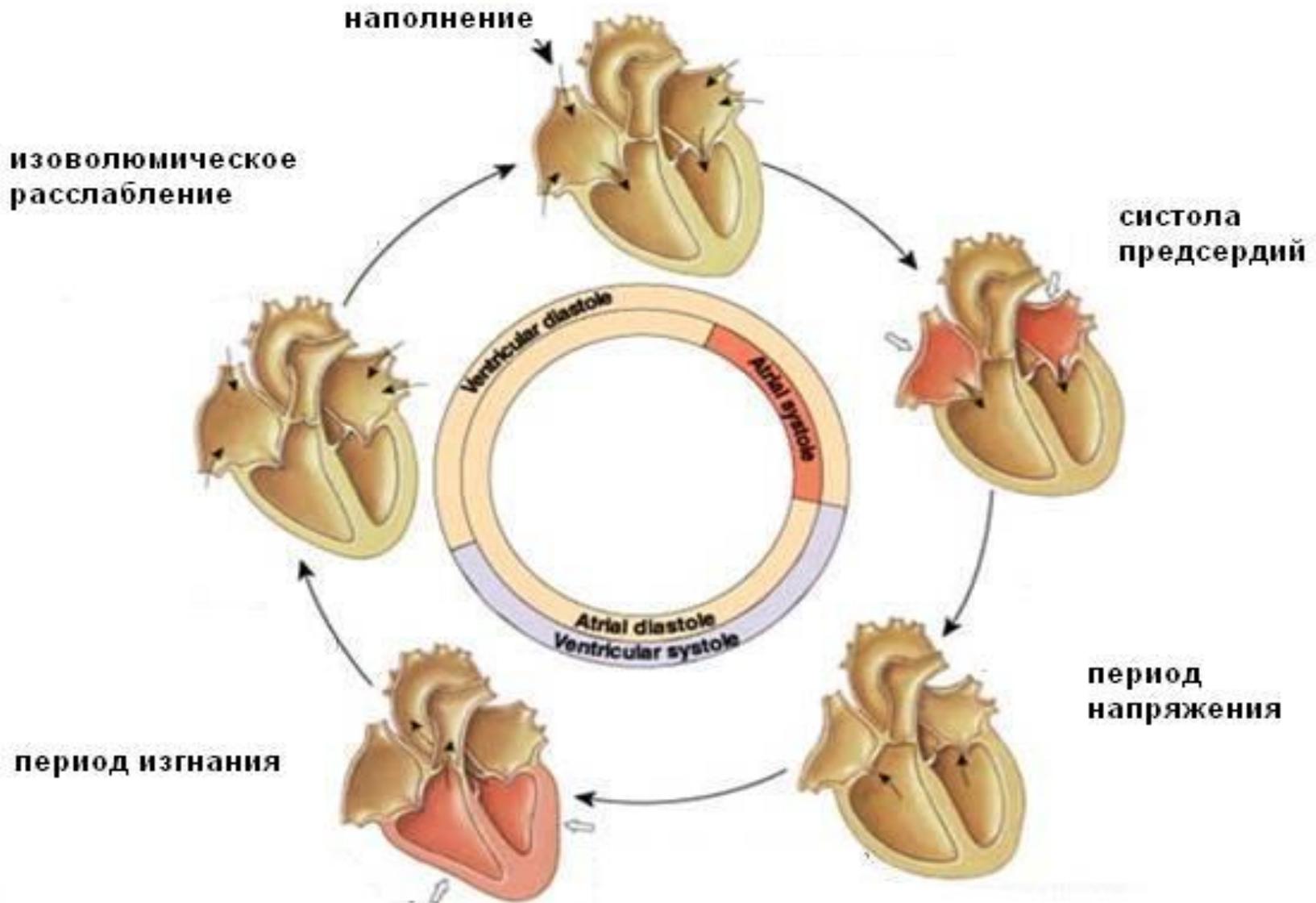


Сердечный цикл





Каким образом организуется сердечный цикл?

Сердце обладает способностью

1

Самостоятельно генерировать
импульс возбуждения

Такая способность получила
название **АВТОМАТИЯ** сердца.

Сердце обладает способностью

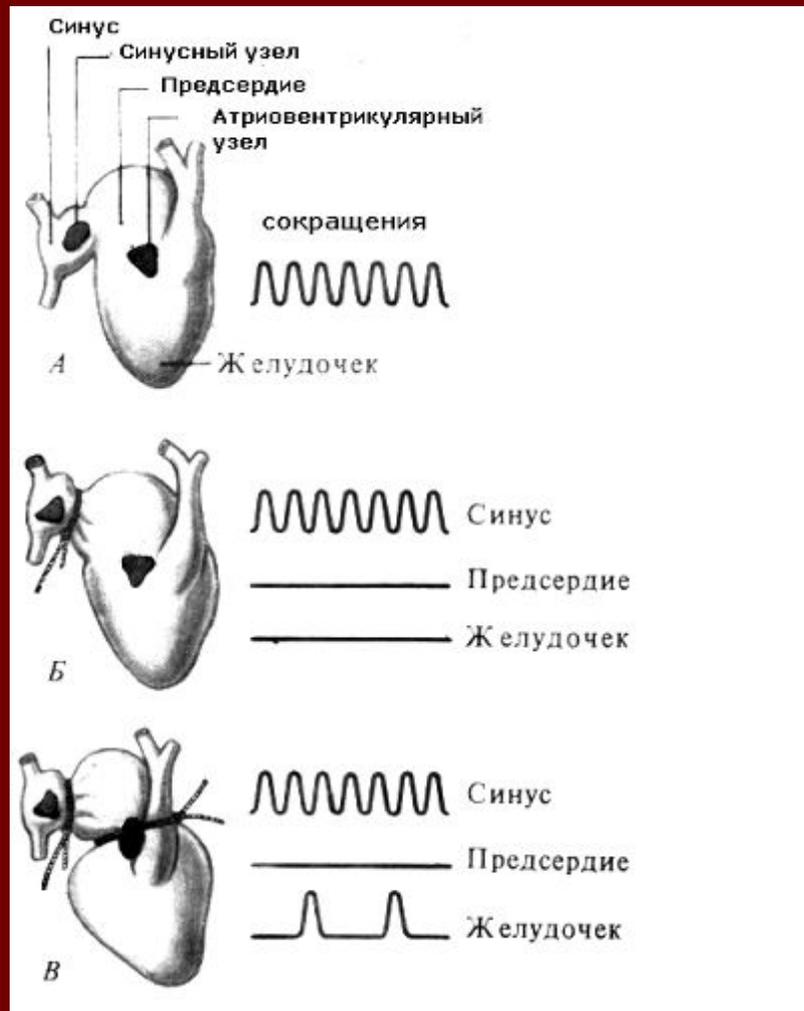
2

Распространять импульс возбуждения
так, чтобы сначала его получили
предсердия,
и ТОЛЬКО ПОТОМ - желудочки

Два типа клеток: типичные и атипичные.

- Типичные – это рабочий миокард
- Атипичные клетки отличаются и строением, и положением в сердце.

История исследования автоматизма: опыт Станниуса

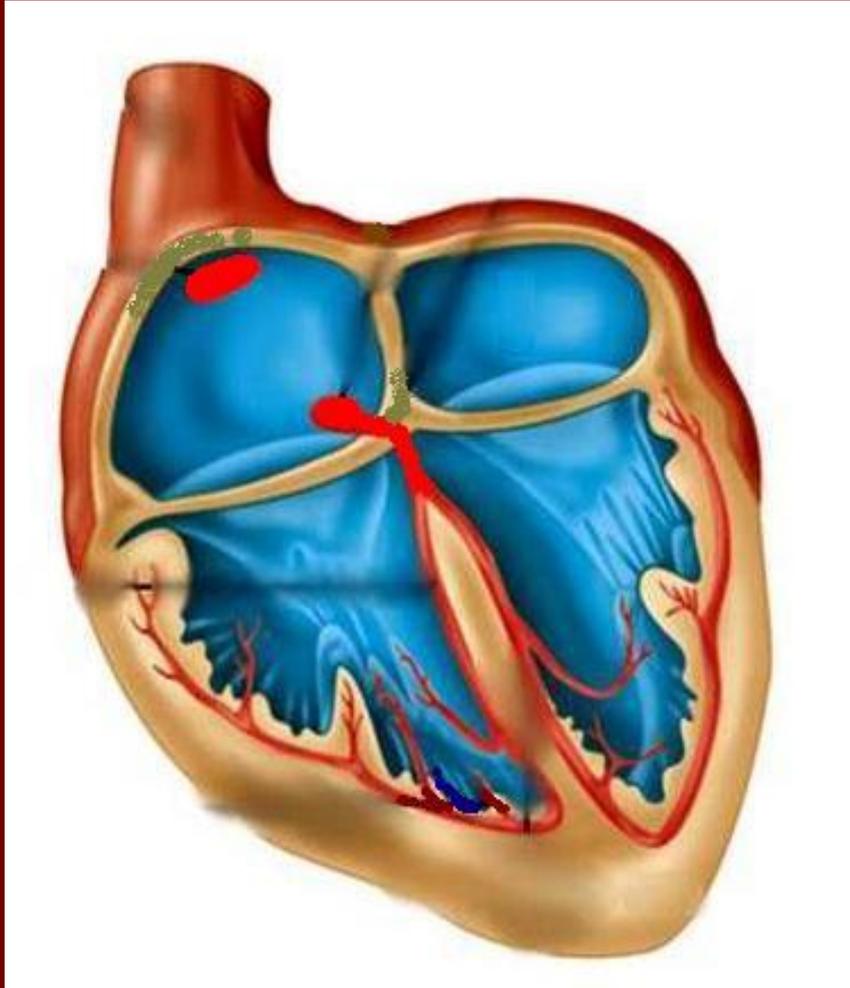


Проводящая система сердца

Установлено, что именно атипичные клетки ответственны и за формирование импульса, и за его распространение ко всем рабочим кардиомиоцитам.

Клетки образуют **проводящую систему сердца.**

Что входит в проводящую систему?



- Синоатриальный узел
- Атриовентрикулярный узел
- Пучок Гиса и ножки пучка Гиса
- Волокна Пуркинье

Морфологические особенности атипичных клеток

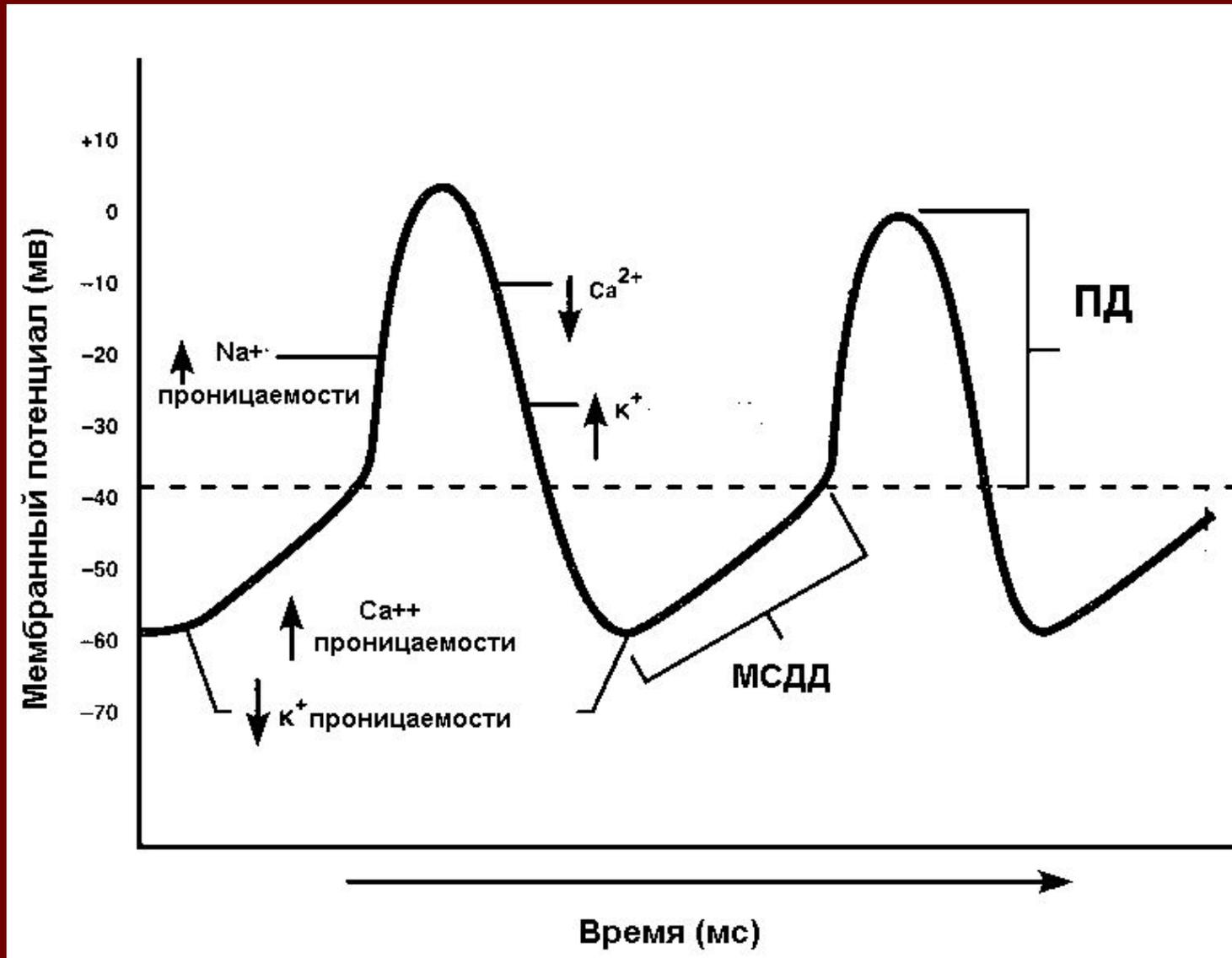
- Митохондрий мало,
- Саркомеры неупорядочены.
- Миофиламентов мало

эти клетки для генерирования и
проведения импульса
возбуждения

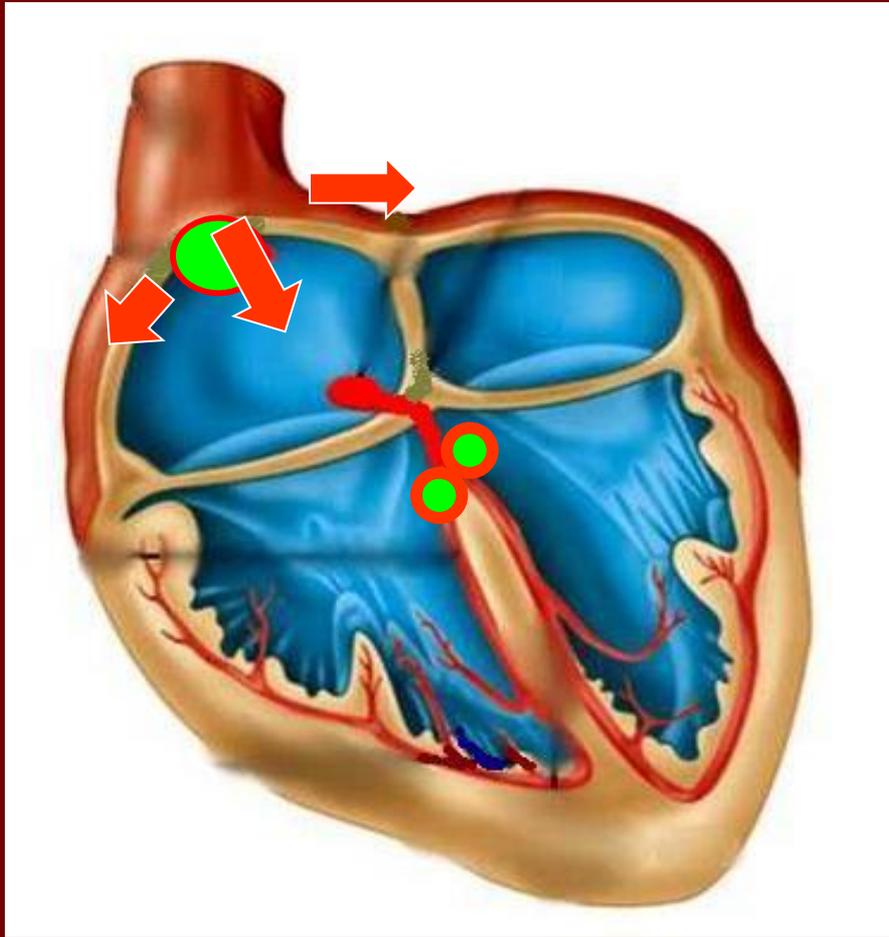
Функциональные особенности атипичных клеток

- **Возбудимость. МПП максимальный диастолический потенциал.** Его величина равна – 60мв - таковы свойства мембраны
- **ПД 1 фаза - медленная спонтанная диастолическая деполяризация (МДД).** В развитии деполяризации принимают участие «медленные» **кальциевые** каналы. 2 фаза быстрая деполяризация 3 фаза реполяризация

ПД клеток водителя ритма



Возникновение и распространение импульса возбуждения в проводящей системе



Автоматия – это свойство самовозбуждения клеток **без действия внешних раздражителей и без импульсов из центральной нервной системы.**

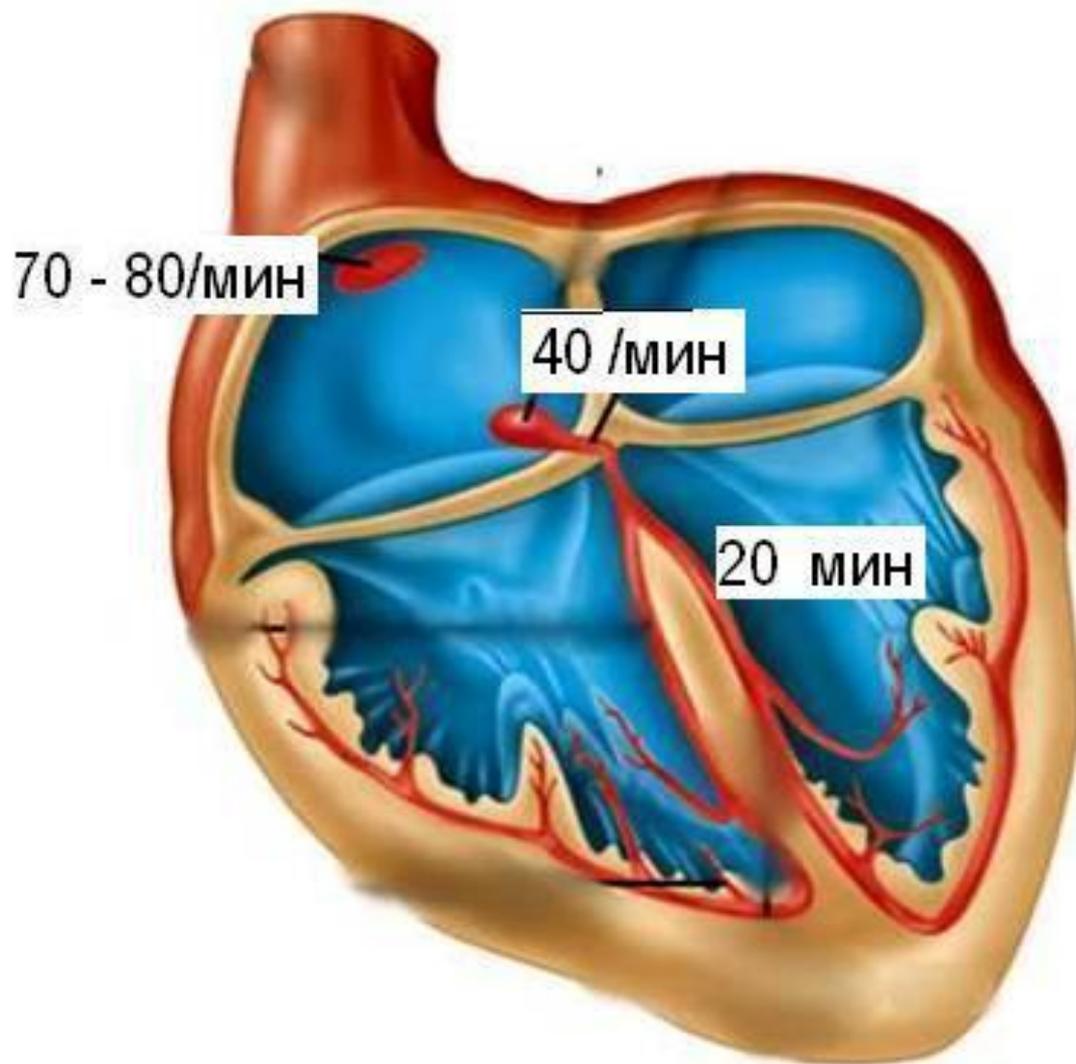
Степень автоматии

- Это то количество импульсов возбуждения, которое может генерировать в минуту каждый элемент проводящей системы сердца.
- Свойством самовозбуждаться обладают все клетки проводящей системы (атипичные кардиомиоциты) но с различной **степенью автоматии**

Градиент автоматии

- Убывание степени автоматии элементов проводящей системы сердца по мере удаления их от синусного узла называется **градиентом автоматии**.
- Синоатриальный узел у человека в покое генерирует **70-80** имп. в мин
- Атриовентрикулярный – **40** имп. в мин.,
- Ножки пучка Гиса – **20** имп. в мин., такая частота не совместима с жизнью.

Градиент автоматии



Водитель ритма сердца

- Вспомним опыт с лигатурами-водителем ритма сердца является **синоатриальный узел**
- В норме импульсная активность нижележащих водителей ритма подавляется синоатриальным узлом, и они выполняют только функцию проводников возбуждения.

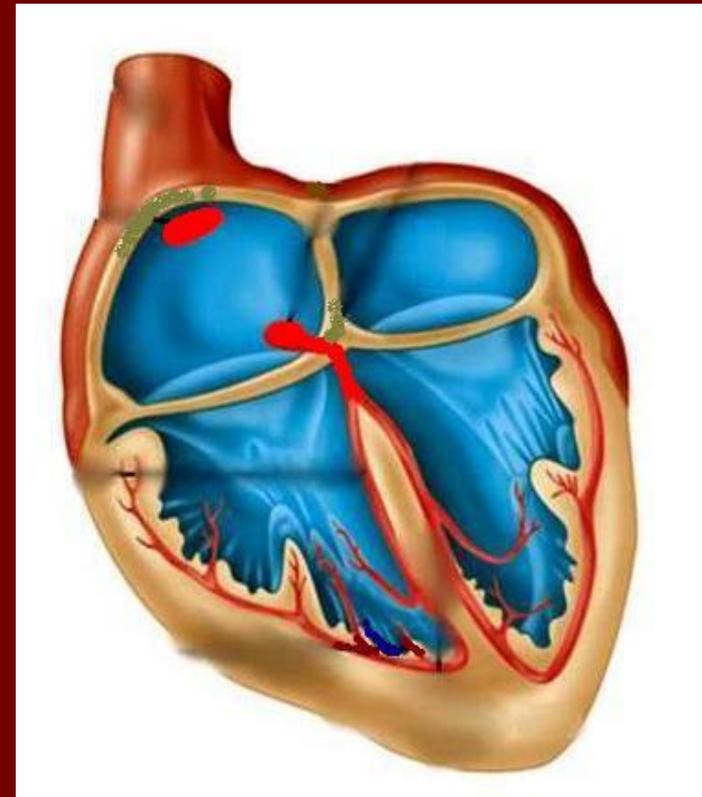
В случае нарушения работы
водителя ритма

Его роль берет на себя
атриовентрикулярный узел

Градиент скорости распространения импульса

Вспомним последовательность
событий

- 1000 мм в сек.
- 50-200 мм в сек.
**атриовентрикулярная
задержка**
- до 4000 мм в сек
- 400 мм в сек.

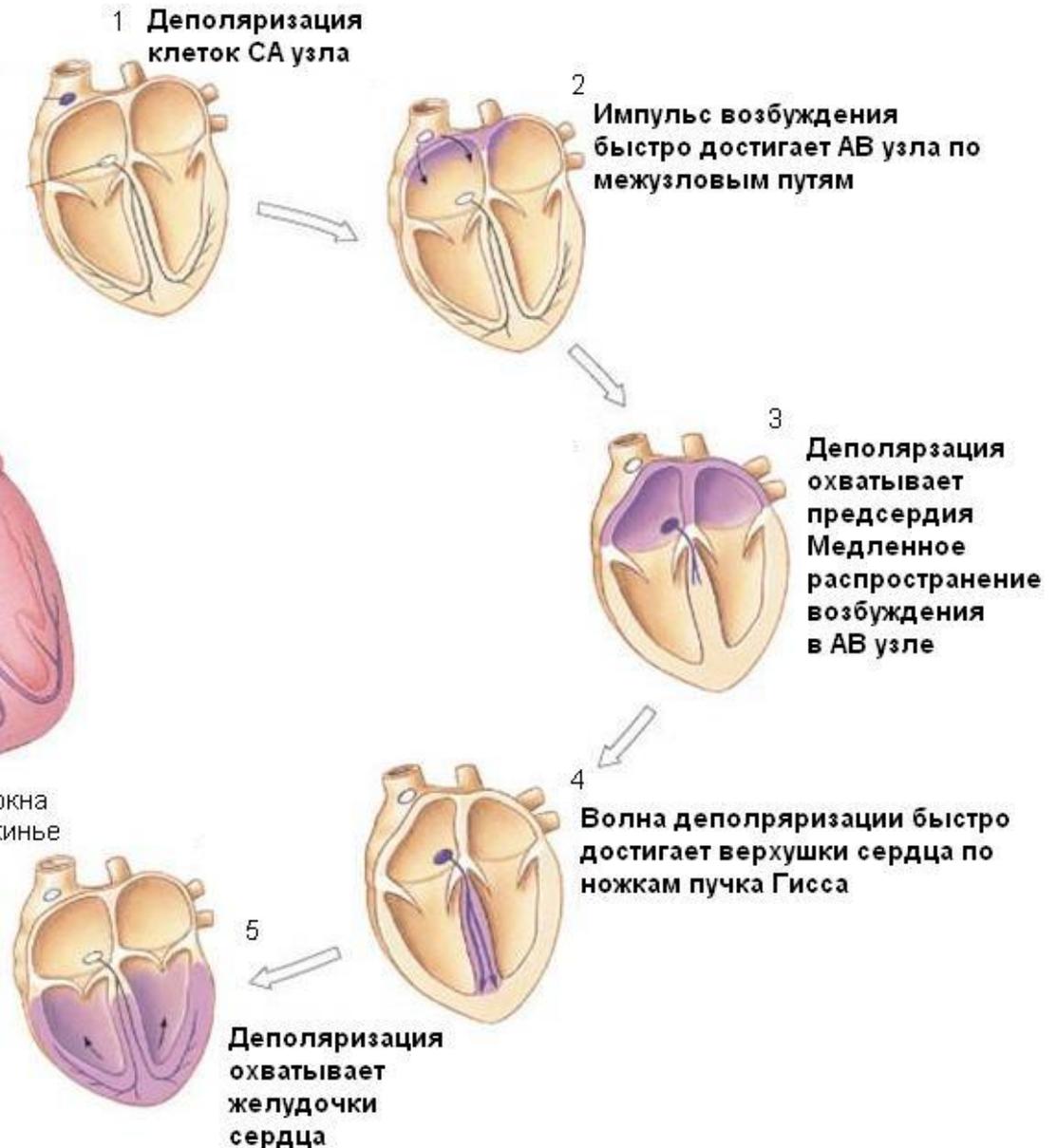
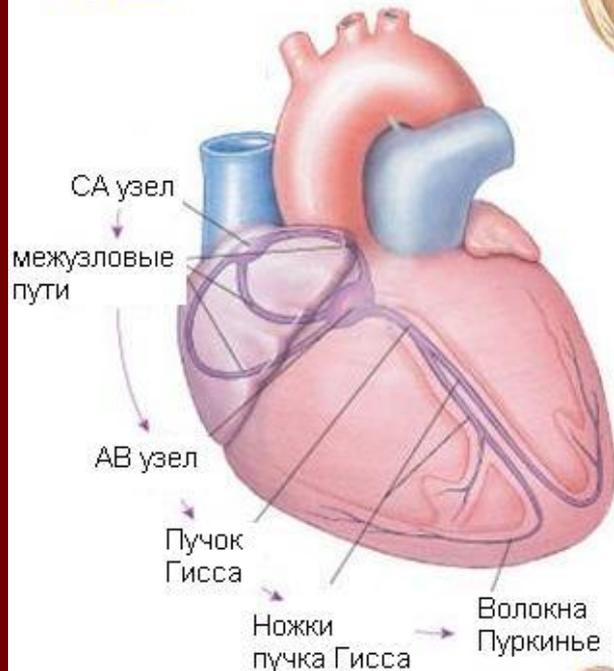


Функциональное значение атриовентрикулярной задержки

Распространение возбуждения таким образом, чтобы предсердия и желудочки получили импульс возбуждения **последовательно**, следовательно, и сокращались **последовательно**

Распространение возбуждения в сердце

Проводящая система сердца



Итак ! Проводящая система сердца обеспечивает

- Самовозбуждение миокарда
- Самовозбуждение с определенным ритмом (синусный ритм).
- Распространение возбуждения **последовательно** на предсердия и желудочки **Проводящая система организует сердечный цикл.**
- Вовлечение одновременно всего миокарда желудочков в возбуждение и сокращение.

Основная функция сердца –
насосная,

осуществляется благодаря
функции рабочих
кардиомиоцитов

Основные свойства рабочих кардиомиоцитов

- Возбудимость,
- Проводимость,
- Сократимость
- Рефрактерность

Рабочие кардиомиоциты

Морфологические особенности

СПР – выражен в меньшей степени, чем в скелетных мышцах

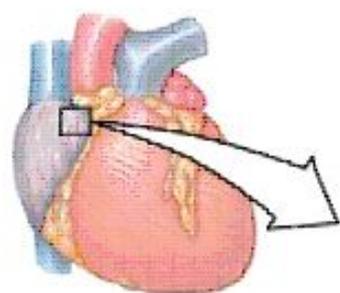
Рабочие кардиомиоциты

Возбудимость **ниже**, чем у
скелетной мускулатуры

МПП = - **90 мВ**

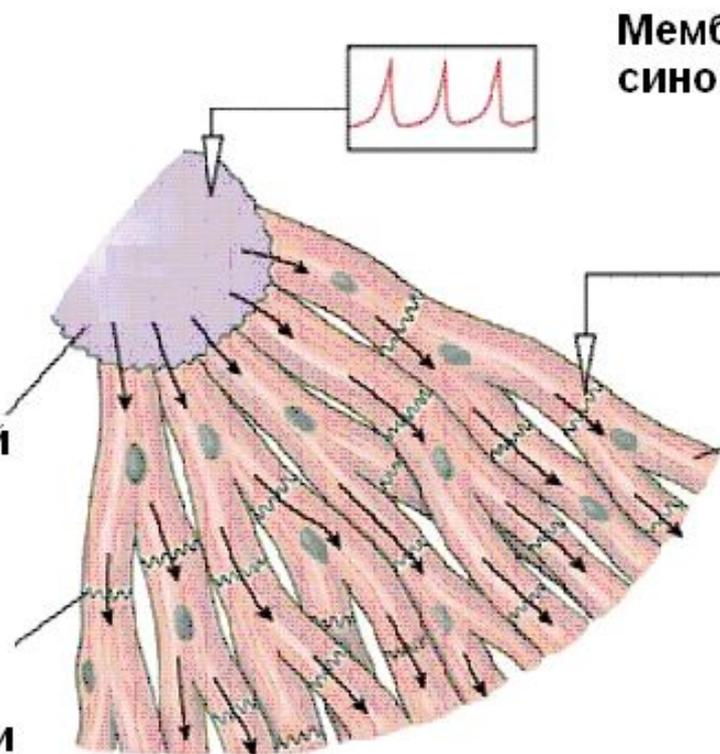
Функциональное значение низкой
возбудимости: отвечают только
на **свой** импульс из проводящей
системы

Распространение импульса возбуждения с клеток водителя ритма сердца на рабочие кардиомиоциты

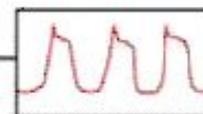
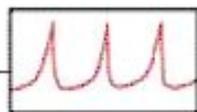


Синоатриальный
узел

Нексусы между
рабочими
кардиомиоцитами



Мембранный потенциал клеток
синоатриального узла



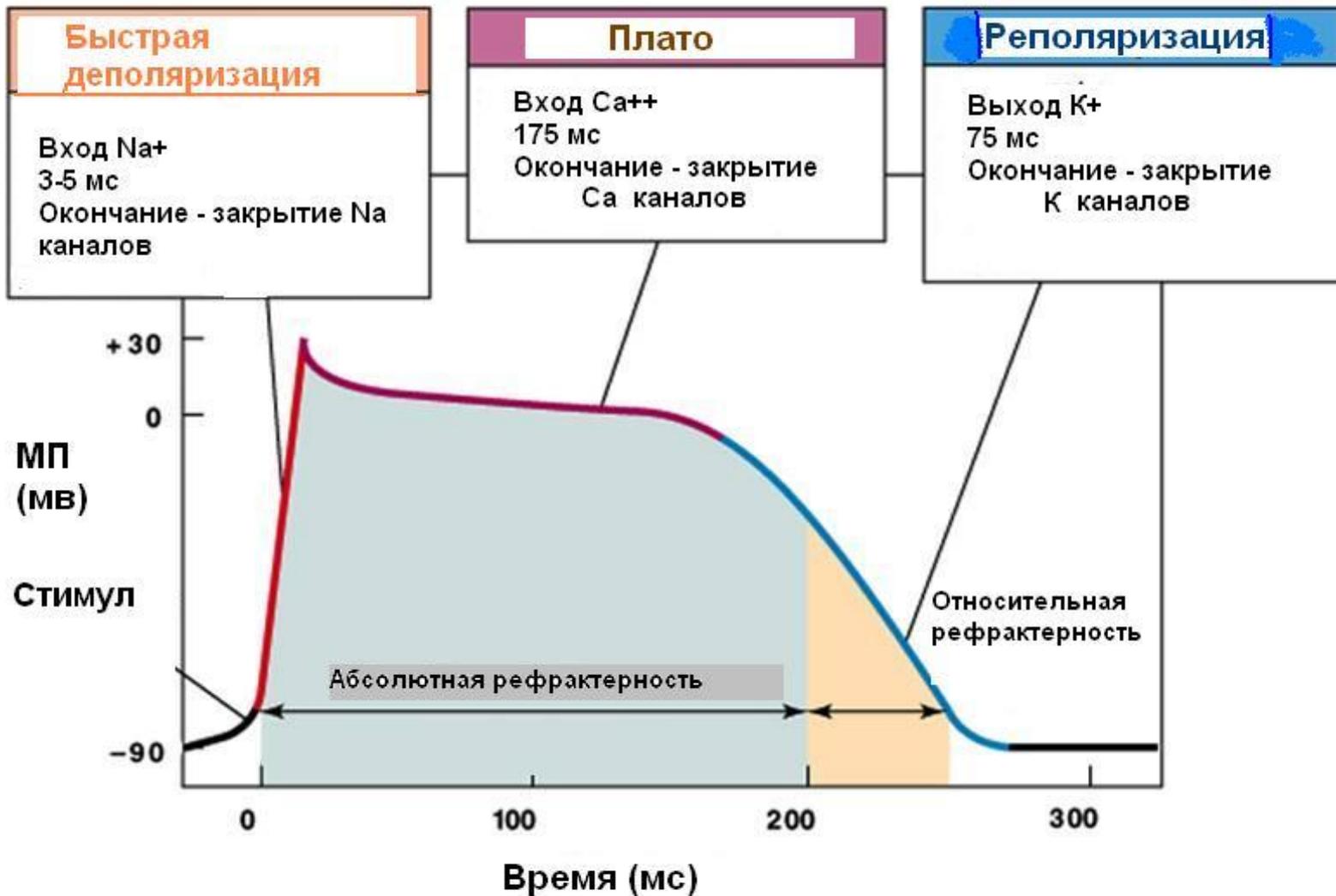
Мембранный потенциал
рабочих кардиомиоцитов

Рабочие кардиомиоциты

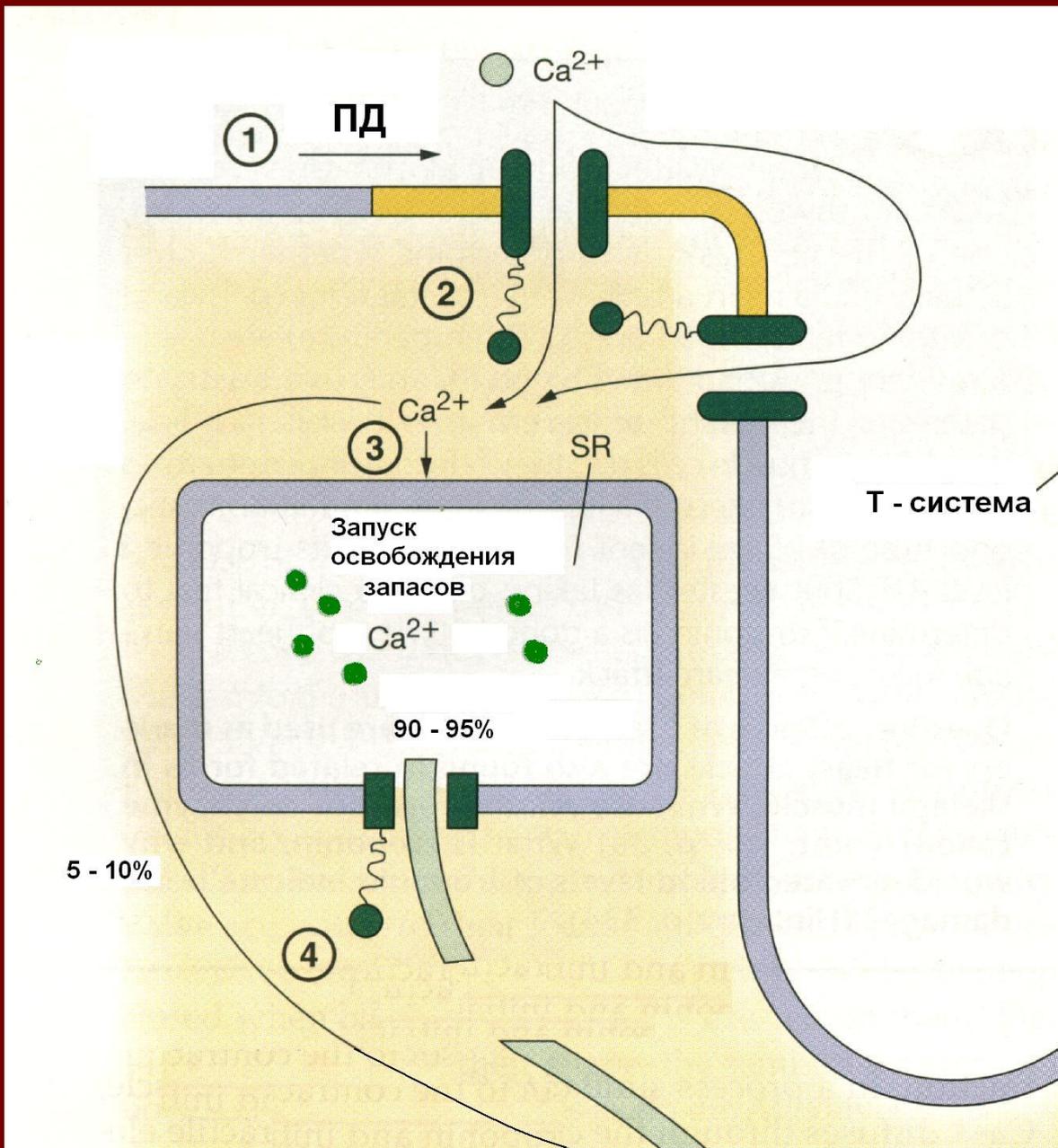
ВОЗБУЖДЕНИЕ

В ГЕНЕРИРОВАНИИ ПД РАБОЧИХ
КАРДИОМИОЦИТОВ ПРИНИМАЮТ
УЧАСТИЕ ИОНЫ

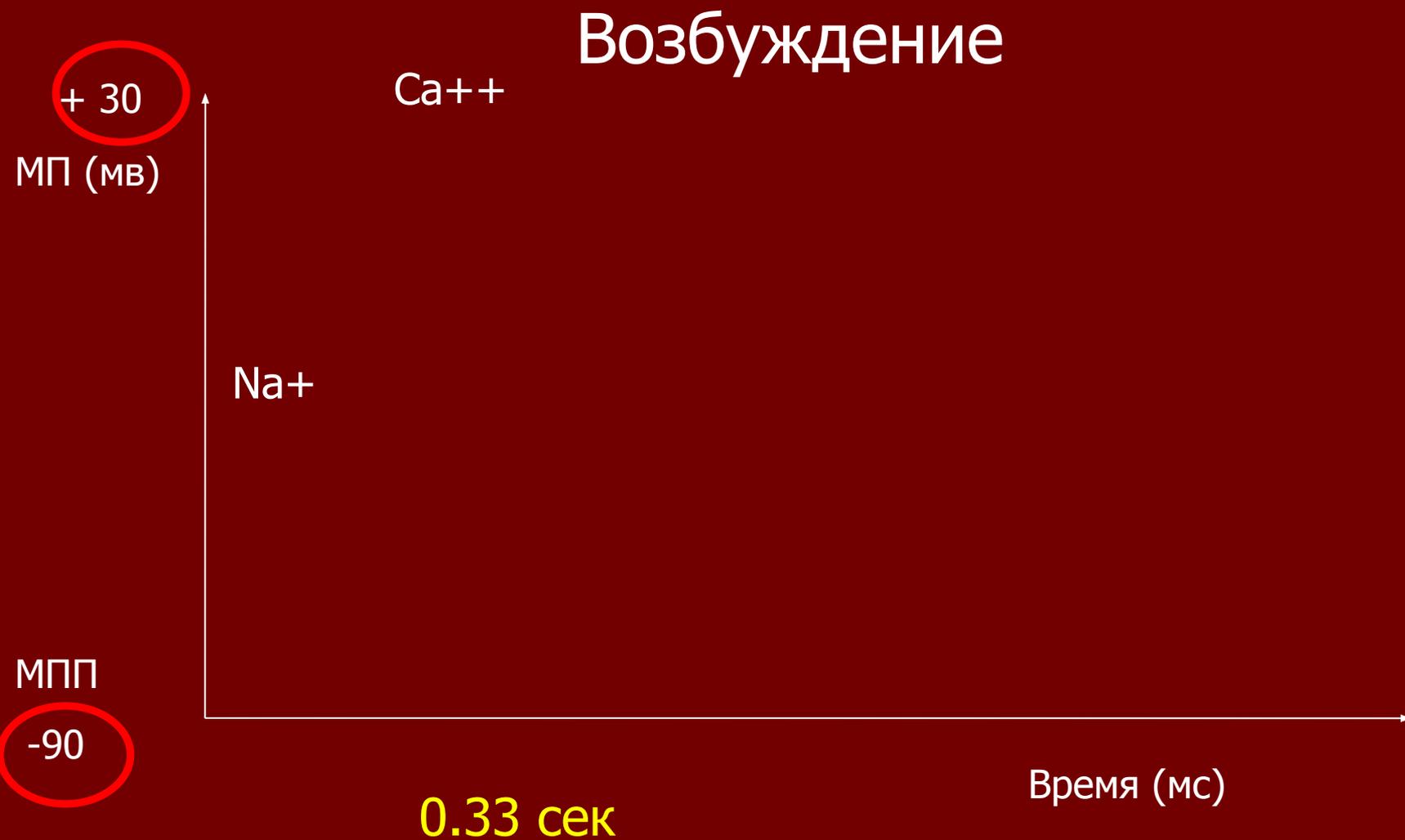
- Na^+
- Ca^{++}



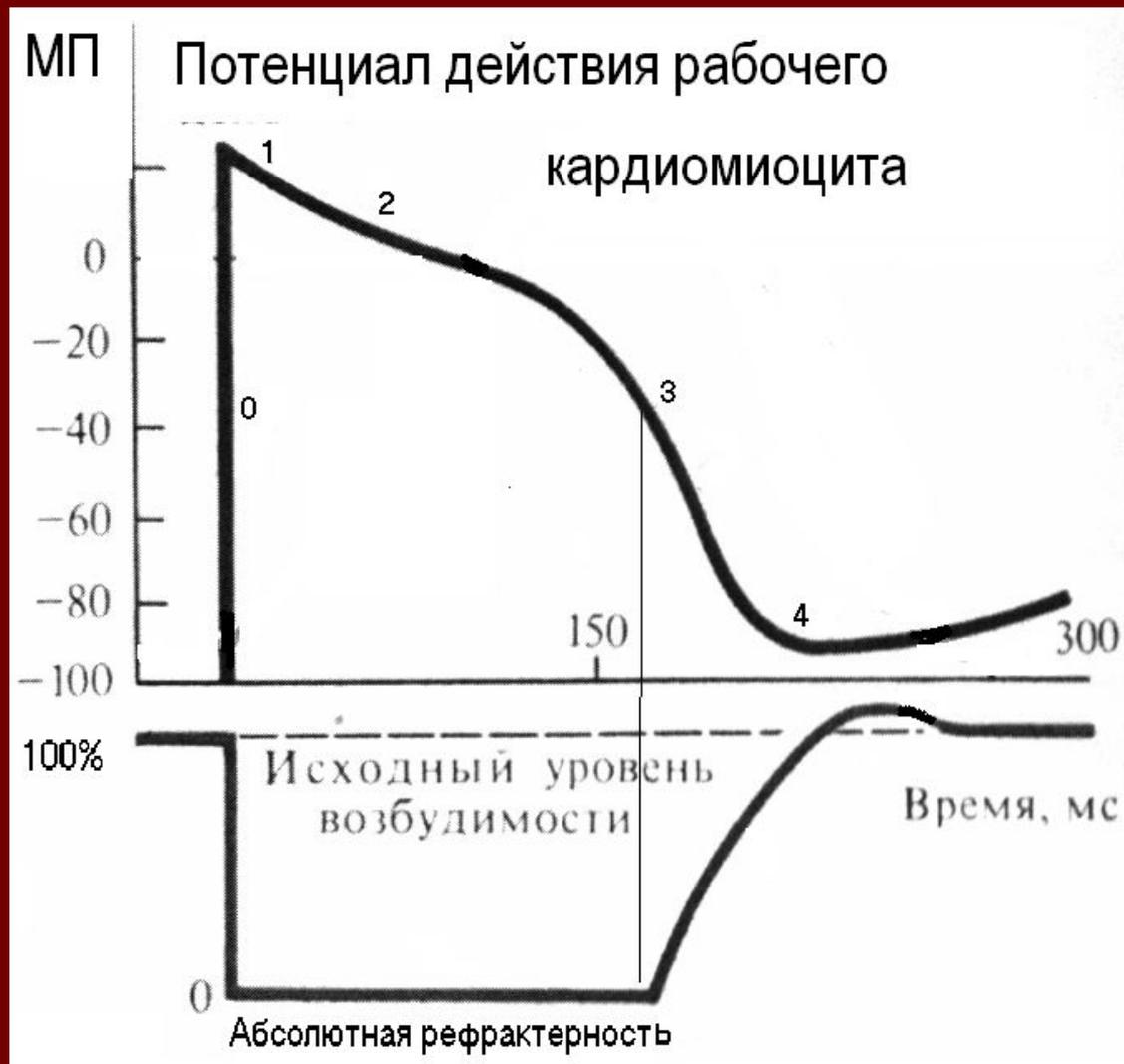
ПД рабочего кардиомиоцита



Рабочие кардиомиоциты



Сопоставление возбуждения и возбудимости во время ПД



Во время возбуждения
миокард невозбудим!

Рабочие кардиомиоциты

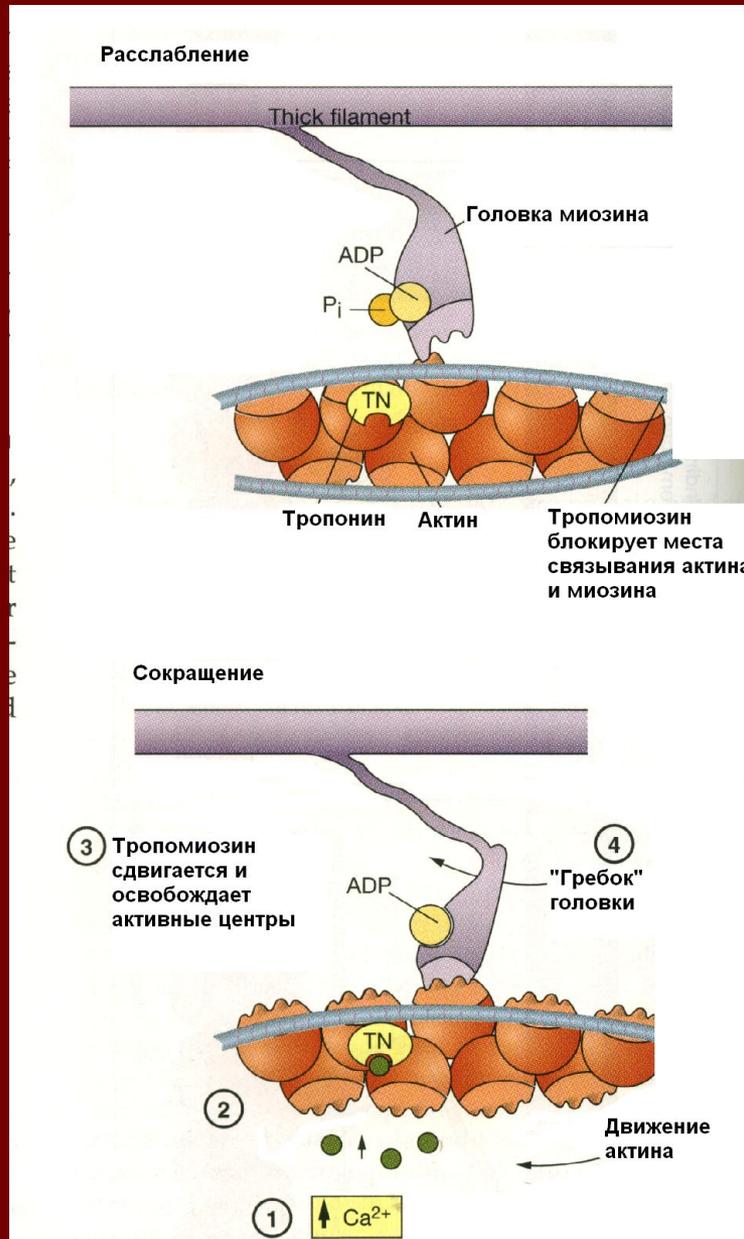
Сокращение

Роль ионов Ca^{++} : тропонин →
тропомиозин → АКТИН

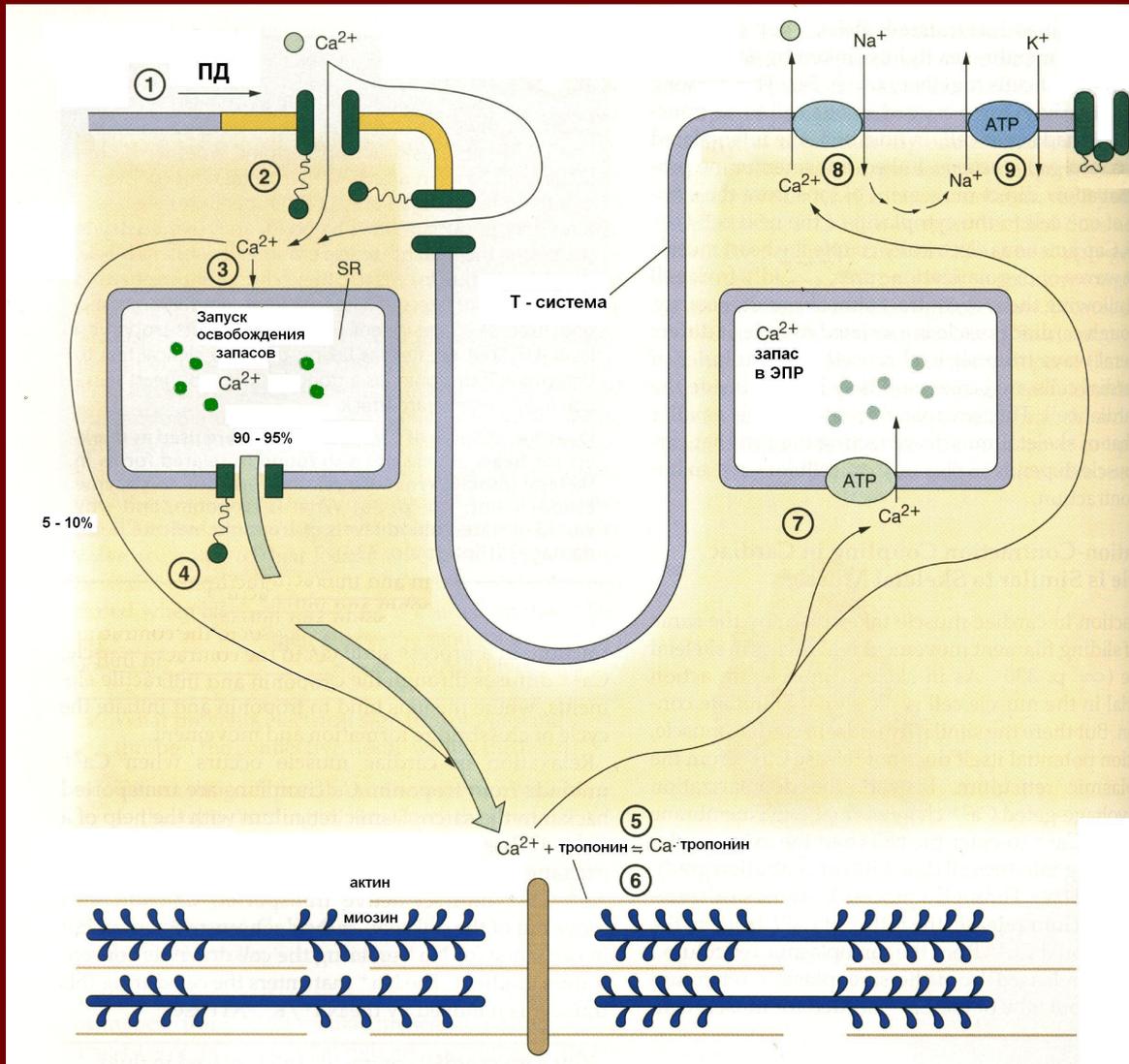
Поступление Ca^{++}

- 1. Из внеклеточной жидкости
– до 20%,**
- 2. Из саркоплазматической
сети до 90%**

Механизм сокращения



Почему сокращение начинается почти одновременно с возбуждением?



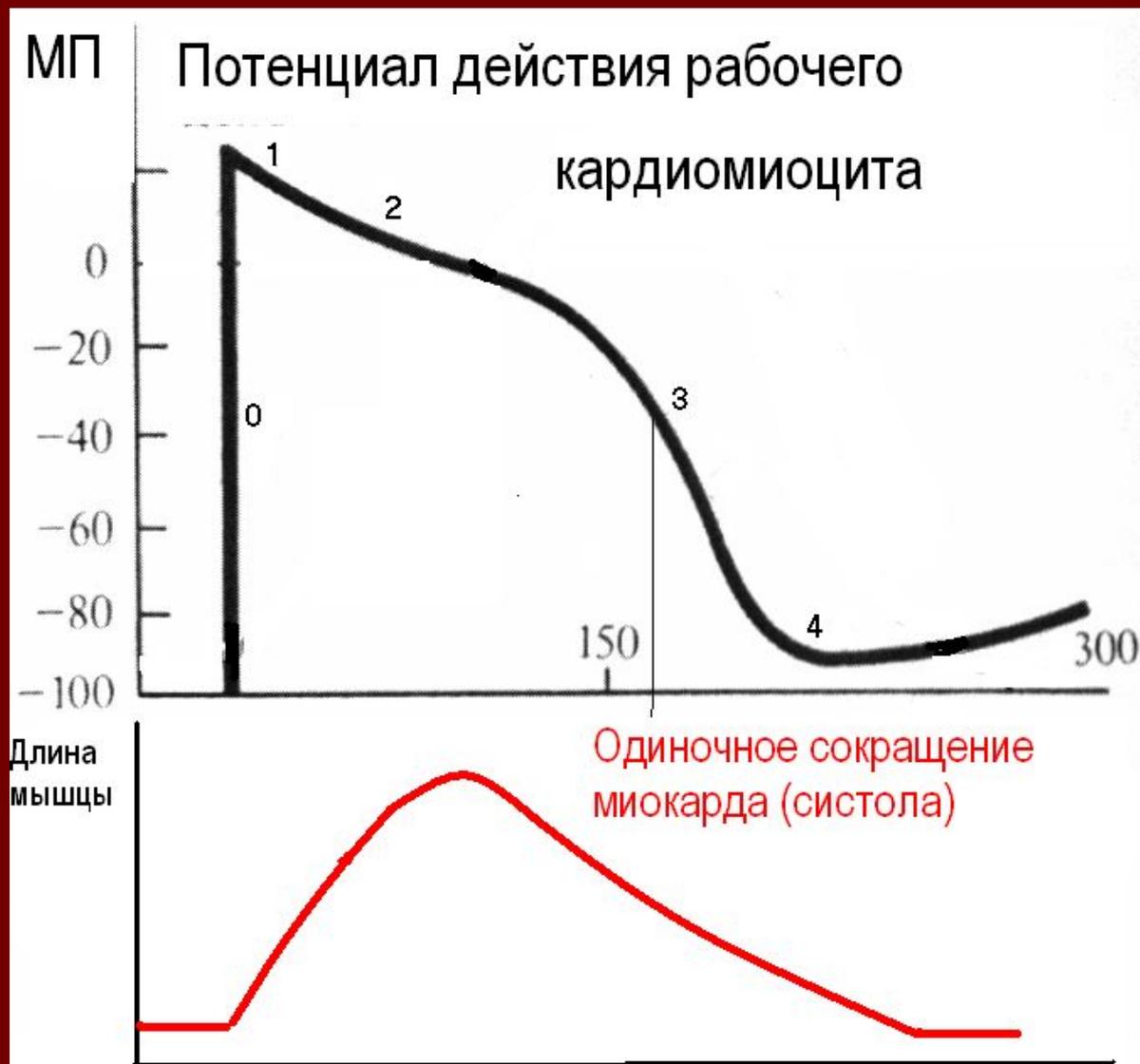
Рабочие кардиомиоциты

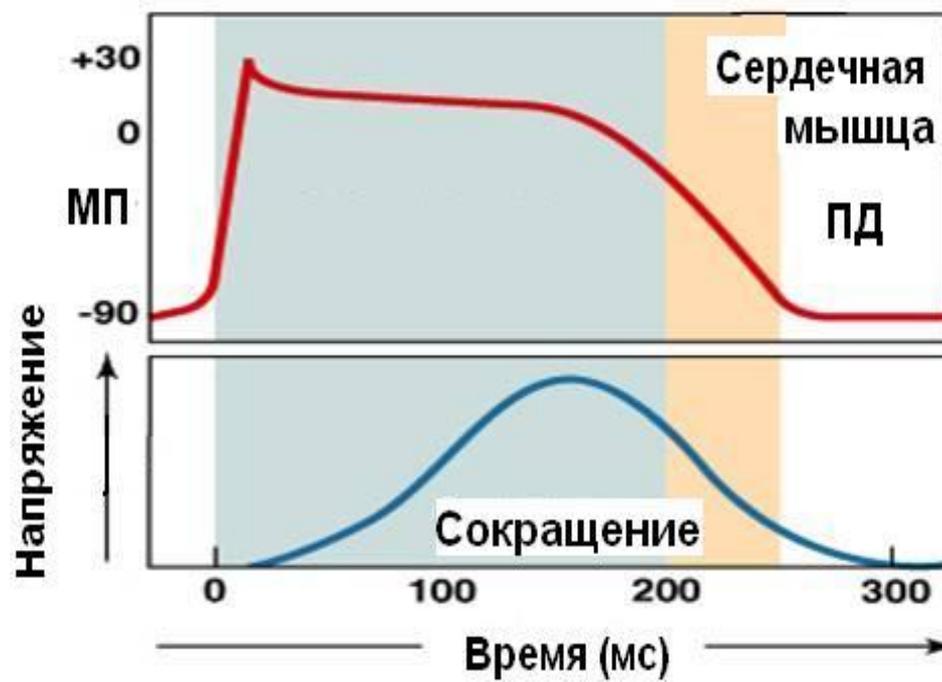
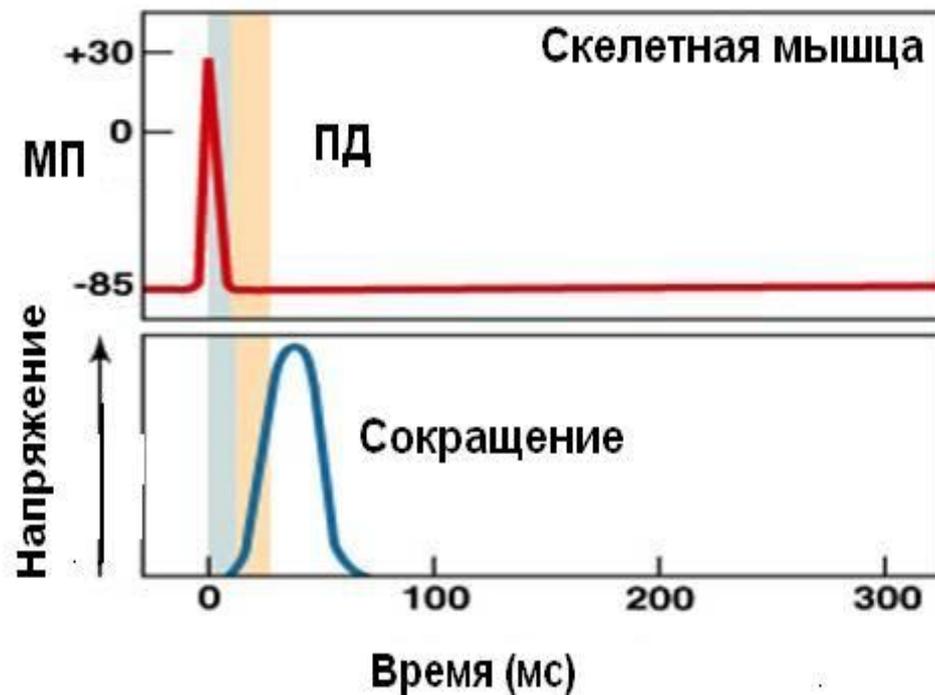
Расслабление

Роль ионов Ca^{++} .

- Удаление: кальциевая АТФ-аза (80% в СПР, 5% во внеклеточное пространство),
- натрий/кальциевый обменник (примерно 15%), 3 натрия - в клетку, один кальций- из клетки.

Сопоставление во времени процессов возбуждения и сокращения

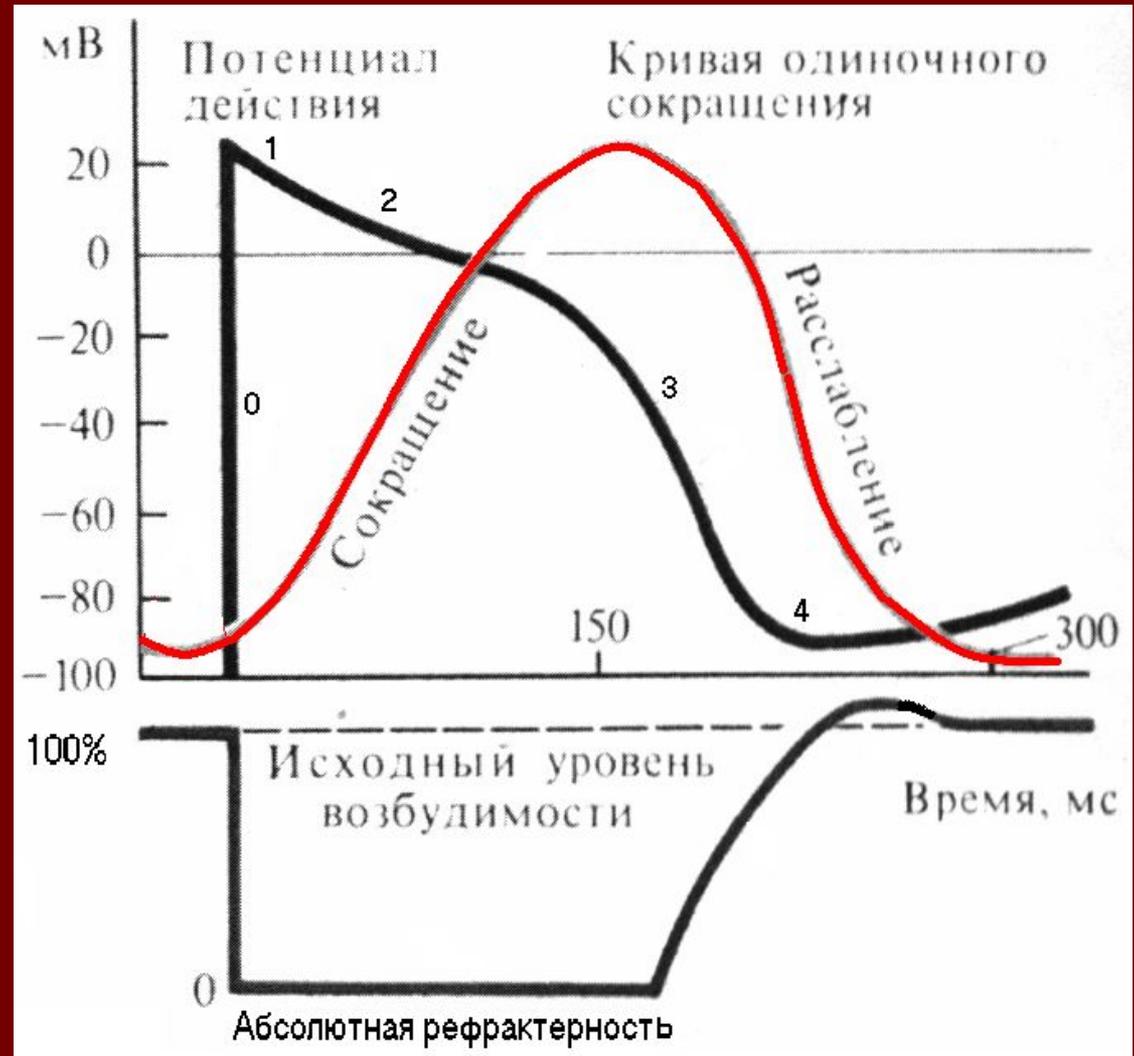




Длительность сокращения
совпадает с длительностью
возбуждения

Рабочие кардиомиоциты

Сопоставление процессов возбуждения, сокращения и изменения возбудимости



Итак!
Во время систолы

Миокард желудочков невозбудим

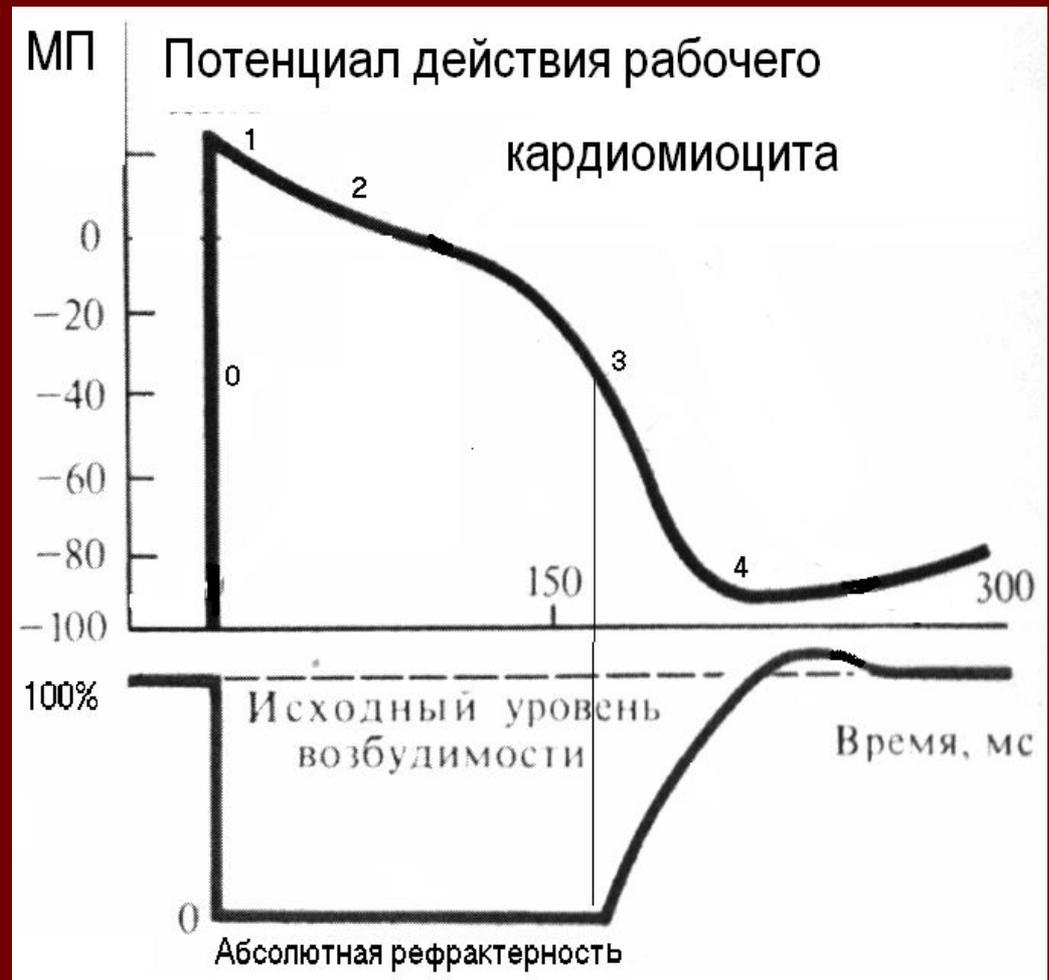
Функциональное значение этого

факта: невосприимчивость к
посторонним раздражителям. ,
следовательно обеспечивается
сокращение только в режиме
одиночного сокращения и

невозможность для сердца
сокращаться в режиме тетануса

Экстрасистолия – внеочередное возбуждение и сокращение сердца

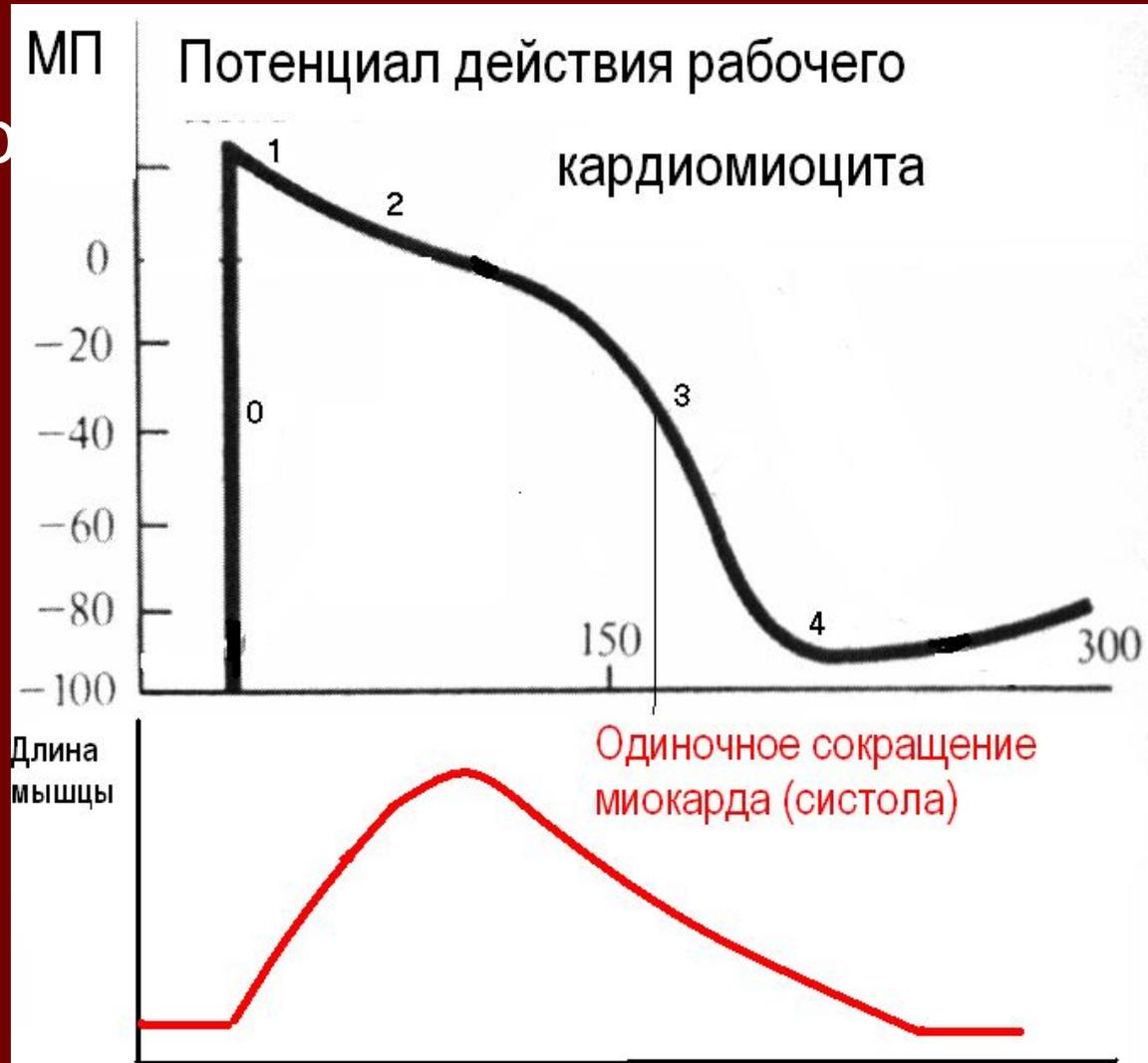
Почему возможны экстрасистолии?



Уязвимый период и его значение

В какой период систолы возможно внеочередное сокращение?

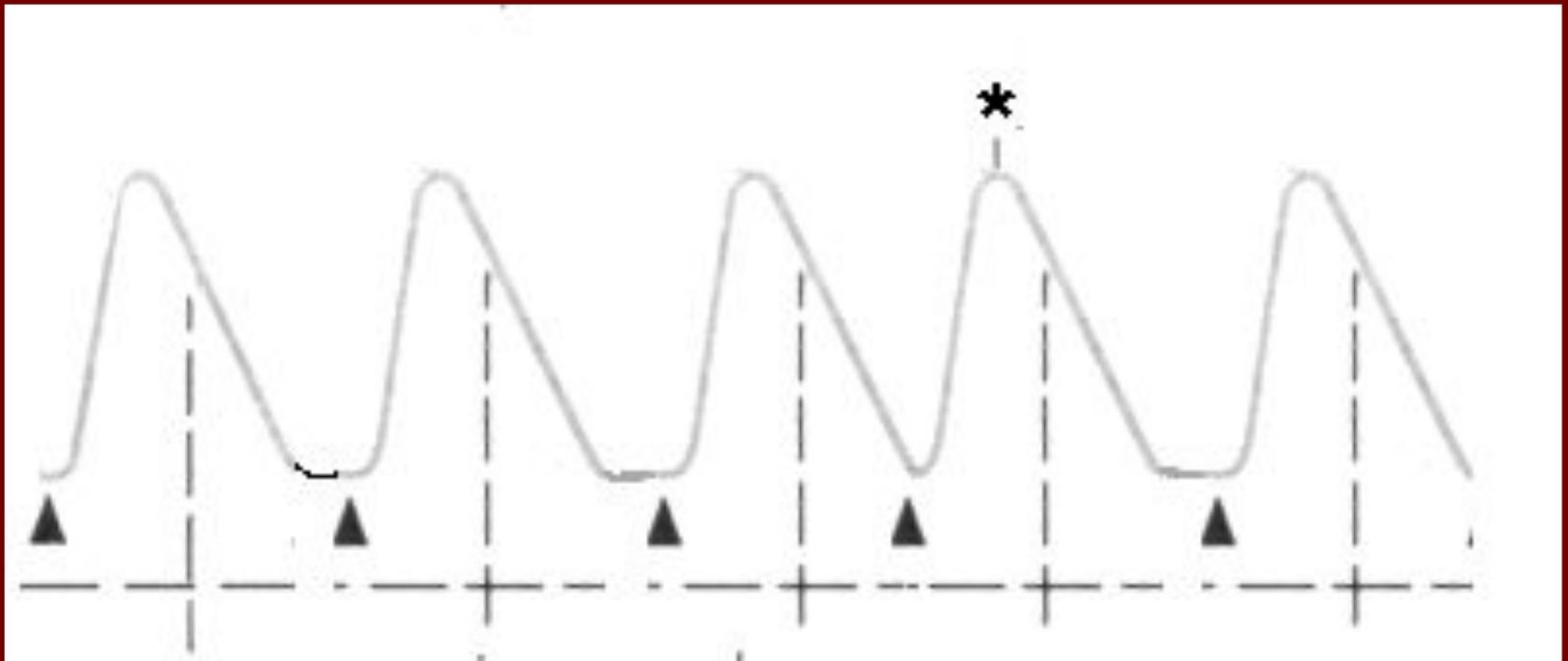
Длительность уязвимого периода сопоставима с фазой реполяризации



Два варианта экстрасистолии:

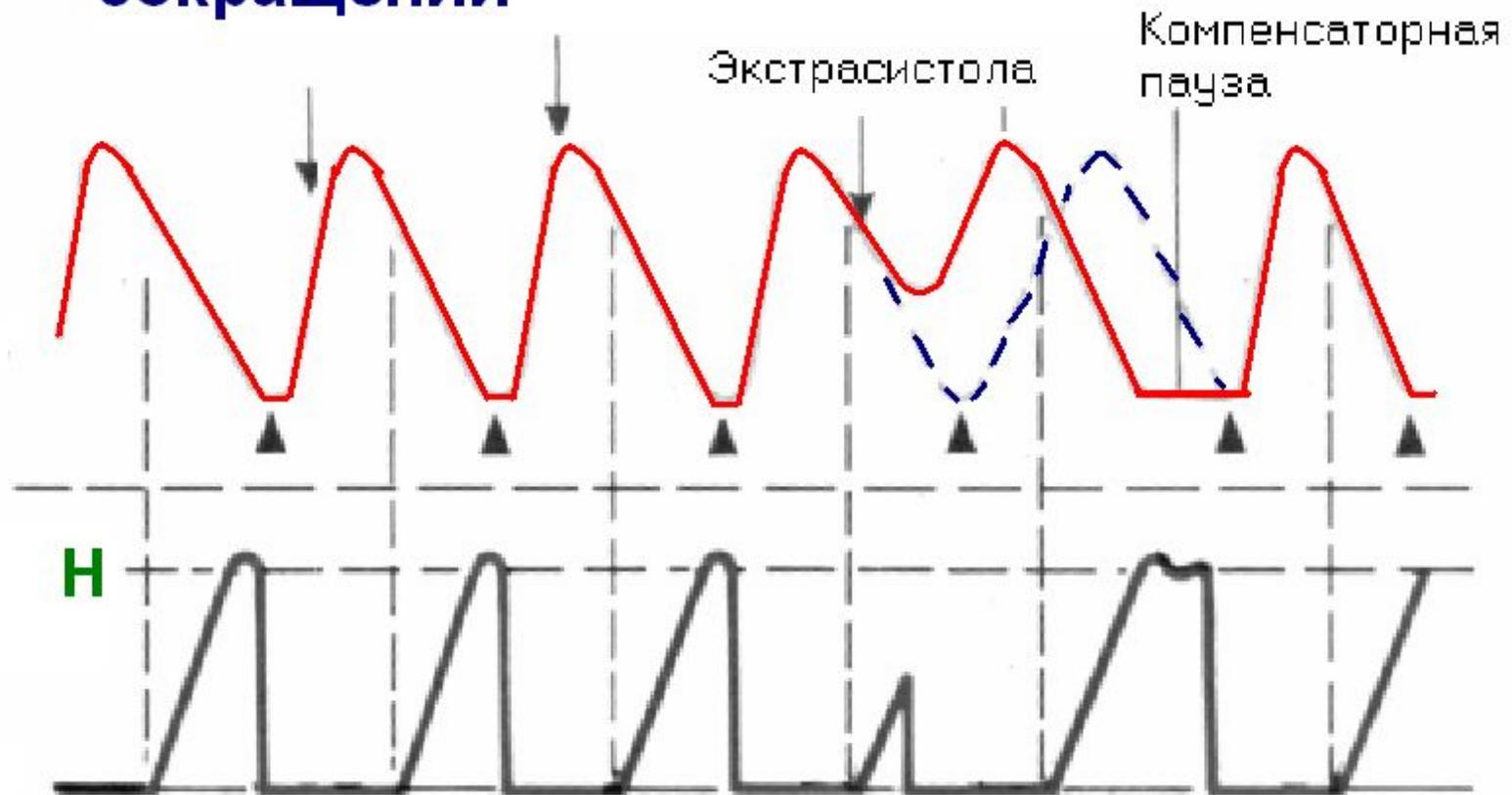
- **Синусовая** - ответ на внеочередной импульс возникший в синусном узле (свой)
- **Желудочковая** – ответ на импульс, возникший в любом отделе проводящей системы (чужой)

Синусовая – нарушение ритма видно на кардиограмме



После желудочковой – компенсаторная пауза

Запись сердечных сокращений



Изменение возбудимости

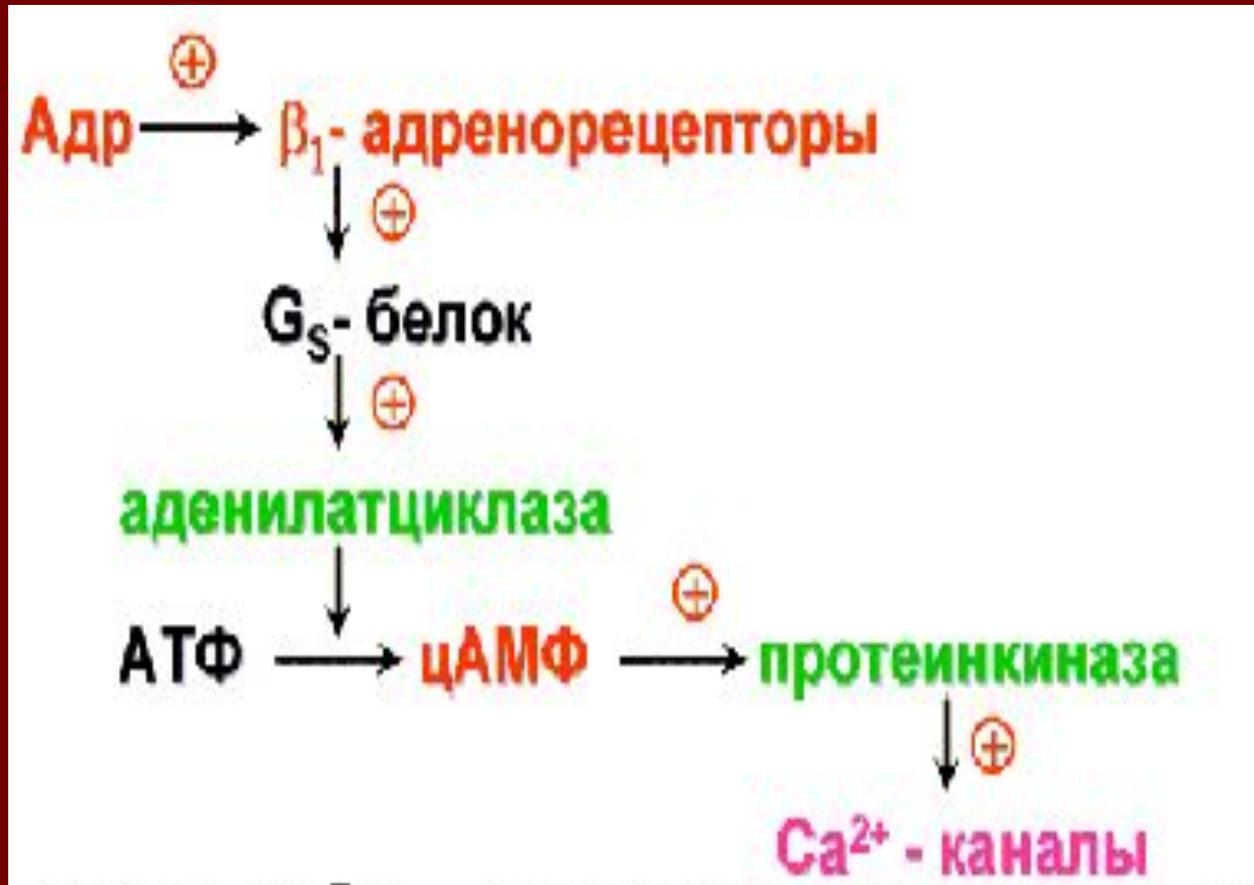
Возможности влияния на длительность потенциалов действия клеток проводящей системы и
рабочих кардиомиоцитов

- Клеточный механизм действия медиаторов сердечных нервов

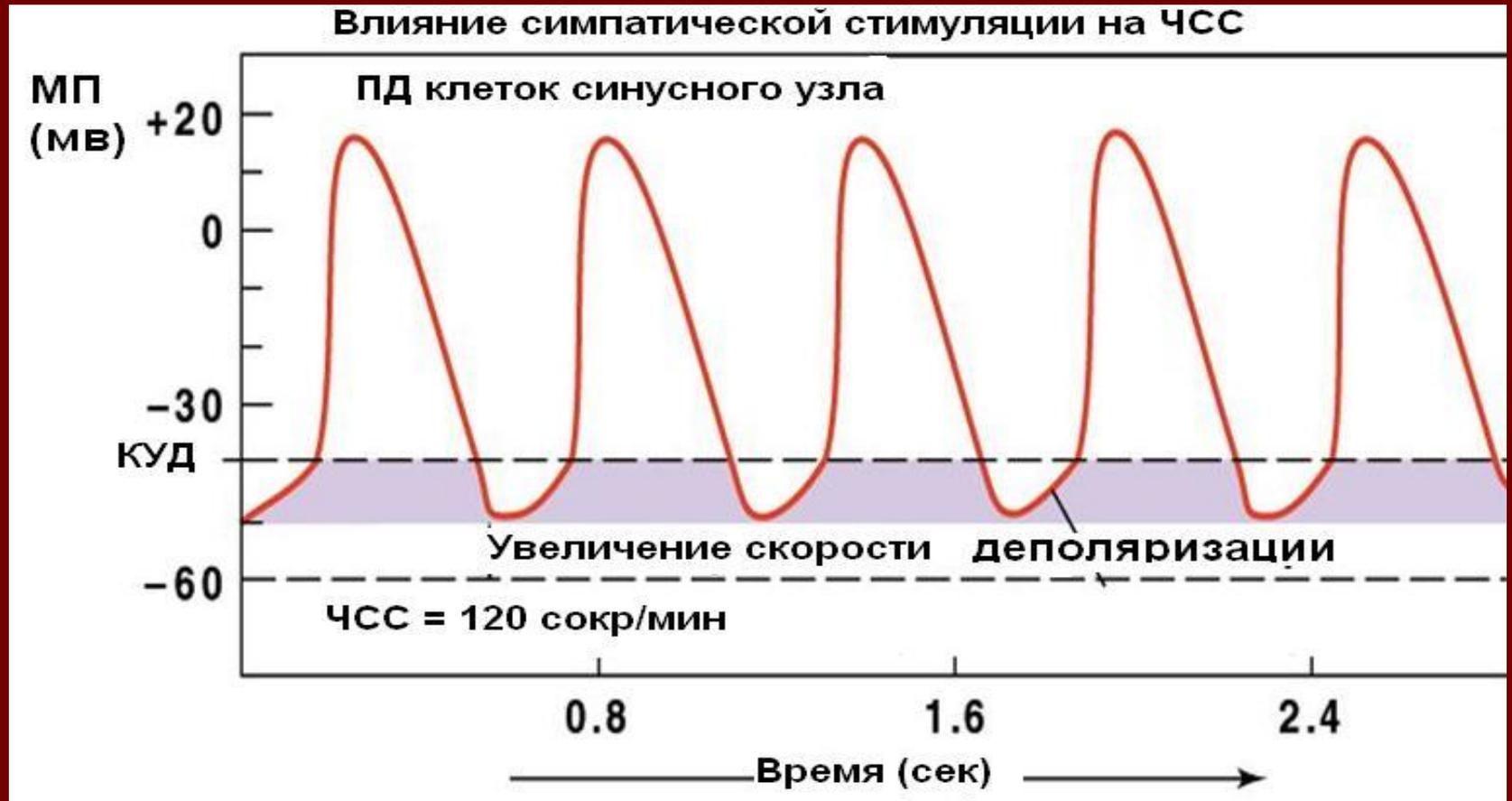
Норадреналин

в кардиомиоцитах:

повышение проницаемости для кальция
через аденилатциклазный механизм



Изменение ПД водителя ритма



Эффекты норадреналина

Положительные

- Инотропный
- Хронотропный
- Батмотропный
- Дромотропный

К чему приведет избыток норадреналина?

↗ темп метаболизма → ↗ гликолиз и окисление ЖК →

↗ **кислородный запрос** → расход АТФ → дольше реполяризация, → дольше уязвимый период →

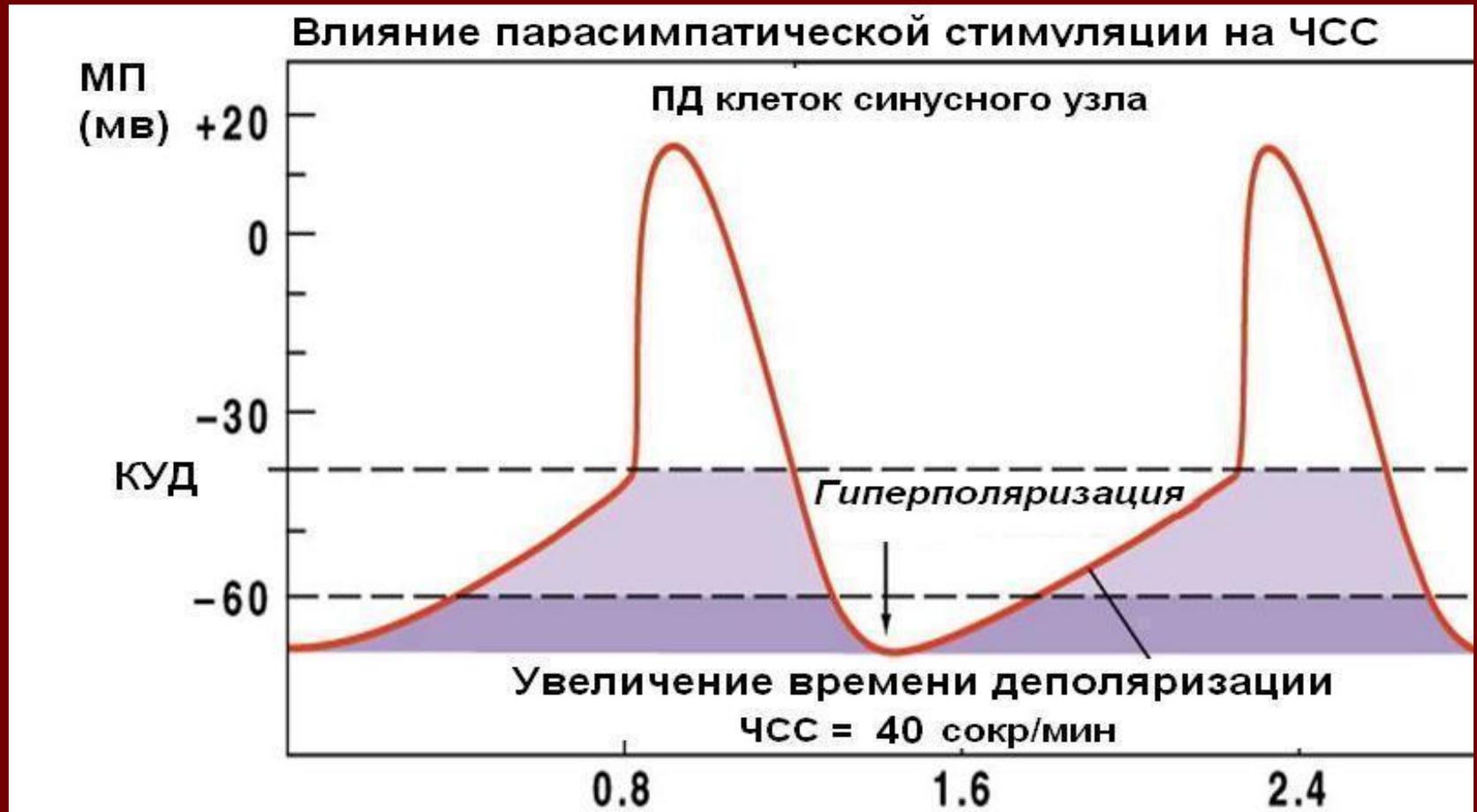
↗ **вероятность экстрасистолии.**

Ацетилхолин

Снижение возбудимости за счет :

- увеличения проницаемости для калия
- снижения активности аденилатциклазы.

Изменение ПД водителя ритма



Ацетилхолин

Отрицательные

- Хронотропный
- Инотропный
- Брадикардический
- Дромотропный

К чему приведет избыток
ацетилхолина?

**Снижение возбудимости до
невозможности
возникновения ПД.**

Пример – в опыте Гольца