потенциал ножек пучка Гиса незначительный, поэтому импульсы создаются с частотой 30-40 в мин.

6. **Волокна Пуркинье** —это конечный участок проводящей системы, микроскопические образования, соединяющиеся с сократительным миокардом. Это водители ритма III порядка и создают импульсы с частотой 20-30-40 в минуту



# Формирование ЭКГ

- Появление зубцов и комплексов на ЭКГ обусловлено **возбуждением** миокарда.
- **Комплекс QRS** регистрируется за счет процесса деполяризации («О» фаза). Сегмент ST (или нулевая линия) регистрируется когда все клетки находятся в состоянии **возбуждения - полная деполяризация**
- Процессы реполяризации на ЭКГ отражаются сегментом ST и з.Т.
- Процесс реполяризации имеет **обратное направление** - от эпикарда к эндокарду.
- Когда все клетки восстановлены т.е. имеют исходный положительный заряд, разность потенциалов между различными отделами миокарда исчезает, и **на ЭКГ вновь регистрируется изолиния.**

- Процессы возбуждения начинаются с левой половины межжелудочковой перегородки. по левой ножке п. Гиса.
- Клетки миокарда этой области перегородки приобретают отрицательный (-) заряд, в то время как клетки правой половины МЖП остаются в состоянии покоя с положительным (+) зарядом. Возникает разность потенциалов, вектор которого направлен **слева – направо** - с отрицательного полюса к положительному.

На электроде V1 регистрируется «+» потенциал то есть появляется восходящее колено зубца r. В отведении V6 регистрируется (-) потенциал то есть зубец Q. Возбуждение правой половины МЖП наступает быстро и нивелирует разность потенциалов, и на ЭКГ вновь достигается изолиния, поэтому в отведении V1 регистрируется малой амплитуды зубец r, а в отведении V6-малой амплитуды зубец Q.

## II стадия возбуждения желудочков

- Процесс возбуждения распространяется от эндокарда к эпикарду. Сначала возбуждение идет в эндокардиальных слоях, а затем в эпикардиальных слоях миокарда, вновь появляется разность потенциалов. Вектор разности потенциалов левого желудочка (ЛЖ) имеет направление справа налево, разность потенциала правого желудочка (ПЖ) имеет обратное направление - слева направо.
- Возбуждение П.Ж. несколько опережает возбуждение Л.Ж., поэтому вначале преобладает потенциал П.Ж., поэтому на ЭКГ в отведении V1 нарастает амплитуда зубца R. Однако суммарный вектор направлен в сторону превалирующего потенциала.

С III фазы реполяризации – это относительный рефрактерный период. В этот период клетки миокарда рефрактерны т е невосприимчивы к дополнительным импульсам но могут ответить на отдельные дополнительные импульсы, потенциал которых превышает основной потенциал. В конце 3 фазы реполяризации (что соответствует нисходящему колену зубца Т) **отмечается снижение порога возбудимости - это уязвимый период.**

**Формирование комплекса QRS** – это суммарный биопотенциал обоих желудочков.

**Масса Л.Ж. в 3 р. больше массы П.Ж.** поэтому суммарный вектор будет направлен справа налево. В результате в отведении V6, к которому направлен положительный полюс (+заряд) будет регистрироваться восходящая линия зубца R. А к электроду отведения V1 направлен отрицательный полюс суммарного вектора, поэтому в этом отведении будет регистрироваться нисходящая линия (зубец S).

**В норме в отведениях V1, V2 комплексы типа «rS», так как в этих отведениях зубец «r» обусловлен потенциалом правого желудочка, а зубец «S»-потенциалом левого желудочка.**

Результирующий вектор направлен справа налево положительным полюсом или зарядом к отведению V6, поэтому в этом отведении на ЭКГ будет регистрироваться высокий положительный зубец R.

- III стадия возбуждения желудочков - деполяризация основания левого желудочка. При этом вектор направлен снизу вверх от отрицательного заряда - к положительному «+». Иначе говоря, вектор направлен от электрода V6, поэтому в отведении V6 регистрируется отрицательный "-"зубец S.

- Усиленные отведения от конечностей –это однополюсные отведения: aVR- от правой руки, aVL -от левой руки и aVF -от левой ноги.

### **Грудные отведения**

- **V1**-правое грудное отведение, электрод располагается в IV межреберье справа от грудины
- **V2**- второе правое грудное отведение, электрод располагается в IV межреберье слева от грудины.
- **V3**-третье грудное отведение(переходная зона), электрод ЭКГ располагается между электродами V2 и V4
- **V4**-четвертое грудное отведение, электрод располагается в V межреберье по средне-ключичной линии.
- **V5**-пятое грудное отведение, электрод располагается в V межреберье по передне -подмышечной линии.
- **V6**-шестое грудное отведение, электрод располагается в V межреберье по средне-подмышечной линии

### **Дополнительные грудные отведения**

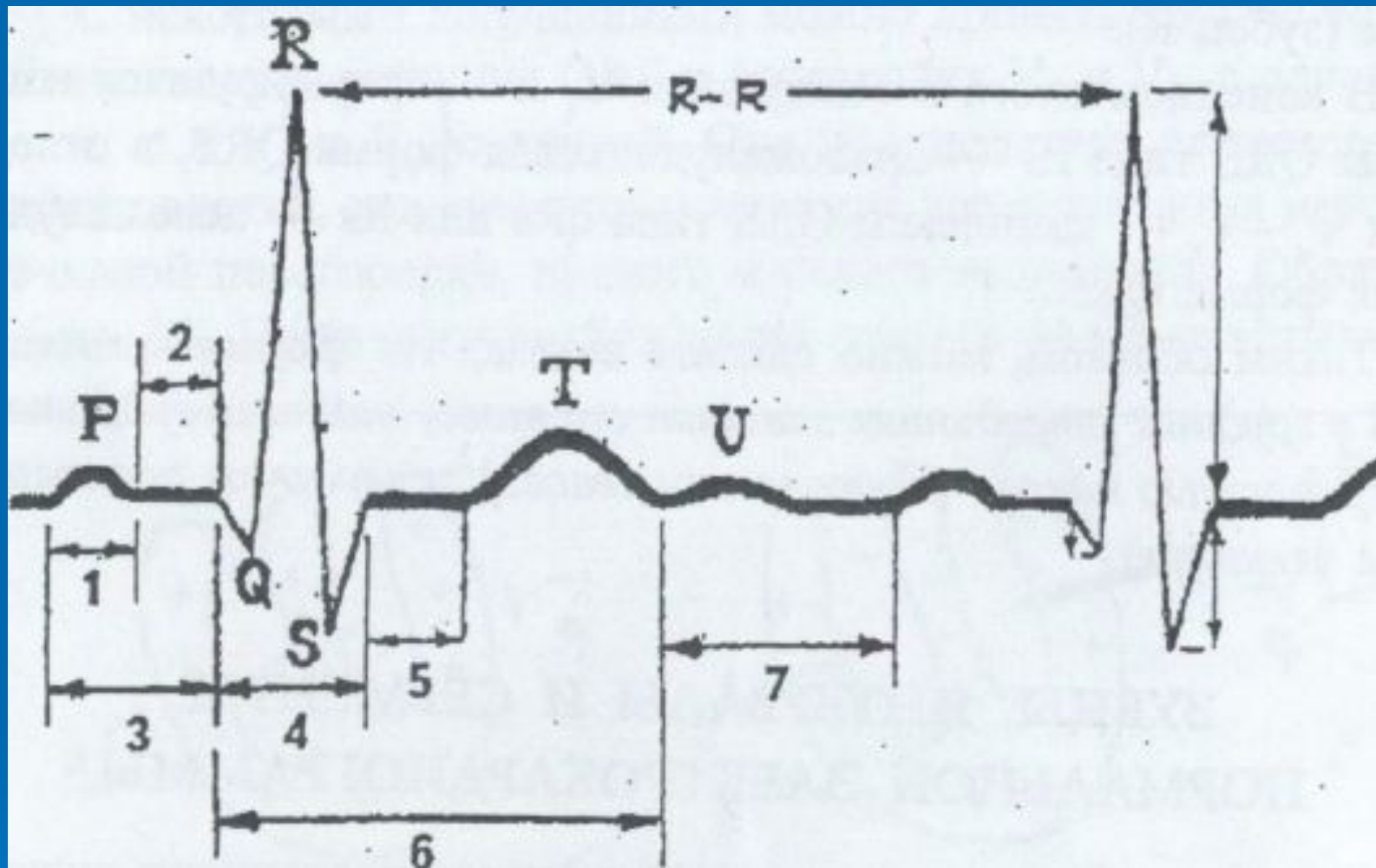
- **V7**-электрод располагается в V межреберье по задне-подмышечной линии.
- **V8**-электрод располагается в V межреберье по лопаточной линии.
- **V9**-электрод располагается в V межреберье по паравертебральной линии.

# Элементы нормальной ЭКГ

**Зубец P** - это предсердный комплекс, отражающий суммарный биопотенциал обоих предсердий. Начальная часть зубца P обусловлен потенциалом правого предсердия. Конечная часть зубца P обусловлена потенциалом левого предсердия. В норме зубец P -положительный, одногорбый, однофазный, кроме отведения, aVR, где он отрицательный В отведении V1 он может быть двухфазным и отрицательным в отведении III.

- **Амплитуда** зубца P равна 2-2,5мм.
- **Продолжительность** зубца P =0,06-0,11 сек.





**Зубцы, сегменты и интервалы ЭКГ:** 1 — зубец P; 2 — сегмент P—Q(R); 3 — интервал P—Q(R); 4 — комплекс QRS; 5 — сегмент (R)S—T; 6 — электрическая систола сердца; 7 — диастолический интервал T—P

- **Интервал P-Q** дает представление о проведении импульса через А-В узел.

**Продолжительность. 0,12-0,20 сек.**

## **Желудочковый комплекс QRS.**

Желудочковый комплекс состоит из зубцов Q, R, S и отражает на ЭКГ суммарный биопотенциал обоих желудочков. Длительность комплекса QRS отражает время внутрижелудочкового прохождения импульса.

**Продолжительность: 0,06-0,10 сек.**

Расширенный комплекс QRS (более 0,12 сек) может быть при нарушении внутрижелудочковой проводимости – блокаде ножек пучка Гиса.

- **Зубец Q**– отражает начальный биопотенциал желудочков, точнее межжелудочковой перегородки.

**Продолжительность:** 0,03 сек и менее.

**Амплитуда:** Равна и менее  $1/4$  амплитуды зубца R.

- Если параметры зубца Q превышают вышеуказанные, то речь идет о патологических зубцах Q, характерных для инфаркта миокарда.

- **Зубец R-** самый главный элемент желудочкового комплекса. Он всегда положительный, в норме незазубрен, недеформирован.

**Амплитуда** в стандартных отведениях : от 5 мм до 10 мм. В грудных отведениях амплитуда R в норме от 10 до 22 мм.

- **Зубец S** завершает желудочковый комплекс и отражает процессы деполяризации базальных отделов желудочков и базального отдела перегородки, с направлением вектора вверх, назад и несколько вправо. Поэтому в левых грудных отведениях (V5,V6) зубец S малой амплитуды, а в правых-V1-V2 он имеет наибольшую амплитуду.

- **Сегмент S-T** - это прямая линия от конца зубца S до начала зубца T Сегмент S-T отражает полную деполяризацию и начало реполяризации желудочков. В норме сегмент S-T на изолинии.

- **Зубец Т** -отражает процесс реполяризации желудочков. Зубец Т в норме положительный, одnogорбый, однофазный. Зубец Т может быть отрицательный в отведении III, всегда отрицательный в отведении aVR и может быть отрицательным в отведениях V1,V2. Зубец Т по амплитуде должен составлять 1/3-1/4 амплитуды зубца R.

**Амплитуда.** В различных отведениях колеблется, в стандартных отведениях равна 3-5мм. В прекардиальных отведениях- от 3 до 10 мм.

- **Интервал Q-T** –отражает время, необходимое для цикла деполяризации и реполяризации желудочков.

**Продолжительность.** Варьирует в зависимости от возраста, пола и частоты сердечных сокращений, обычно между **0,36-0,44** сек. Интервал Q-T не должен превышать половину расстояния интервала P-P при правильном ритме.

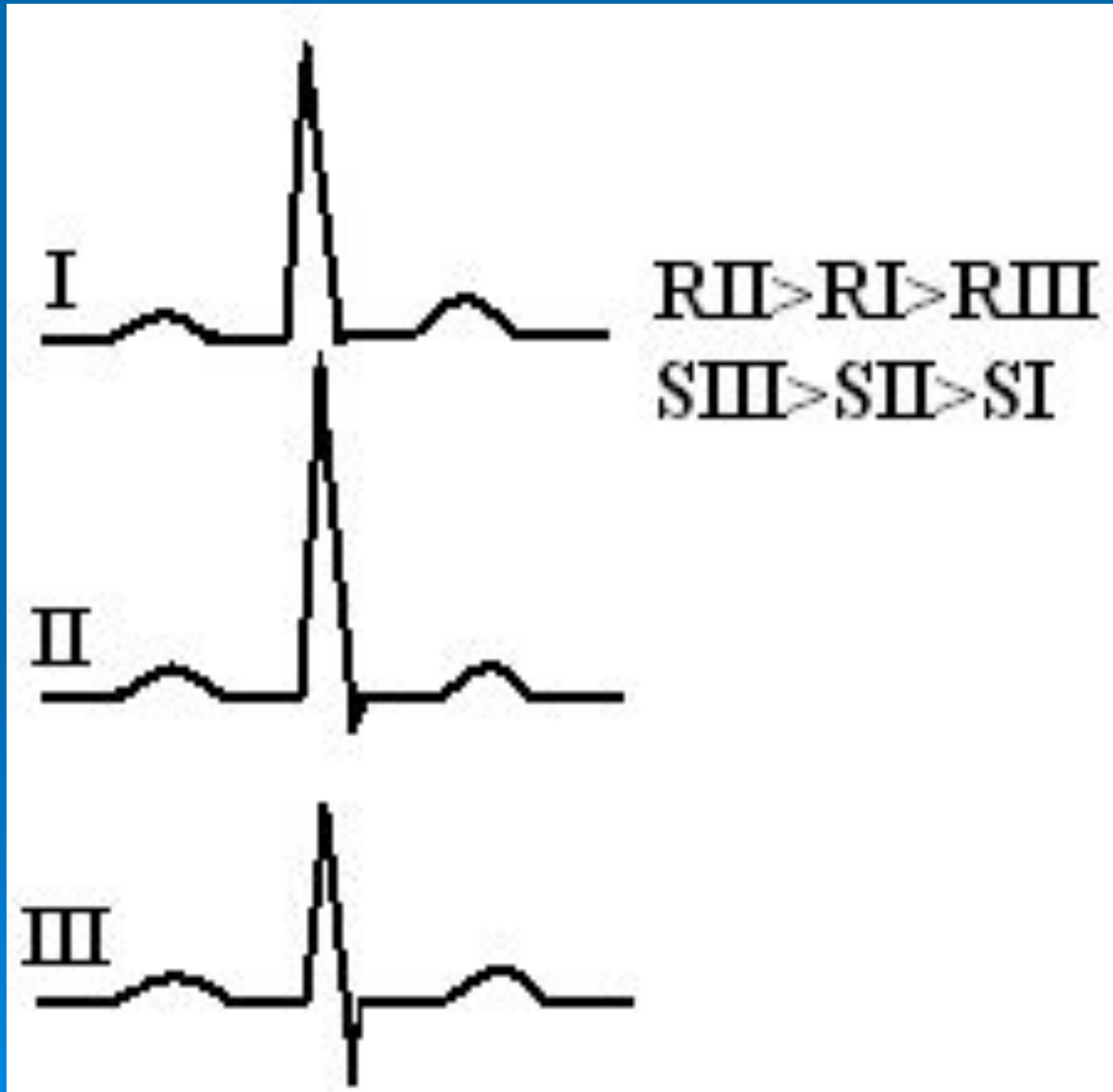
- **Удлиненный интервал Q-T** указывает на удлинение реполяризации, может наблюдаться под влиянием антиаритмических препаратов I класса, при ишемии, инфаркте миокарда, может свидетельствовать об опасных нарушениях ритма, например, желудочковой тахикардии типа «пирует»
- **Укороченный интервал Q-T** может быть обусловлен гиперкальциемией, влиянием сердечных гликозидов.
- **Зубец U** отражает реполяризацию волокон Пуркинье. Выраженный зубец U может быть связан с гипокалиемией.

# Электрическая ось сердца

## Нормальное положение электрической оси сердца

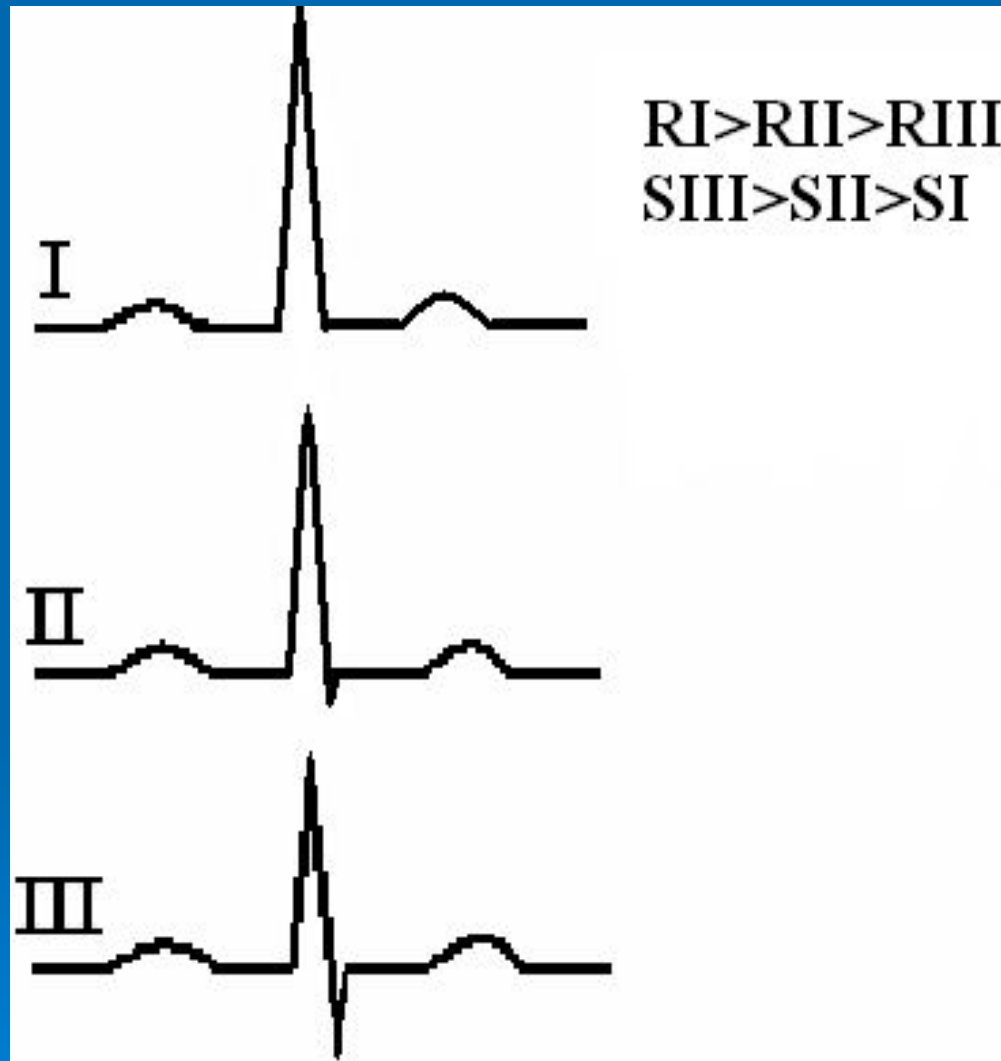
- Положение электрической оси сердца (ЭОС) можно определить 2-мя способами:
  - 1) графическим по сопоставлению амплитуды зубцов R и S в стандартных отведениях- I ,II и III
- **При нормальном положении ЭОС** самым высоким зубцом R в стандартных отведениях является зубец R во II отведении, меньше в 1-ом и наименьший зубец R в III стандартном отведении  $R_{II} > R_I > R_{III}$ .

# Нормальное положение ЭОС





# Отклонение ЭОС влево



- Угол альфа равен: от 0 до – 30 град

# Отклонение ЭОС вправо



- Угол альфа равен: от +91 до + 120 град

## 2) Математическое определение ЭОС по вычислению угла альфа

В норме угол альфа равен: от +30 до +70 градусов.

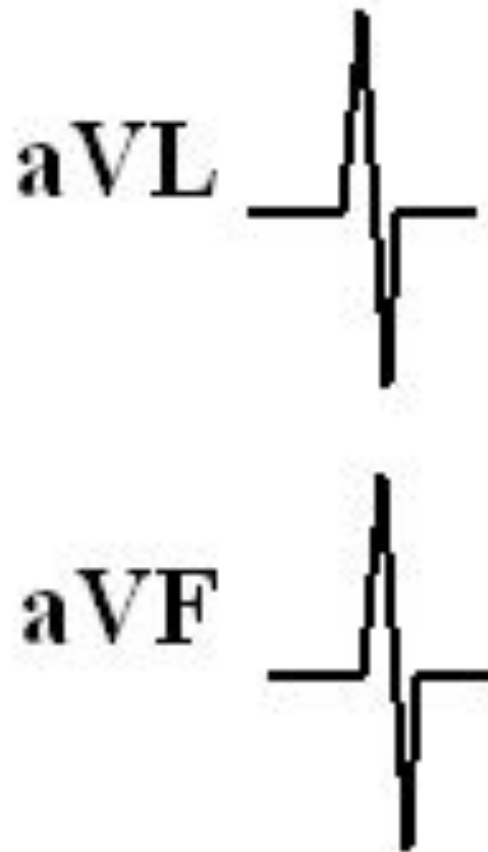


# Электрическая позиция сердца

Электрическую позицию сердца определяют также 2-мя способами :

- графическим путем сопоставления амплитуды зубцов R и S в усиленных отведениях aVL и aVF ;
- путем определения угла альфа.

**Промежуточная позиция:**  
если в отведении aVL и aVF амплитуды зубцов R и S равны, соотношение этих зубцов в желудочковых комплексах аналогичные.

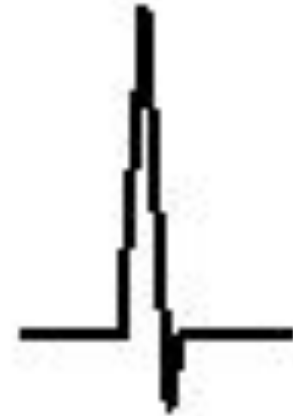


## Горизонтальная

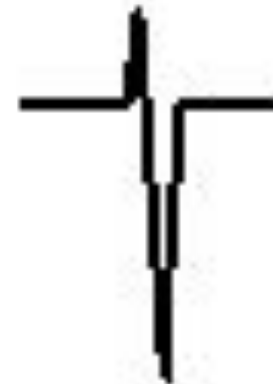
**позиция:** в отведении aVL высокой амплитуды зубец R и малый зубец S, т.е. желудочковый комплекс типа Rs

- В отведении aVF преобладает зубец S – т.е. глубокий, а зубец R – малый и желудочковый комплекс типа- rS.

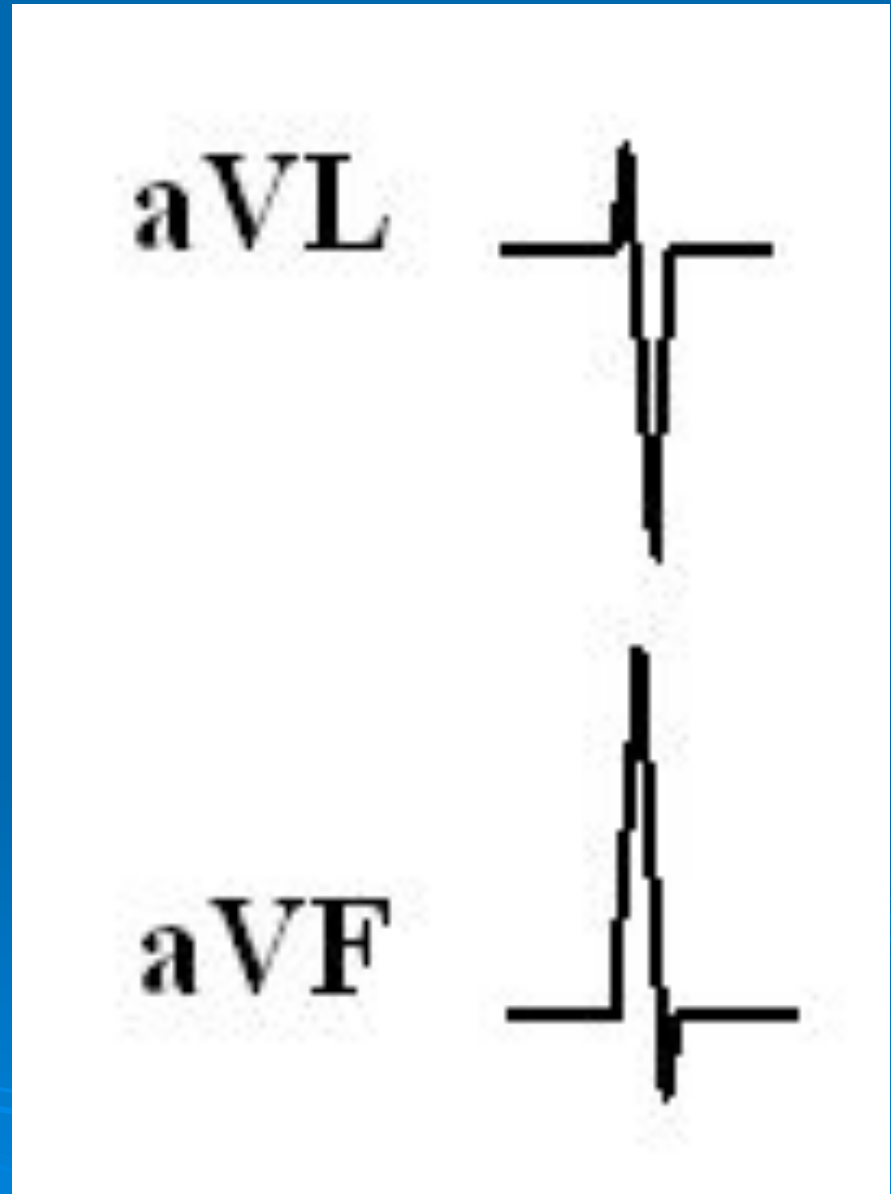
**aVL**



**aVF**



- **Вертикальная позиция:** в отведении aVL -малый зубец r и глубокий зубец S, т.е. желудочковый комплекс имеет конфигурацию типа rS.
- В отведении aVF - зубец R высокий, а зубец S малый, т.е. желудочковый комплекс имеет конфигурацию типа Rs.



# Грудные отведения

Конфигурация желудочкового комплекса  
QRS в грудных отведениях при  
нормальном положении ЭОС



Таким образом, в грудных отведениях отмечается закономерность нарастания амплитуды зубца R от V1 до V5. Максимальный зубец R в 5-ом грудном отведении-V5. В то же время происходит убывание амплитуды зубца S от V1 до V6.