ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ.

Физиология сердца. Свойства сердечной мышцы

Лекция №11

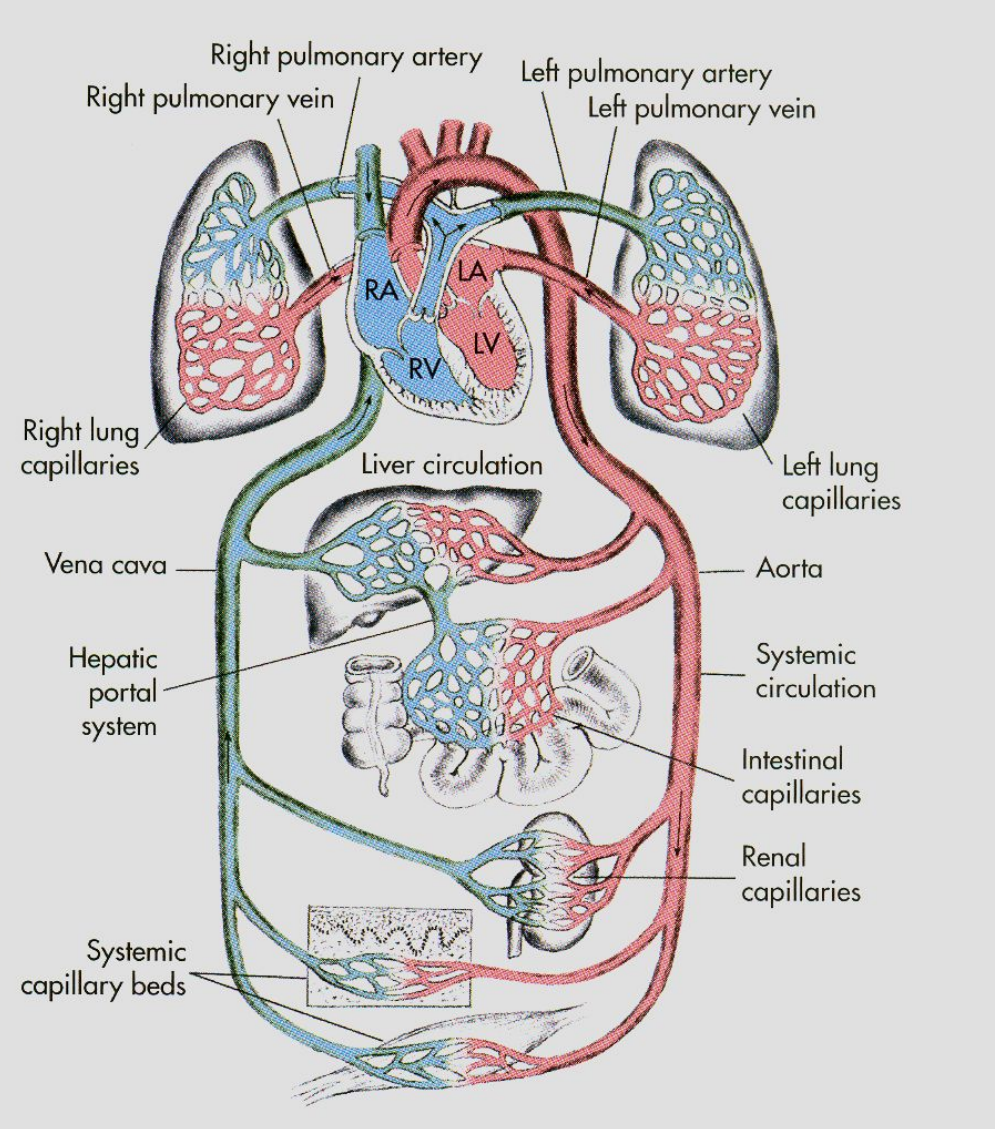
Лечебный факультет

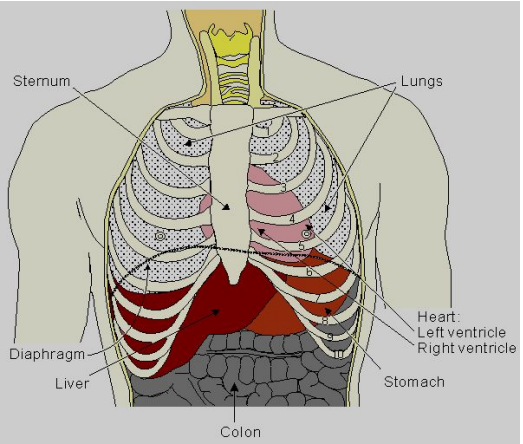
Система кровообращения:

- сердце;
- кровеносные сосуды.

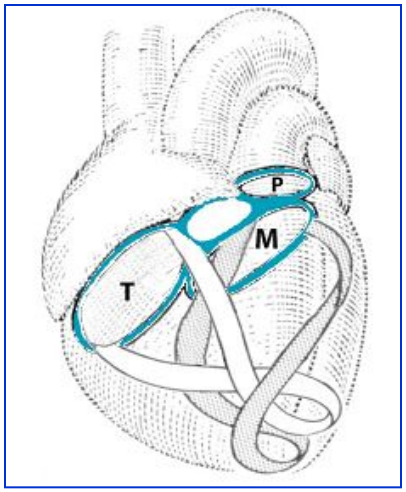
Большой круг кровообращения: левый желудочек – аорта – артерии и артериолы – капилляры – венулы и вены – полые вены – правое предсердие –

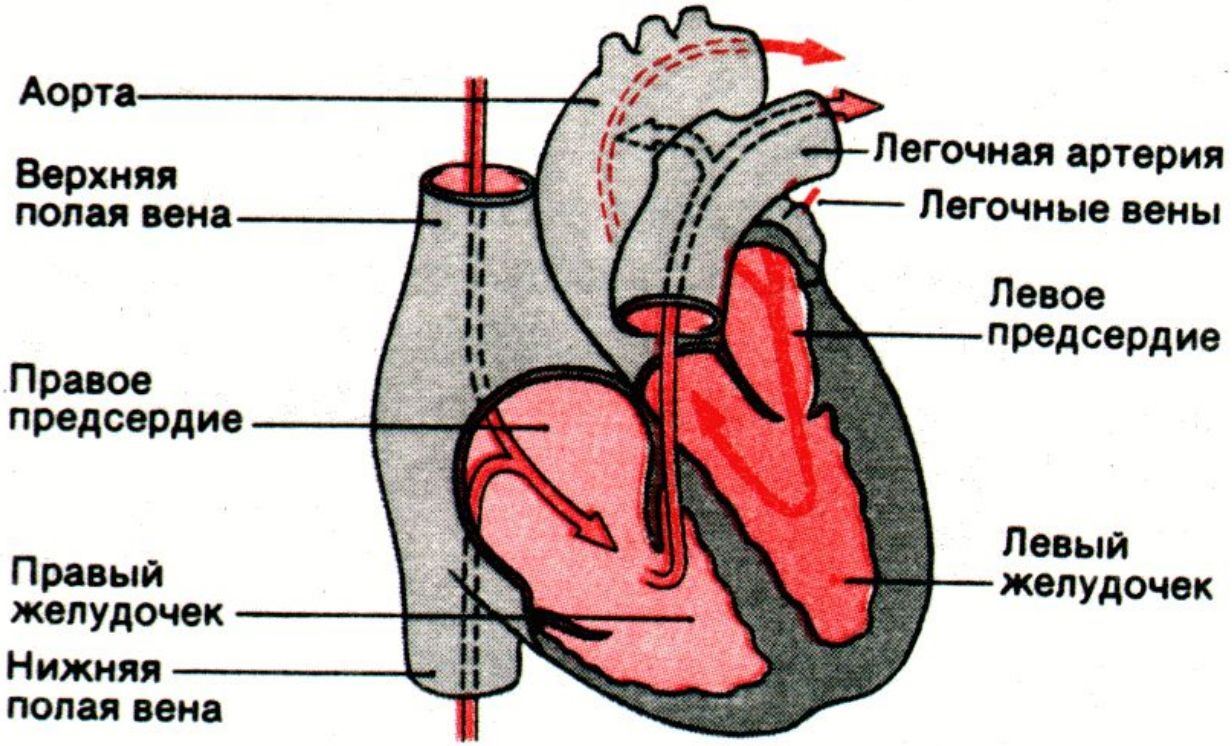
Малый круг кровообращения: правый желудочек – легочная артерия – легочные капилляры – легочная вена – левое предсердие – левый желудочек





Основные отделы сердца



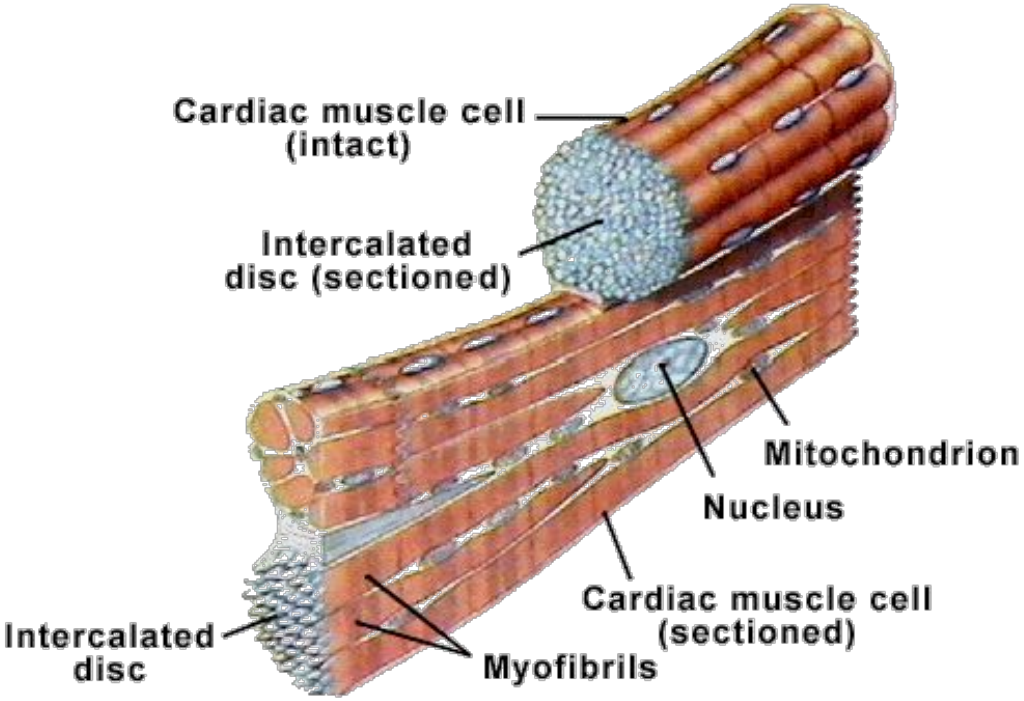


Основные функции сердца:

- **насосная**;
- эндокринная (миоциты предсердий образуют атриопептид, или натрийуретический гормон).

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МИОКАРДА

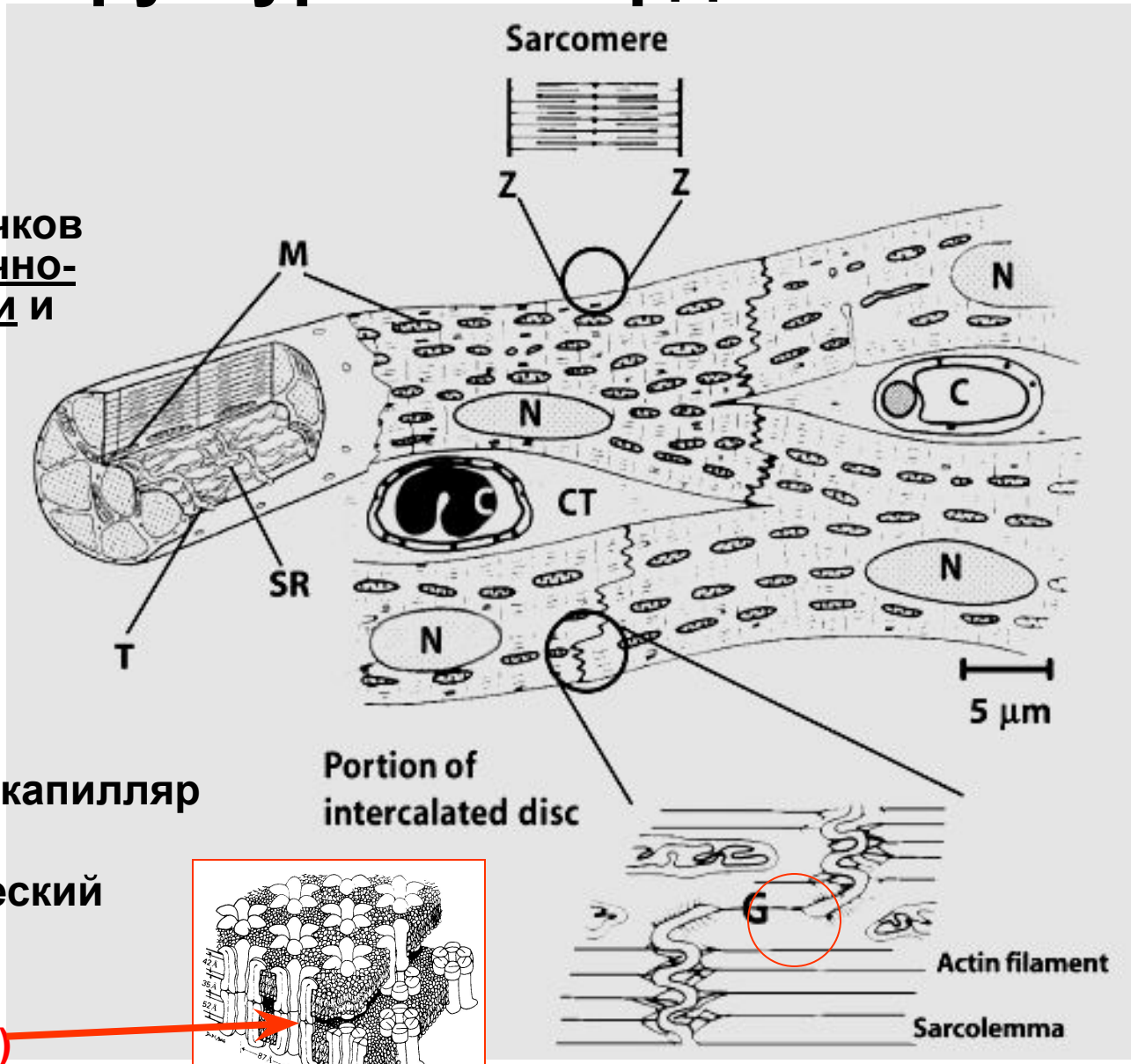
- **<u>Ультраструктура миокарда.</u>** Мышечная ткань предсердий и желудочков представлена <u>поперечно-полосатыми мышцами</u> и ведет себя как <u>функциональный синцитий.</u>



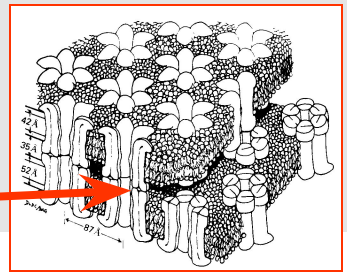
Сердце подчиняется закону «все или ничего»: на пороговое раздражение оно отвечает возбуждением всех волокон, на подпороговое - не отвечает вовсе.
Этим сердце отличается от нервов и скелетной мышцы, где каждая клетка возбуждается изолированно

Ультраструктура миокарда

Мышечная ткань предсердий и желудочков представлена <u>поперечно-полосатыми мышцами</u> и ведет себя как <u>функциональный синцитий.</u>



M = митохондрия C = капилляр
N = ядро;
SR = саркоплазматический ретикулум;
T = T-трубочки;
G = нексус (коннексон)
Z = Z-линия.



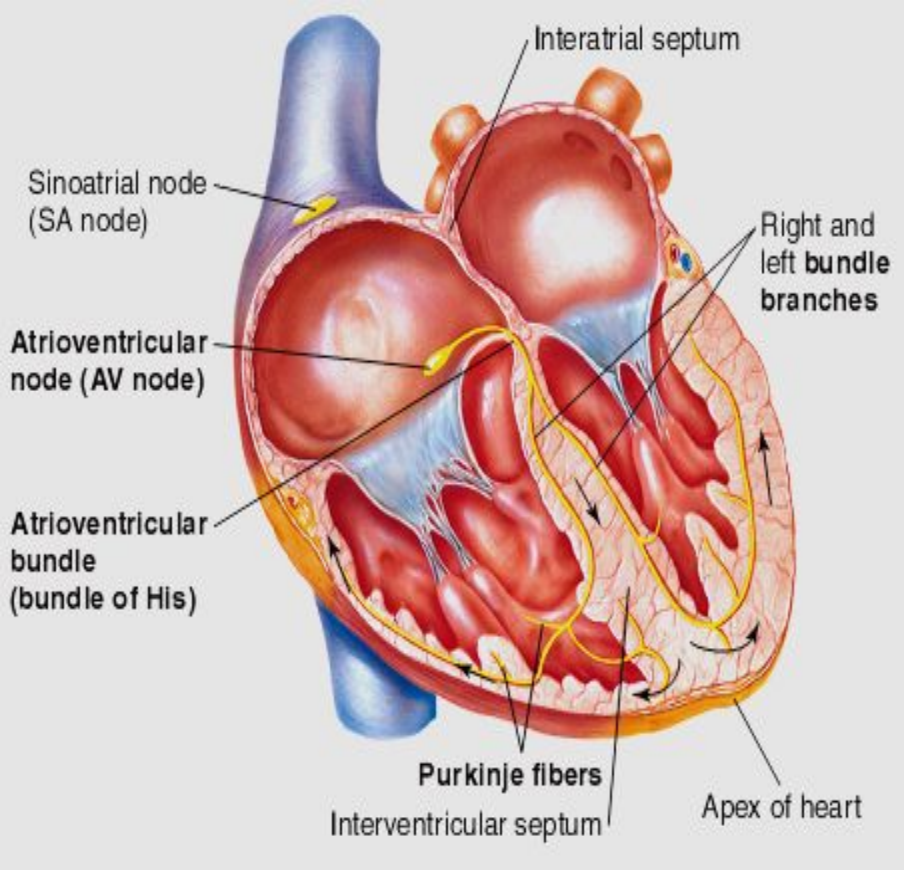
Типы кардиомиоцитов

1.Типические кардиомиоциты или сократительные (рабочие, сократительные) – 99% всей массы миокарда.

2. Атипические кардиомиоциты (напоминают эмбриональную ткань).
Различают Р-клетки (*pale* – бледный), клетки Пуркинье.
Особенности атипических кардиомиоцитов – много саркоплазмы, мало миофибрилл, митохондрий, но нексусы развиты лучше.

3.Т-клетки – переходные.

4. Эндокринные



Внимание!

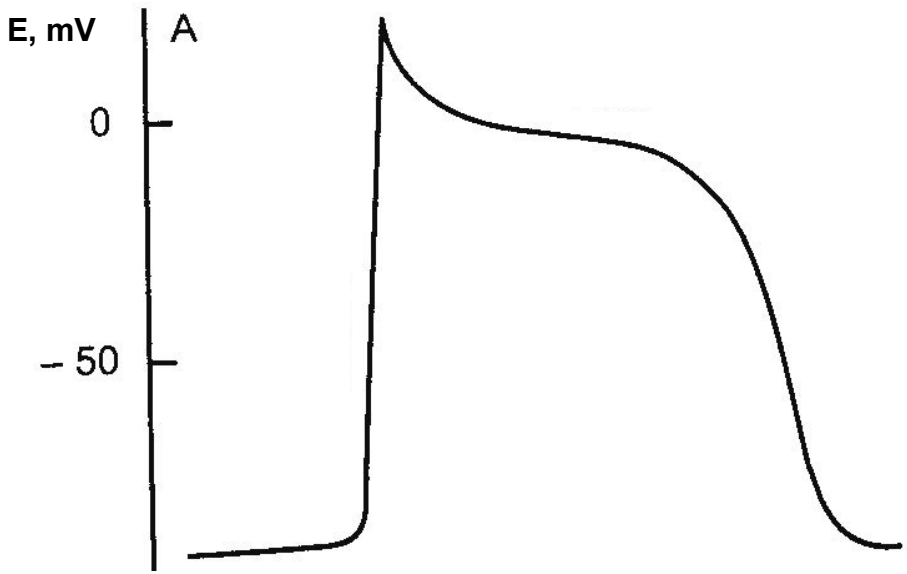
Кардиомиоциты правого предсердия выделяют гормон: натрий уретический пептид

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИОКАРДА

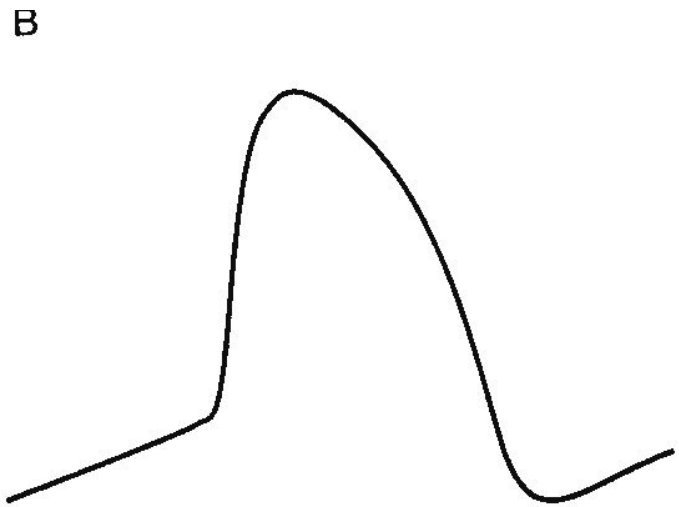
- Возбудимость
- Проводимость
- Сократимость
- Автоматия

ВОЗБУДИМОСТЬ

- Возбудимость - способность сердца возбуждаться, т.е. формировать ПД под действием раздражителя.

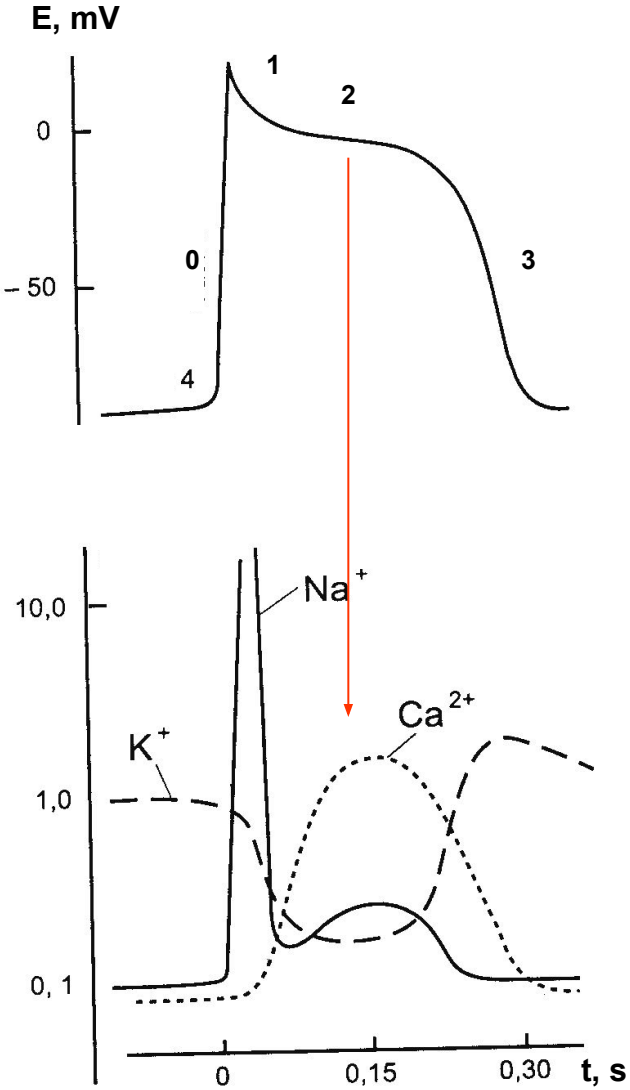


•ПД типической клетки.



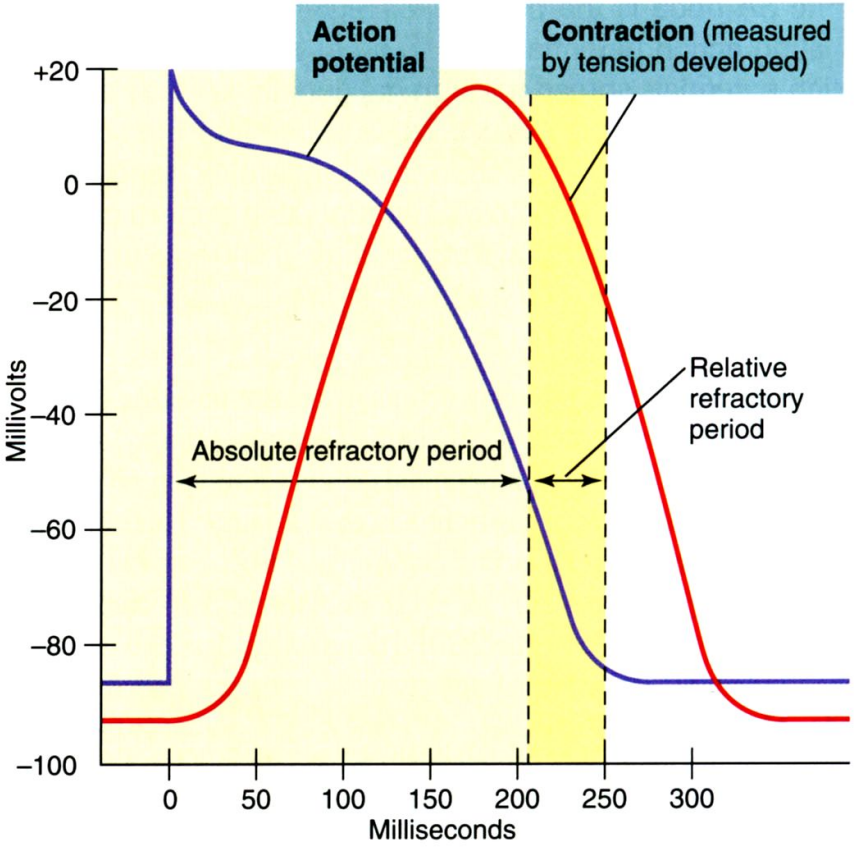
•ПД атипической клетки.

Фазы развития потенциала действия типического кардиомиоцита



- **0 – быстрая деполяризация** (1-2 мс). Открываются быстрые натриевые каналы (блокатор – тетродотоксин), затем (-40) медленные Na-Ca-каналы.
- **1 – быстрая начальная реполяризация** (+20). Инактивируются быстрые натриевые каналы. Повышается проводимость для калия, увеличивается кальциевый ток через медленные Na-Ca-каналы и кальциевые каналы. В клетках пуркинье – Cl-
- **2 – плато ПД или медленная реполяризация**. (200 – 300 мс). Повышенный вход кальция через медленные кальциевые каналы (блокатор – верапамил, нифедипин), несущий дополнительный положительный заряд и сдерживающий реполяризацию (равновесие между входящим Ca и выходящим K).
- **3 – быстрая конечная реполяризация**. Открытие потенциалзависимых калиевых каналов и увеличение выходящего тока калия, закрываются кальциевые каналы и уменьшается кальциевый входящий ток.
- **4 – фаза покоя. Мембранный потенциал покоя (МПП)** –90 мВ

Корреляция между потенциалом покоя и сокращением сердечной мышцы



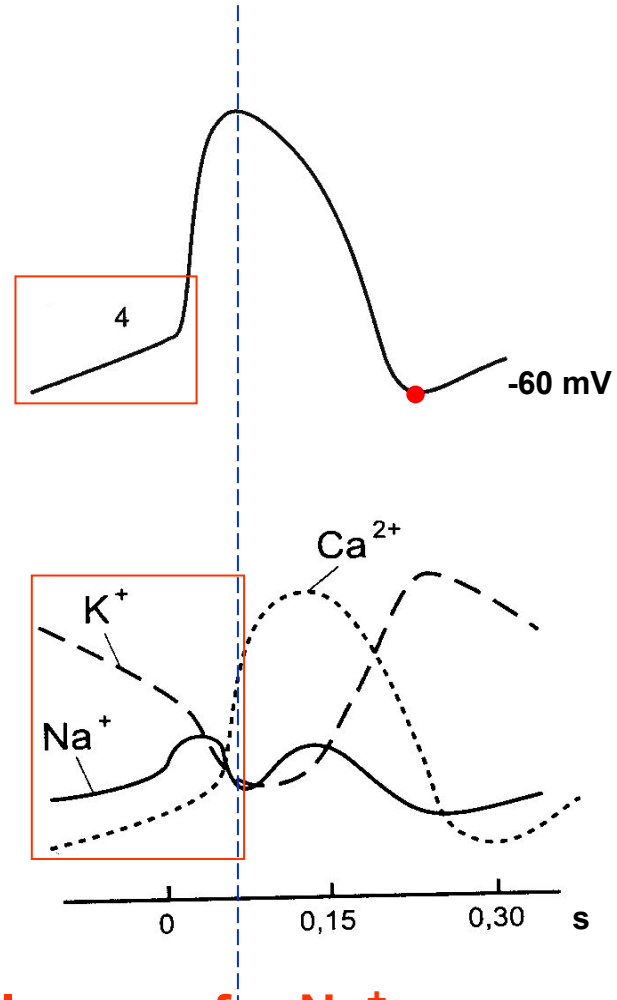
<u>Особенность - сокращение совпадает с рефрактерной фазой</u>, следовательно, в период сокращения сердце неспособно реагировать на другие раздражители

Абсолютный рефрактерный период клеток желудочков 250 - 300 мс

Изменение процесса возбудимости

- Раздражение, нанесенное в период расслабления (диастолы), когда его возбудимость частично или полностью восстановлена, вызывает внеочередное сокращение сердца – **экстрасистолу**. Следующая пауза за ней носит название ***компенсаторной.***

Автоматия



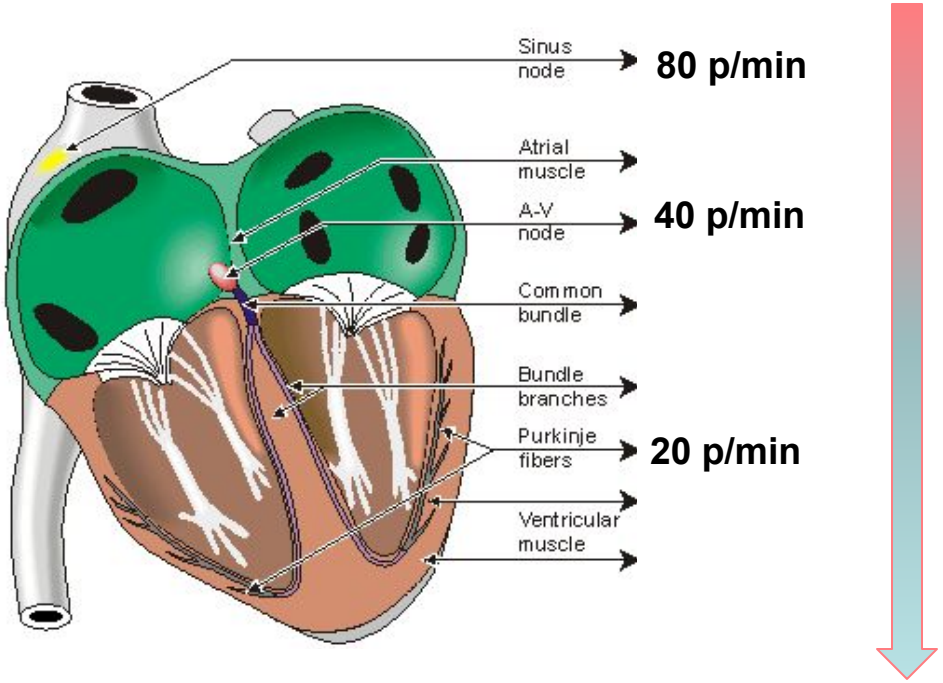
If (“funny”) for Na^+

acetylcholine-sensitive K^+-channel

- **Автоматия – способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом.**
- **Доказательство автоматии: если изолированное сердце поместить в соответствующие условия, то оно будет продолжать биться с постоянной частотой**
- Субстратом автоматии является специфическая мышечная ткань, состоящая из атипических клеток, или **проводящая система сердца.**
- Медленная диастолическая деполяризация (МДД)
- Максимальный диастолический потенциал (МДП)

Закон убывающего градиента автоматии сердца

СА является водителем ритма, или пейсмекером 1-го порядка.
«Латентные» водители ритма находятся в соподчиненном положении, что позволило В. Гаскеллу сформулировать *закон убывающего градиента сердца:*

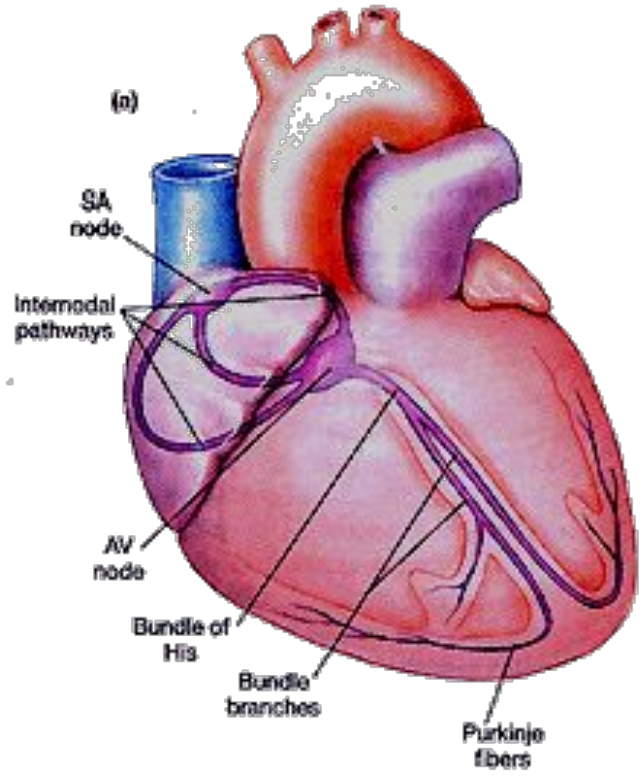


СА – 80 имп/мин,
АВ – 40-50 имп/мин,
Клетки пучка Гиса – 30 имп/мин,
Волокна Пуркинье – 20 имп/мин.

Единицы измерения автоматии – имп/мин

ПРОВОДИМОСТЬ

- в рабочих кардиомиоцитах предсердий и желудочков – 0,8-1 м/с;
- в волокнах СА – 0,05 м/с,
- АВ – 0,2-0,3 м/с,
- в краевой зоне АВ – 0,02-0,03 м/с;
- в пучке Гиса – 1,0-1,5 м/с;
- в волокнах Пуркинье –3-5 м/с.



Единицы измерения проводимости – м/с

СА

Правое предсердие

Пучок Бахмана

Левое предсердие

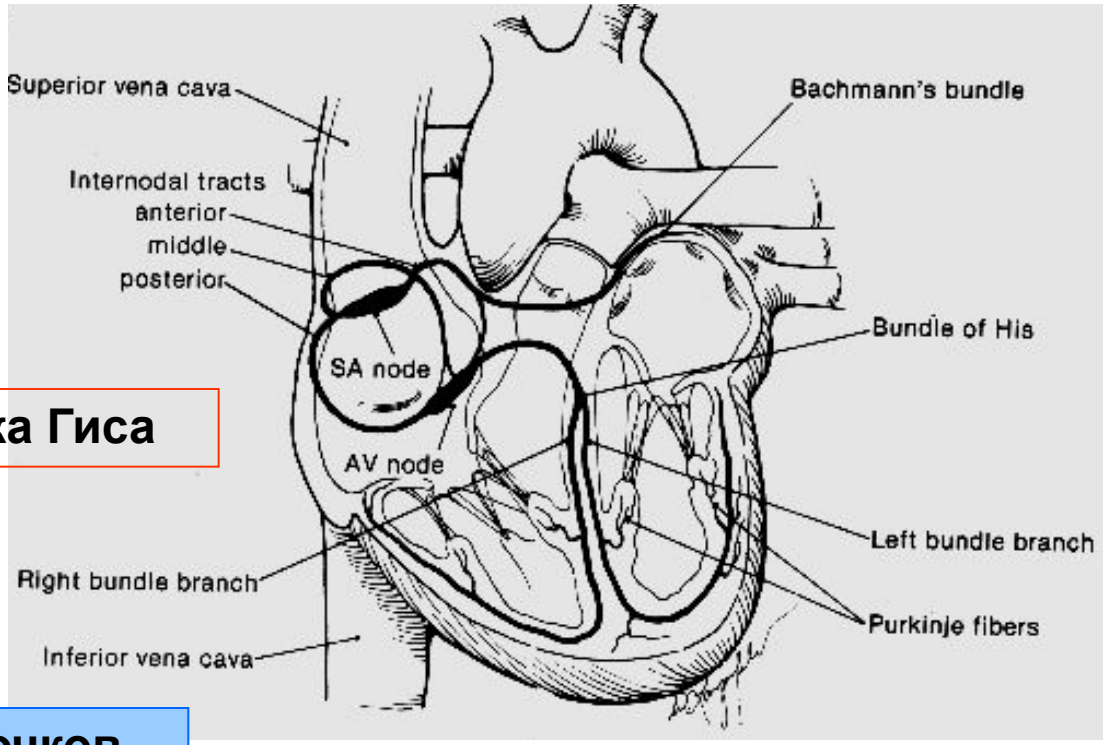
AV node

Пучок Гиса

Правая и левые ножки пучка Гиса

Волокна Пуркинье

Типические клетки желудочков



Нарушение проводимости

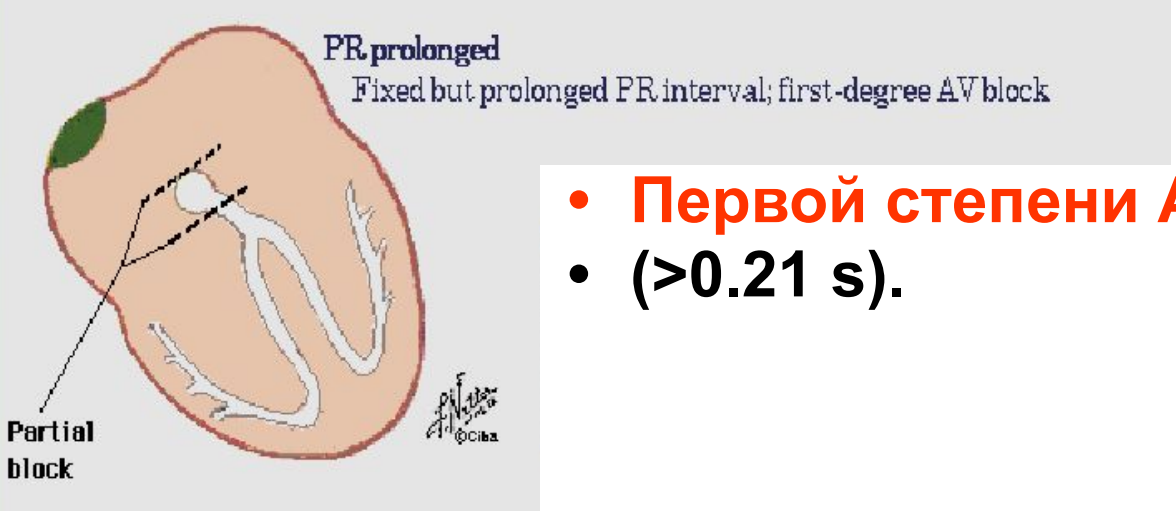
Различают **блокады**:

- атриовентрикулярные (нарушение проводимости между предсердиями и желудочками;
- пучка Гиса и его ножек.

Атриовентрикулярная блокада:

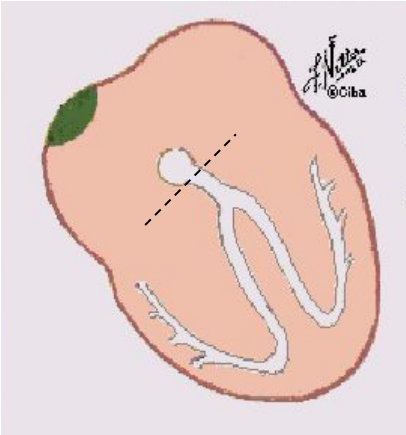
- неполная (наличие единого водителя ритма – СА) ;
- полная (отсутствие единого водителя ритма при полном нарушении проводимости между предсердиями и желудочками).

AB блокада



- **Первой степени АВ блокада**
- **(>0.21 s).**

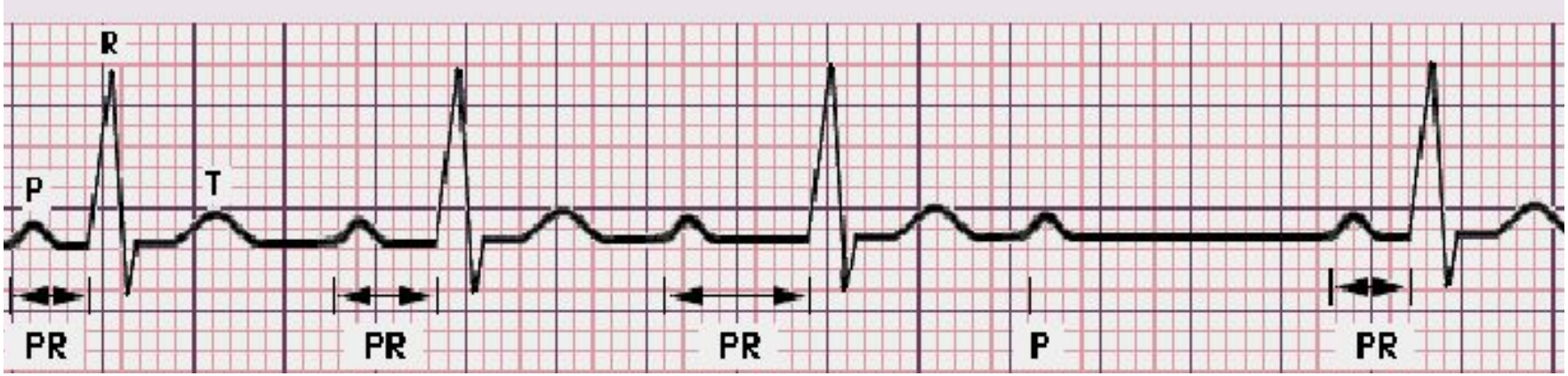
АВ блокада



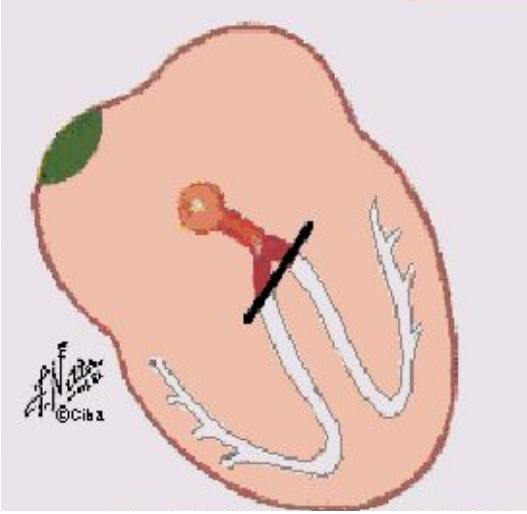
Вторая степень АВ блокады

(2:1, 3:1,10:1).

Ритмическая активность обусловлена работой одного пейсмекера (СА).

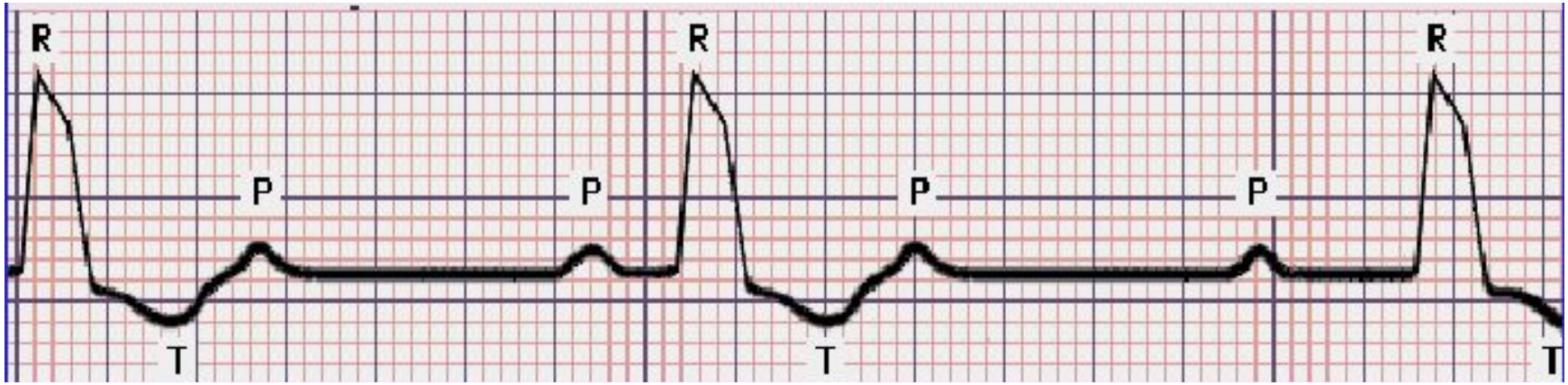


АВ блокада



Третья степень АВ блокады

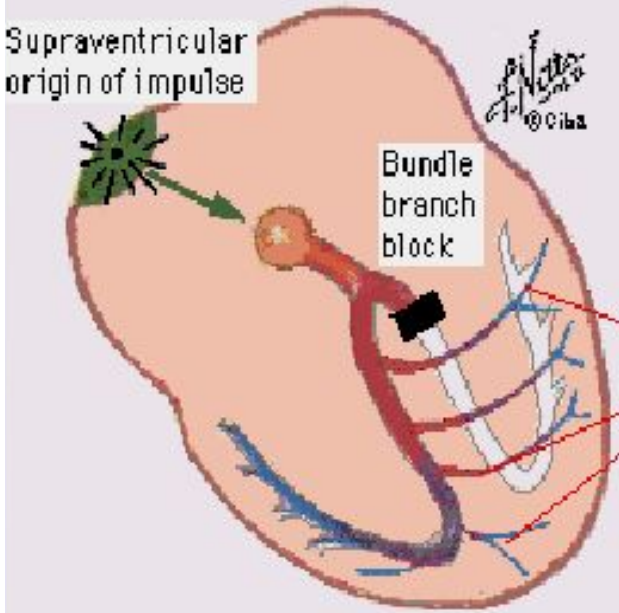
наличие двух пейсмекеров:
СА узел и АВ узел.



NSMA-SAITM, 2011

Intraventricular Conduction Defect (IVCD)

Intraventricular conduction defect (IVCD), including right or left bundle branch block, is a supraventricular rhythm. IVCD has a wide QRS complex which is characteristic of ventricular rhythms, but the impulse is of supraventricular origin.



Conduction below block occurs by slow spread from uninvolved side *

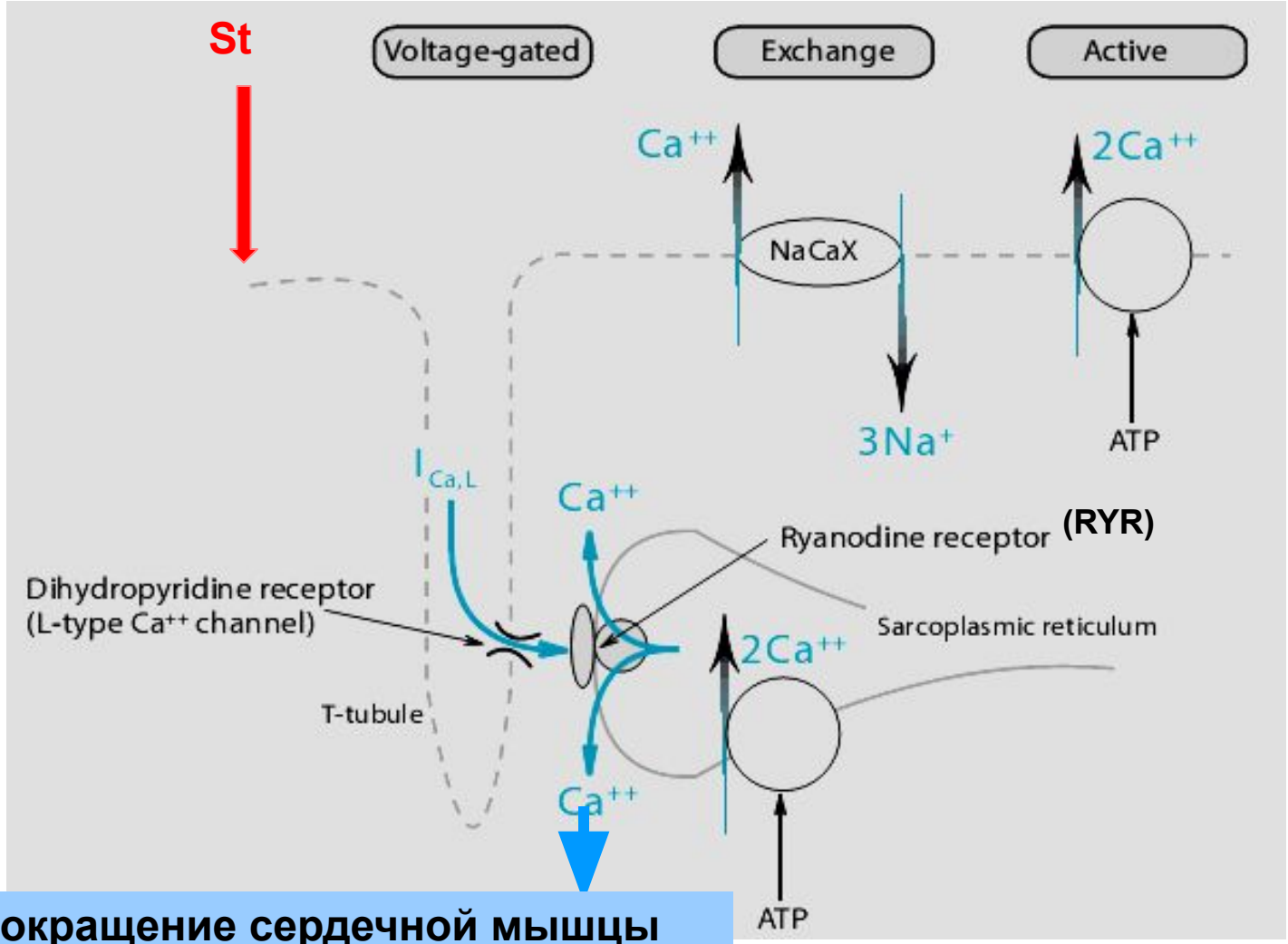
Wide QRS (>2.5 small boxes), *often notched, preceded by P wave with normal PR interval

СОКРАТИМОСТЬ

Особенности:

- 1. Мышечная ткань ведет себя как функциональный синцитий и подчиняется **закону «все или ничего».**
- 2. Сокращение сердца, как и у скелетных мышц запускается ПД, однако у **сердечной мышцы ПД и фазы сокращения перекрывают друг друга.** ПД заканчивается только после начала фазы расслабления.
- 3. Существует взаимосвязь между внутриклеточным депо Ca2+ и Ca2+ внеклеточной среды. **Во время ПД Ca2+ входит в клетку из внеклеточной среды и увеличивает длительность ПД, а значит и рефрактерного периода,** тем самым создаются условия для пополнения внутриклеточных запасов кальция, участвующего в последующих сокращениях сердца.
- 4. Длительный рефрактерный период обуславливает **отсутствие** способности к **тетаническому** сокращению сердечной мышцы.

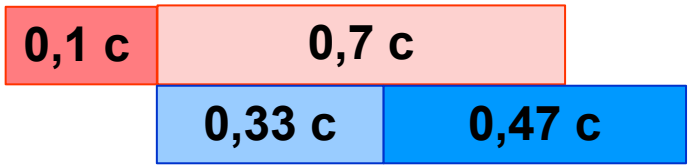
Электро-механическое сопряжение в сердечной мышце



Сокращение сердечной мышцы

СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

Сократительная деятельность сердца связана с работой клапанов и давлением в его полостях. Эти изменения носят фазный характер и составляют основу <u>сердечного цикла</u>, длительность которого в среднем при ЧСС 70 мин$^{-1}$ равна 0,8 с.



1. **систола предсердий (0,1 с),**
2. **диастола предсердий (0,7 с)**
3. **систола желудочков (0,33 с)**
4. **диастола желудочков (0,47)**

общая пауза (0,37 с)

Тоны сердца

- I - систолический длительностью 0,11 с
- II - диастолический длительностью 0,07с. Эти тоны можно прослушать и зарегистрировать.
- III тон соответствует началу наполнения желудочков и вибрации их стенок при быстром притоке крови, хорошо прослушивается у детей, его можно зарегистрировать.
- IV тон обусловлен сокращением предсердий, он только регистрируется