

**Гомельский государственный
медицинский университет
Курс нормальной физиологии**

Физиологические свойства и особенности сердца

ЛЕКЦИЯ 1
для студентов 2 курса



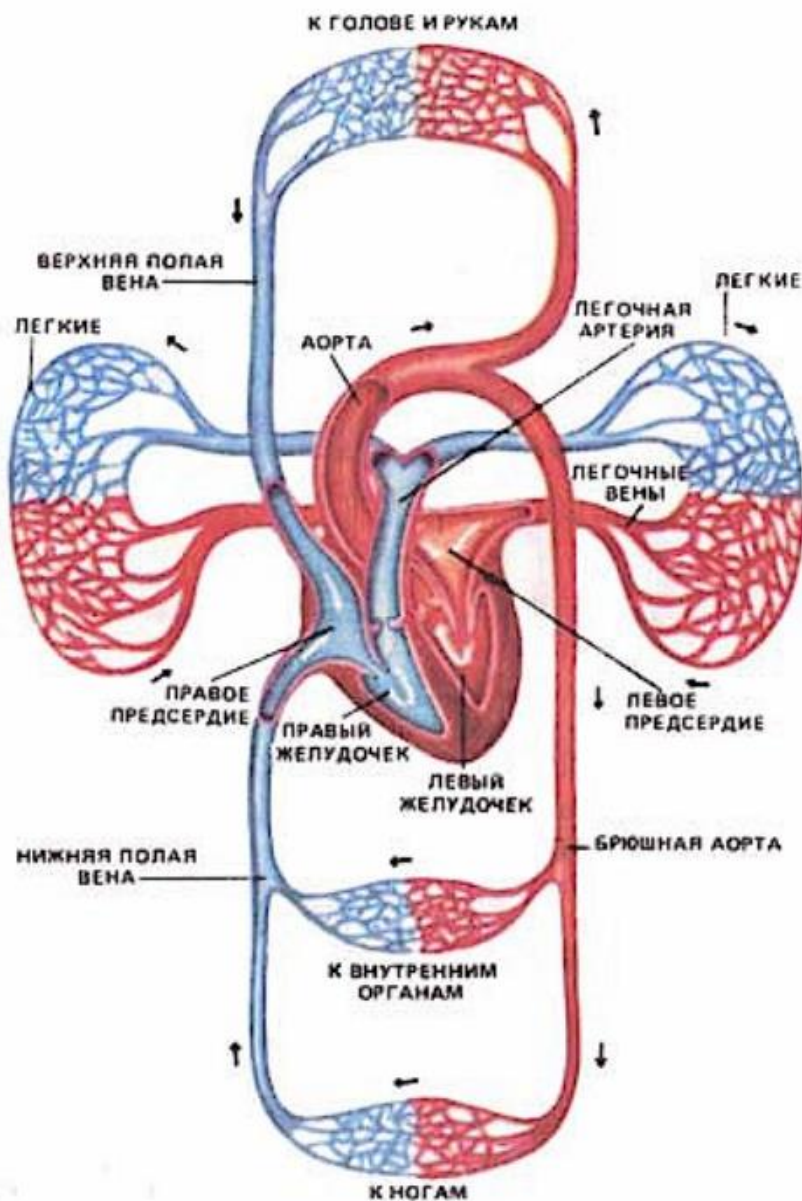
Доцент, к.б.н. Мельник Светлана Николаевна

План лекции:

- ▶ 1. Структурно-функциональная характеристика сердечно-сосудистой системы.
- ▶ 2. Физиология сердца.
 - ▶ 2.1. Сократительный миокард, строение, физиологические свойства и особенности.
 - ▶ 2.2. Проводящая система сердца, ее функциональные особенности. Понятие о пейсмекере. Современное представление о природе и градиенте автоматии.
 - ▶ 2.3. Соотношение возбудимости, возбуждения и сокращения миокарда. Законы сокращения миокарда. Экстрасистола.
 - ▶ 2.4. Электрические проявления сердечной деятельности. Электрокардиография. Общий план анализа и критерии нормы ЭКГ, ее диагностическое значение.

Структурно-функциональная характеристика сердечно- сосудистой системы

Схема системы кровообращения человека



БОЛЬШОЙ КРУГ (СИСТЕМНЫЙ)

Начало: левый желудочек - аорта

Состав: аорта, артерии, артериолы, капилляры, венулы и вены мускулатуры тела и всех органов, кроме легких

Конец: полые вены - правое предсердие

МАЛЫЙ КРУГ (ЛЕГОЧНЫЙ)

Начало: правый желудочек - легочной ствол

Состав: сосуды легких

Конец: легочные вены - левое предсердие

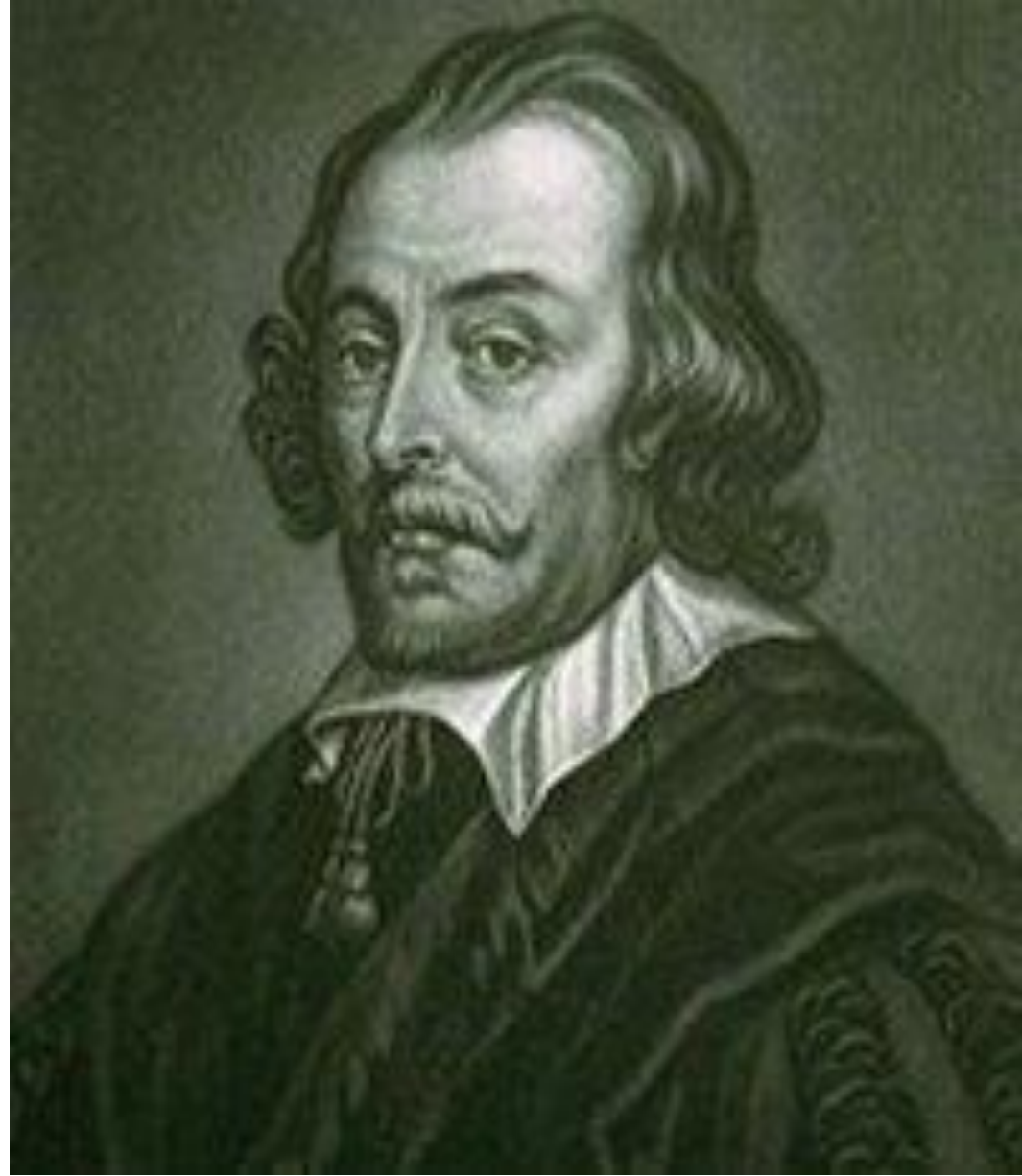
Мигель Сервет

**М.SERVETO (1511-
1553) испанский
мыслитель и врач
открыл малый
круг
кровообраще-
ния**



Уильям Гарвей

W. Harwey (1578-1657) английский врач, основатель современной физиологии. В 1628 открыл большой круг кровообращения

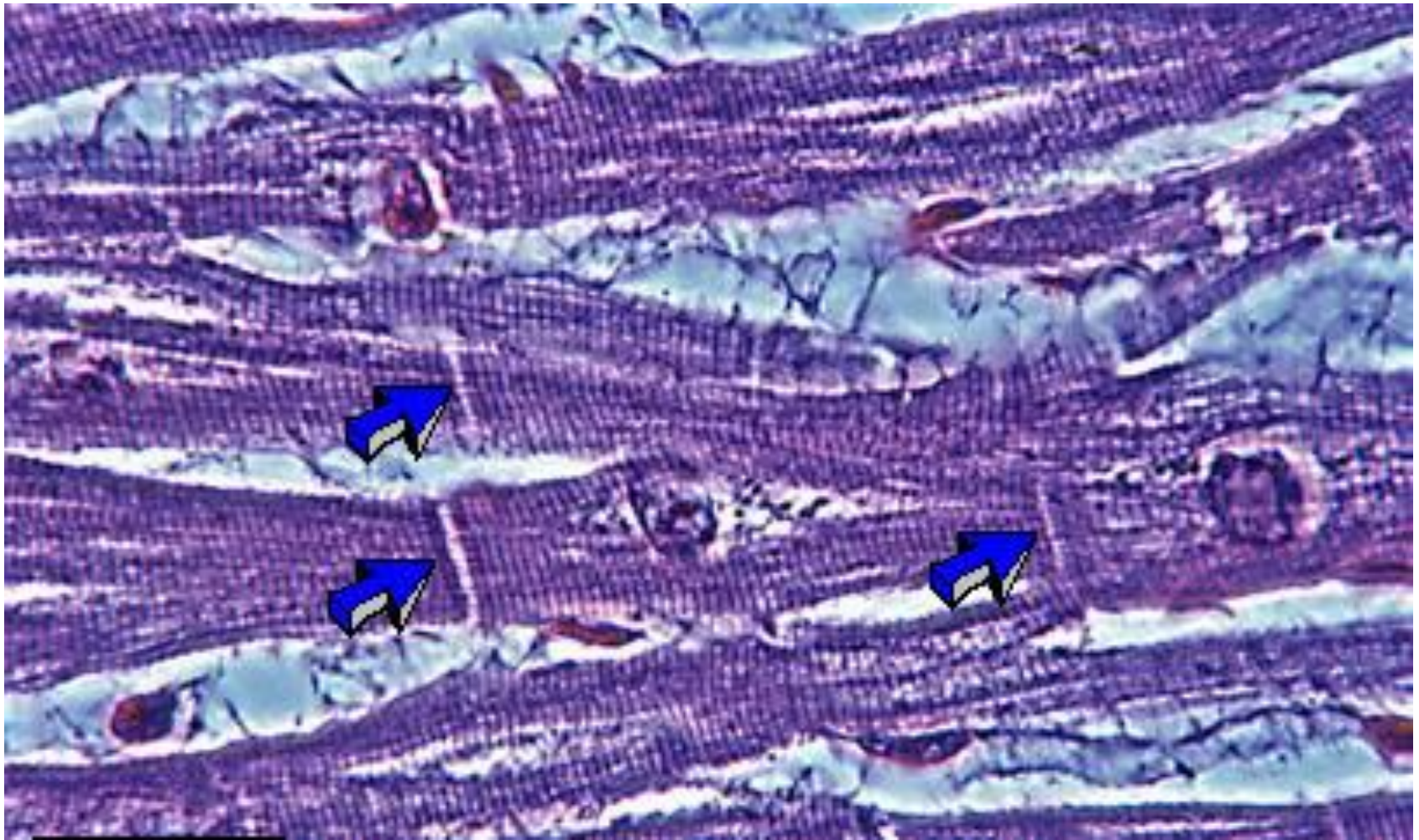


**Марчелло
Мальпиги
(1628—1694),
итальянский
анатом, описал
капиляры
в почках,
которые были
названы
мальпигиевы
сосуды**



**Физиология сердца.
Сократительный миокард, строение,
физиологические свойства и
особенности**

Рабочий миокард и нексусы

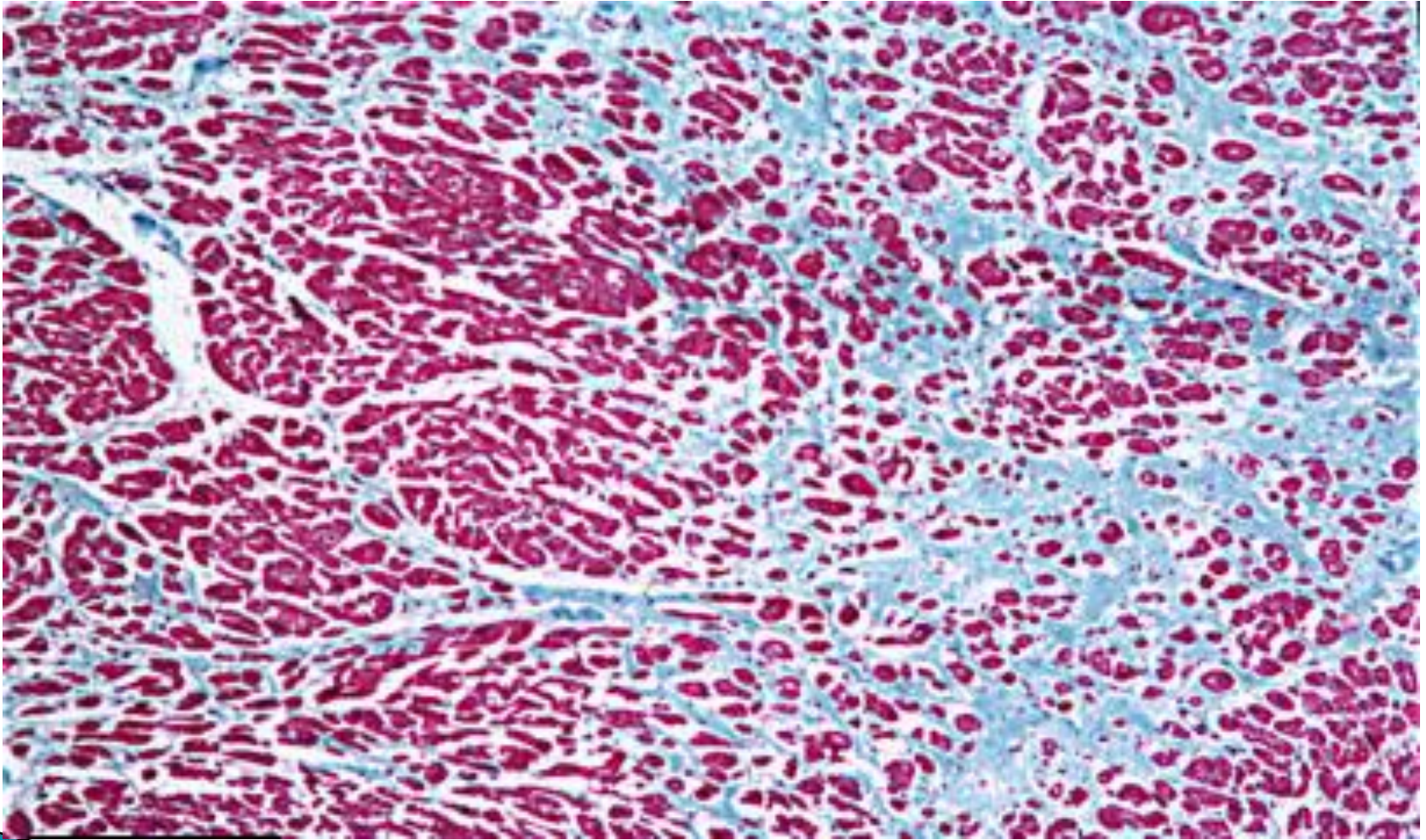


Стрелками указаны **нексусы**

Миокард отличается по своему строению, свойствам и функциям. Основная масса кардиомиоцитов принадлежит к рабочему миокарду — это **типичные** или **сократительные кардиомиоциты**, которые содержат сократительный аппарат и **депо кальция** (цистерны и трубочки саркоплазматического ретикулума). Эти клетки объединены в так называемые **сердечные мышечные волокна** (поперечно-полосатые волокна), которые расположены в различных направлениях и образуют пучки: **кольцевые, косые, продольные, петлеобразные.**

Помимо рабочего миокарда имеются скопления особых клеток называемые ***атипичными кардиомиоцитами***. В отличие от рабочих кардиомиоцитов здесь **мало миофибрилл, много саркоплазмы**, слабая исчерченность (иногда их называют Р-клетками). Они образуют ***проводящую систему*** сердца.

Атипичные кардиомиоциты



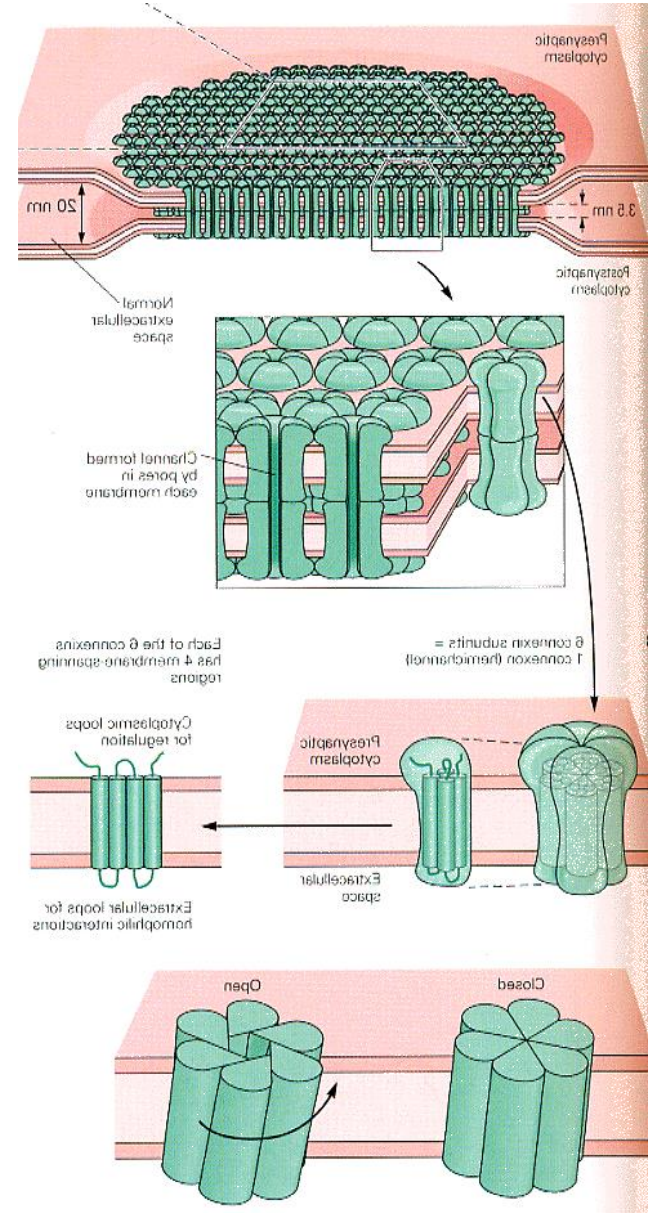
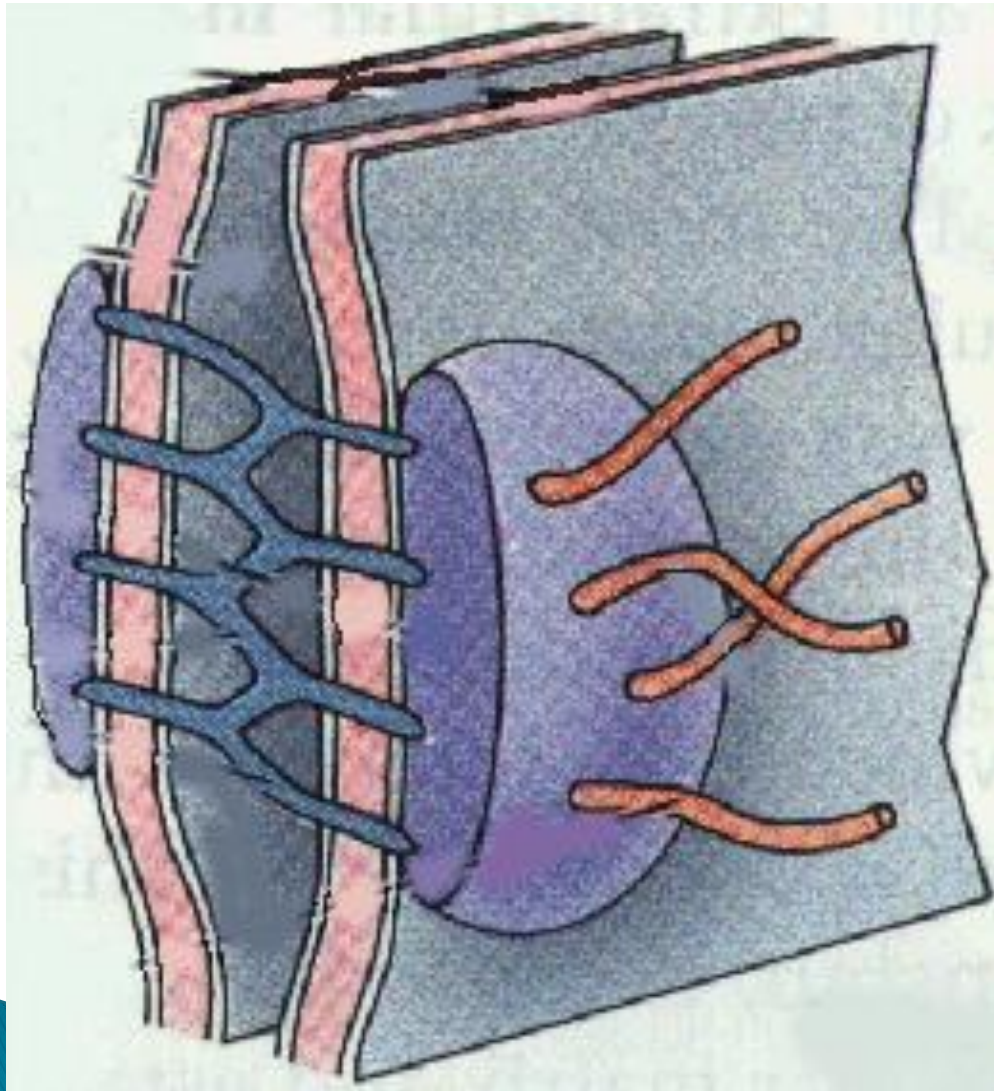
Рабочий миокард и проводящая система сердца характеризуются наличием большого числа межклеточных контактов — **нексусов (дисков)** — область плотных контактов между миоцитами, в мембранах которых имеются общие для контактирующих клеток **каналы (щелевые контакты)**.

Каналы сформированы шестью молекулами белков **коннексонов** через которые возбуждение способно переходить с одного кардиомиоцита на другой.

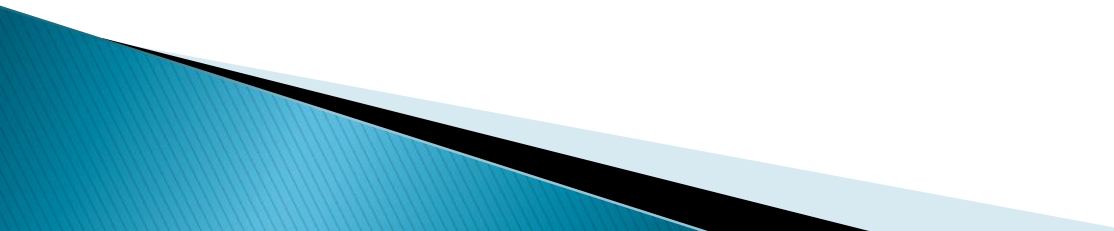
Через нексусы кардиомиоциты (КМ) обмениваются ионами Ca^{2+} и другими биологически активными веществами.

В составе нексусов имеются **десмосомы** — области прочного механического прикрепления клеток друг к другу. Благодаря наличию непосредственной электрической и механической связи между КМ возбуждение и сокращение оказываются синхронизированными. Поэтому миокард функционирует как единое целое и представляет собой **функциональный синцитий**.

Десмосомы и щелевые контакты

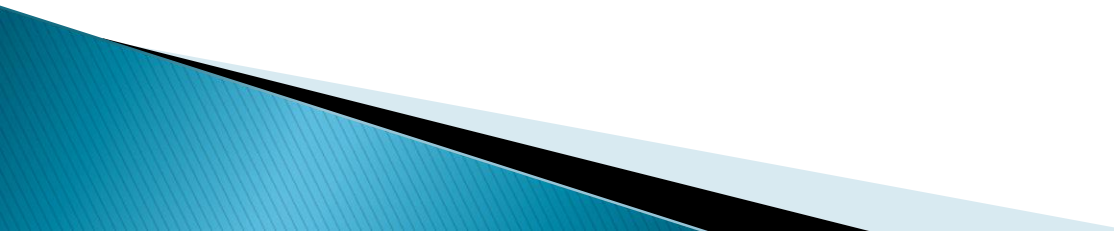


Главным источником энергии для сердца является процесс **аэробного окисления**. Потенциальными носителями энергии являются главным образом неуглеводные субстраты: **свободные жирные кислоты** и **молочная кислота** (около 60%), пировиноградная кислота, кетоновые тела и аминокислоты (менее 10%). Только около 30% расходуемой сердцем энергии покрывается за счет глюкозы.



Большая зависимость деятельности сердечной мышцы от аэробного окисления делает сердце весьма зависимым от поступления кислорода к КМ.

Так, при относительном покое левый желудочек потребляет **2 мл O_2** в мин на 100 г массы миокарда. При физической нагрузке потребление O_2 увеличивается **до 80 мл/мин** на 100 г массы миокарда. При этом роль лактата возрастает (на 50%), роль глюкозы уменьшается.



Свойства миокарда:

1. Возбудимость — способность реагировать на раздражение.

Во время **систолы** возбудимость снижается и исчезает — возникает состояние абсолютной **рефрактерности (невозбудимости)**.

2. Проводимость — обеспечивает распространение возбуждения по проводящей системе и по миокарду, благодаря **нексусам**.

Свойства миокарда:

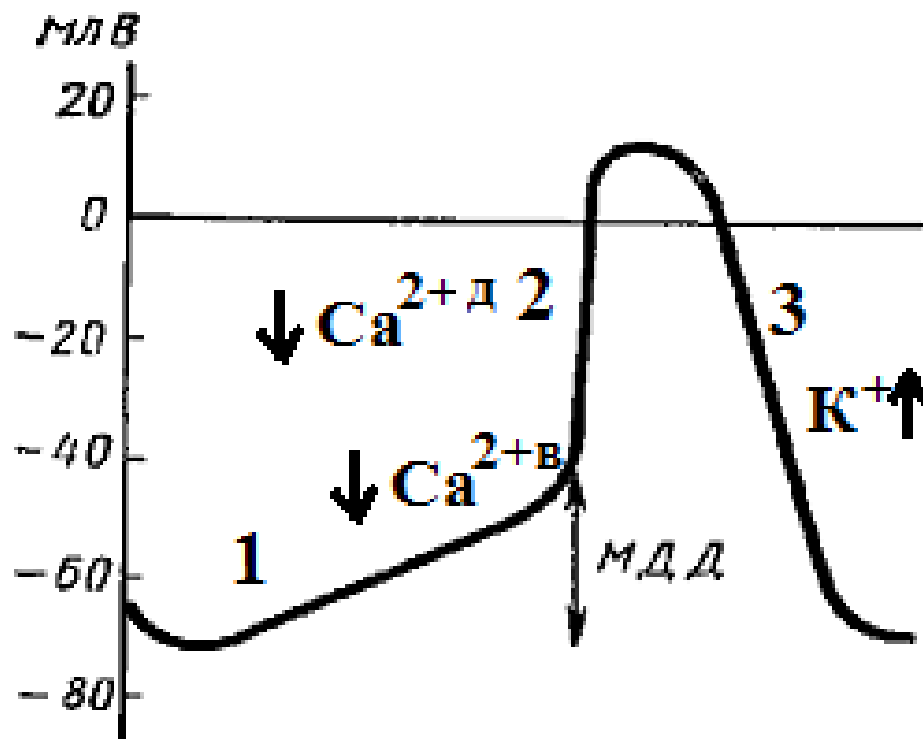
3. Сократимость и способность к расслаблению.

Закон сердца Франка-Старлинга:

Сила сердечных сокращений прямо пропорционально зависит от исходной длины мышечных волокон

4. Автоматия — способность органа (ткани) возбуждаться под влиянием импульсов, возникающих в них самих.

ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ РИТМА СЕРДЦА



1 – МЕДЛЕННАЯ
ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ
(МДД)

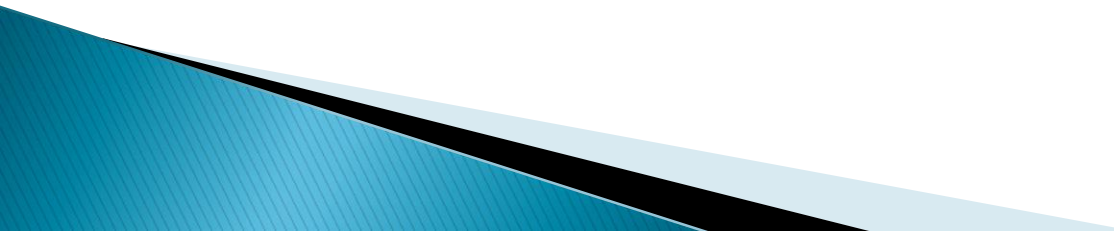
2 – БЫСТРАЯ
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

3 – БЫСТРАЯ
РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

Для пейсмекерных клеток характерно:

- наличие фазы **МДД**, которая плавно переходит в фазу быстрой деполяризации;
- у ПД пейсмекерных клеток **нет плато реполяризации**;
- МП у пейсмекерных клеток ниже (**-55 – -60 мВ**), чем МП сократительных кардиомиоцитов (**-90 мВ**).

**Проводящая система
сердца, ее
функциональные
особенности. Понятие о
пейсмекере. Современное
представление о природе
и градиенте автоматии**



**Атриовентрикулярный
узел**

**Пучок
Гиса**

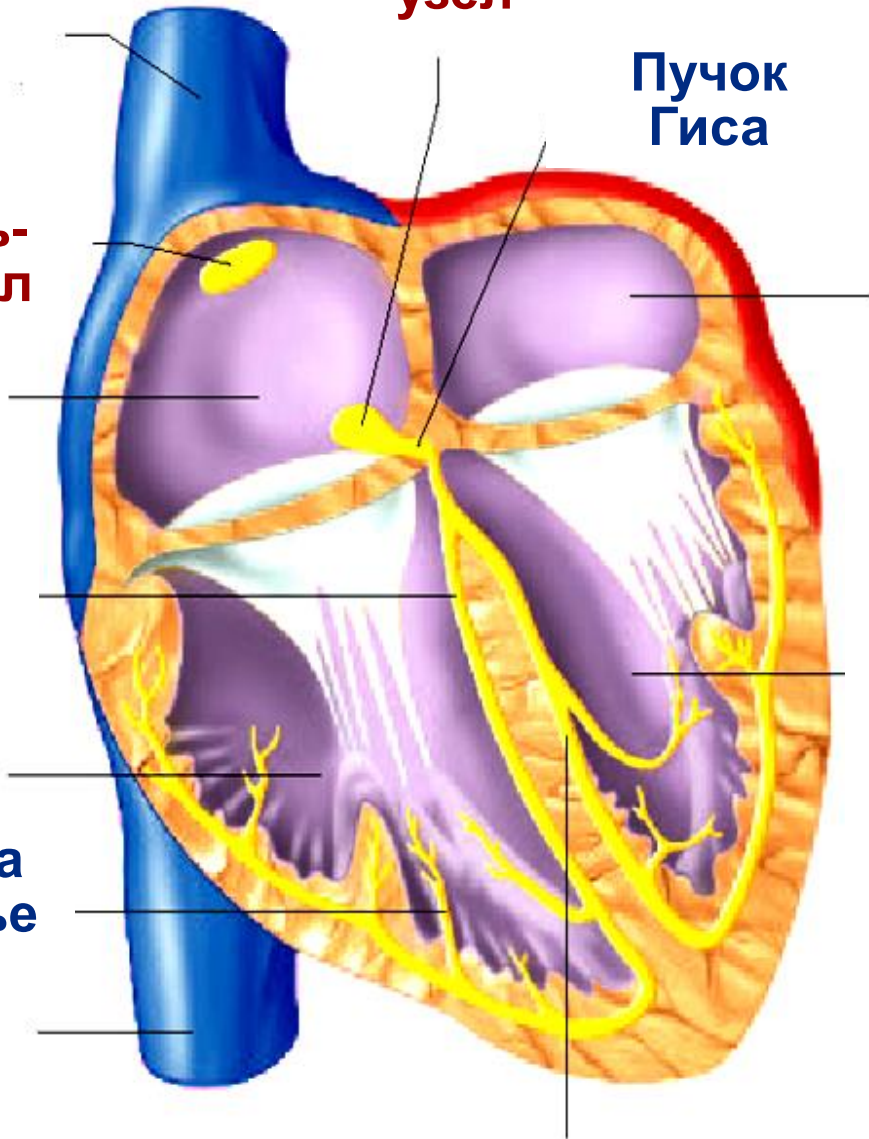
**Сино-
атриаль-
ный узел**

**Правая
ножка
пучка
Гиса**

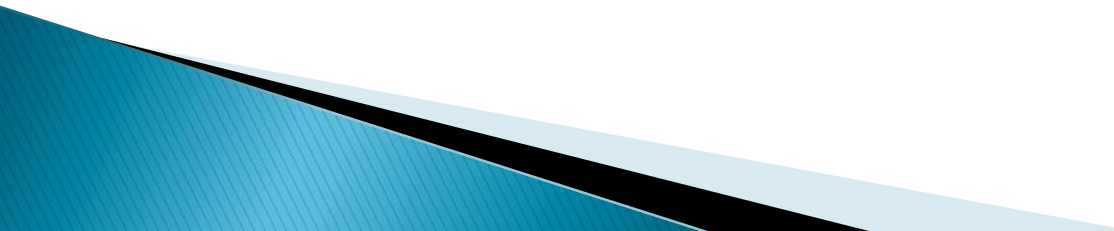
**Волокна
Пуркинье**

**Левая ножка
пучка Гиса**

**Проводящая
система
сердца**



Частота генерации импульсов:

- Синоатриальный узел - 60-80 имп/мин
 - Атриовентрикулярный - 40-50 имп/мин
 - Пучок Гиса - 30-40 имп/мин
 - Волокна Пуркинье - 20 имп/мин
- 

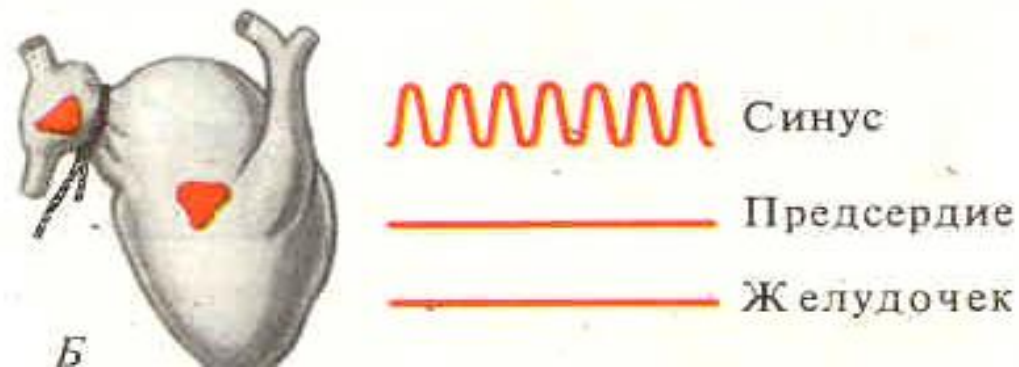
Лигатуры Станиуса

1. Лигатура–изолирующая. Накладывается на сердце лягушки между венозным синусом и правым предсердием.

НОРМА



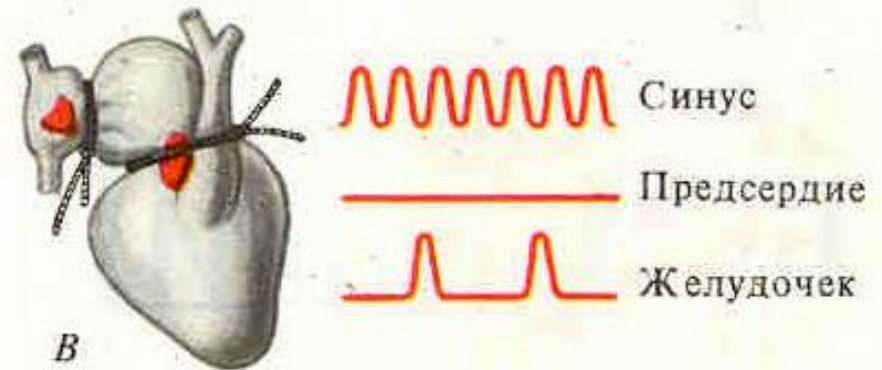
1 лигатура



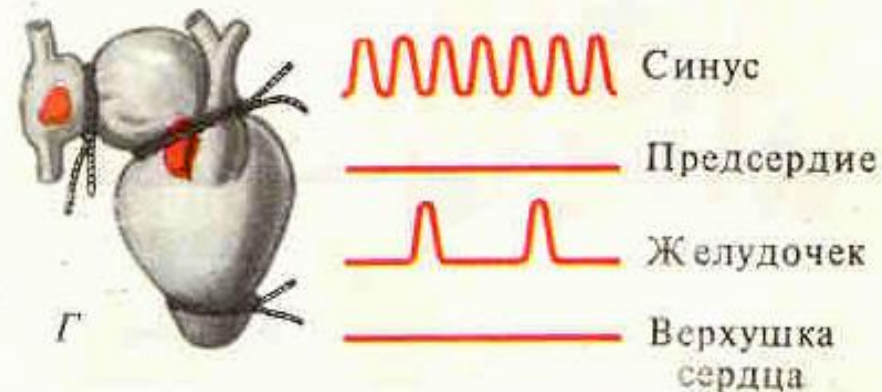
2. Лигатура – раздражающая. Накладывается по АВ-борозде, после первой лигатуры на остановившемся сердце. Она раздражает АВ-узел и вызывает его автоматию.

3. Третья лигатура отделяла верхушку сердца от миокарда желудочков. Верхушка не сокращалась, т.к. не обладает автоматией.

2 лигатура



3 лигатура



ЗАКОН ГРАДИЕНТА АВТОМАТИИ В.ГАСКЕЛЛА

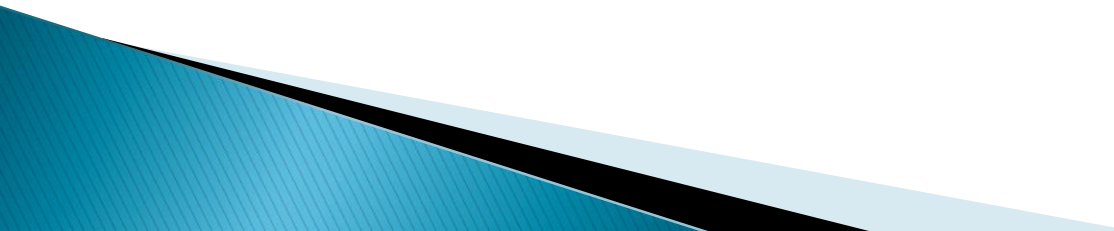
- **СТЕПЕНЬ АВТОМАТИИ ТЕМ ВЫШЕ, ЧЕМ БЛИЖЕ РАСПОЛОЖЕН УЧАСТОК ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ К СИНОАТРИАЛЬНОМУ УЗЛУ**

Скорость проведения возбуждения в миокарде

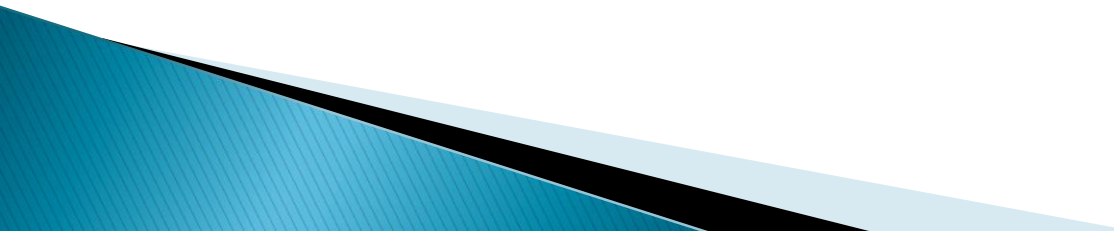
- Рабочий миокард - 1,0 м/с
- А/В-узел - 0,01 - 0,05 м/с
- Пучок Гиса и его ножки – 1,5 м/с
- Волокна Пуркинье - 3,0 - 5,0 м/с

В АВ-узле возникает некоторая задержка проведения возбуждения на **0,02–0,04 с.**

Вследствие этого возбуждение доходит до пучка Гиса **после того, как предсердия успевают перекачать кровь в желудочки.**



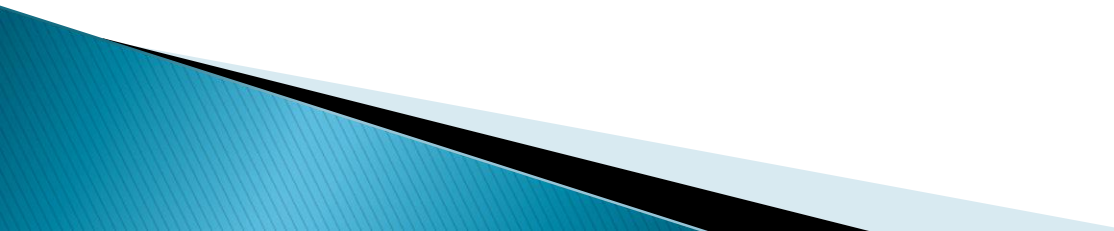
Атриовентрикулярная задержка возникает в следствии:

- ▶ малого диаметра волокон миокарда;
 - ▶ множества мелких разветвлений волокон миокарда;
 - ▶ уменьшение числа нексусов
- 

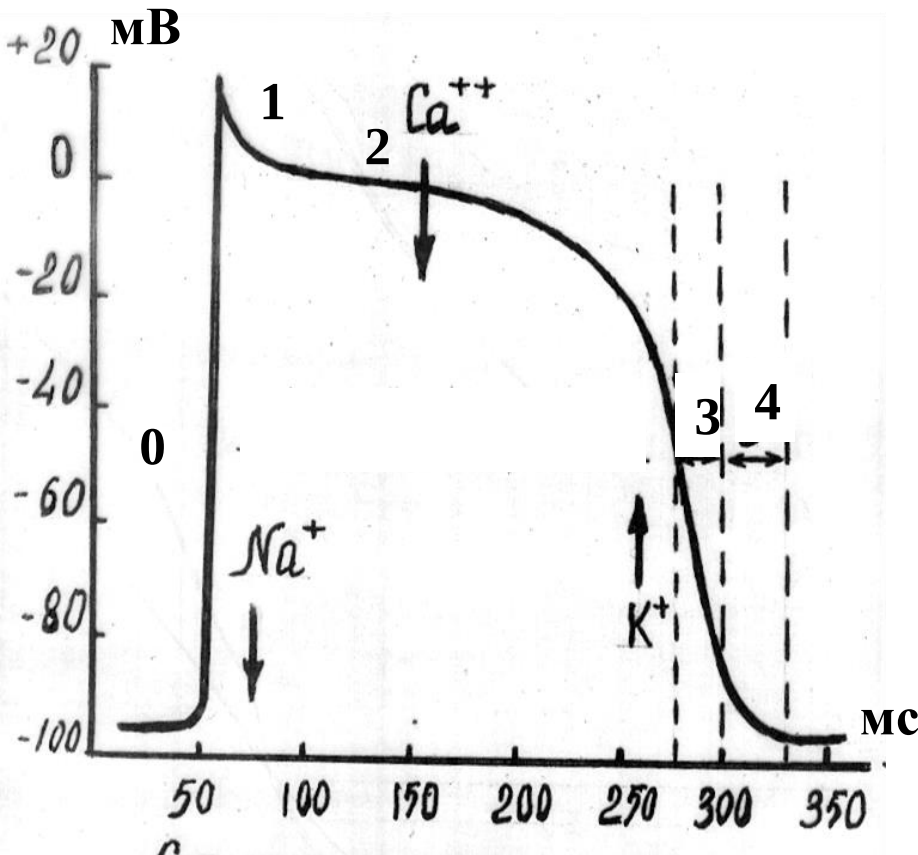
Следовательно, проводящая система сердца обеспечивает:

- ритмическую генерацию импульсов,**
 - последовательность сокращений предсердий и желудочков,**
 - синхронное сокращение волокон миокарда (повышает мощность и нагнетательную способность желудочков).**
 - надежность в работе сердца — при повреждении основного пейсмекера его в некоторой степени могут заменить латентные пейсмекеры.**
- 

**Соотношение возбудимости,
возбуждения и сокращения
миокарда. Законы сокращения
миокарда. Экстрасистола**

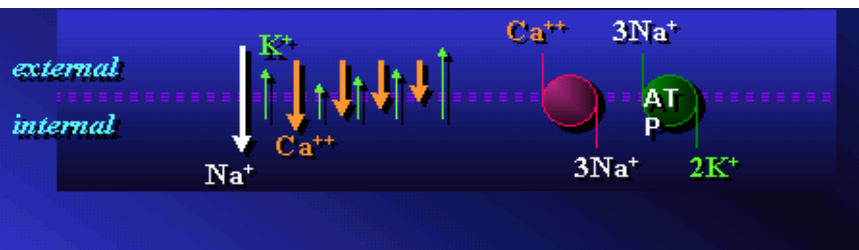


Потенциал действия (ПД) рабочего кардиомиоцита



В ПД различают:

- | | |
|----------------------------|-----------|
| 0. Быструю деполяризацию | начальную |
| 1. Начальную реполяризацию | быструю |
| 2. Плато | |
| 3. Конечную реполяризацию | быструю |
| 4. Фазу покоя | |



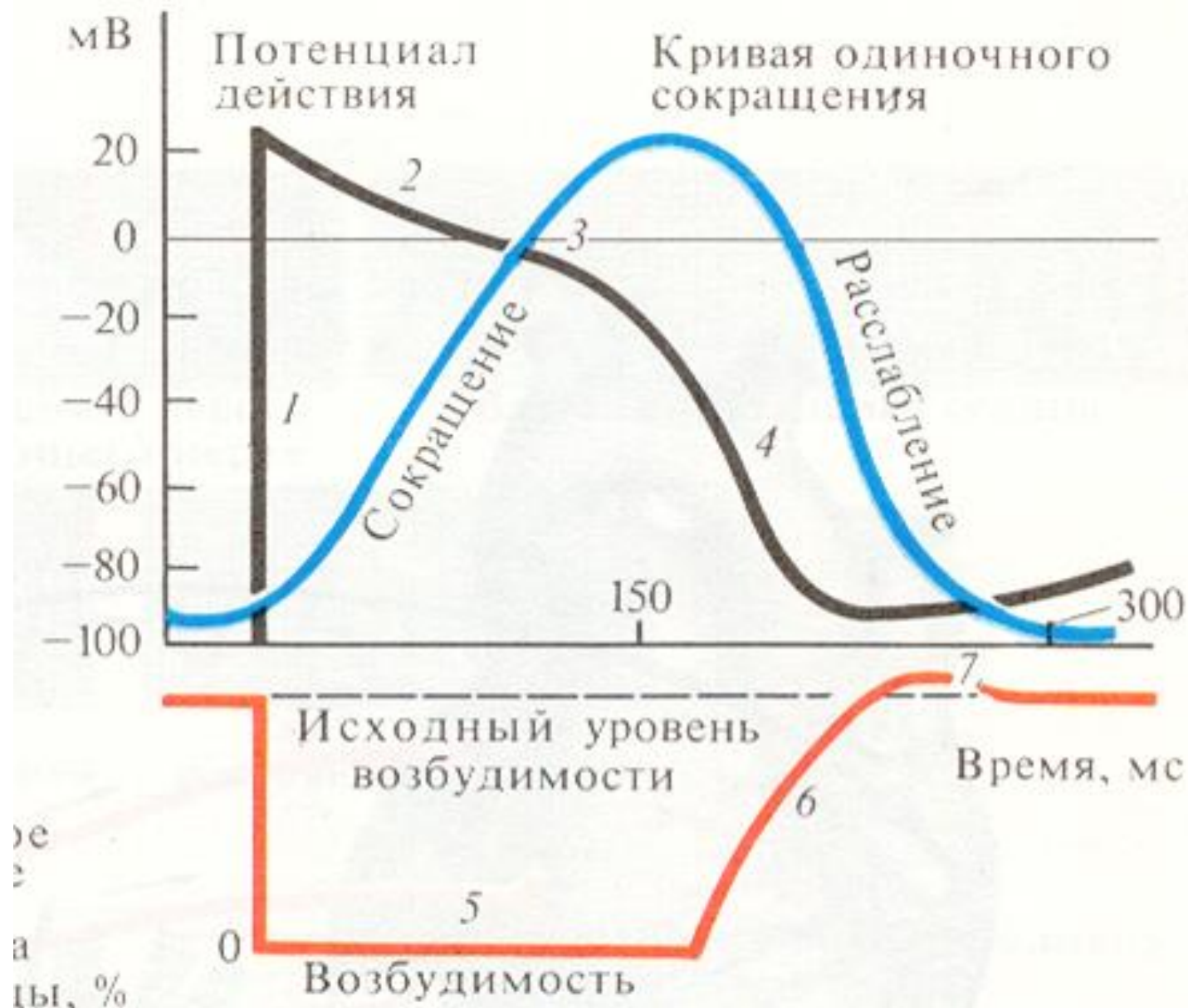
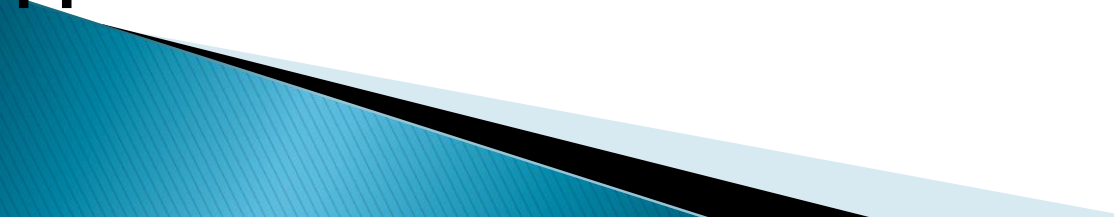


Рис. – Соотношение возбудимости, возбуждения и сокращения миокарда

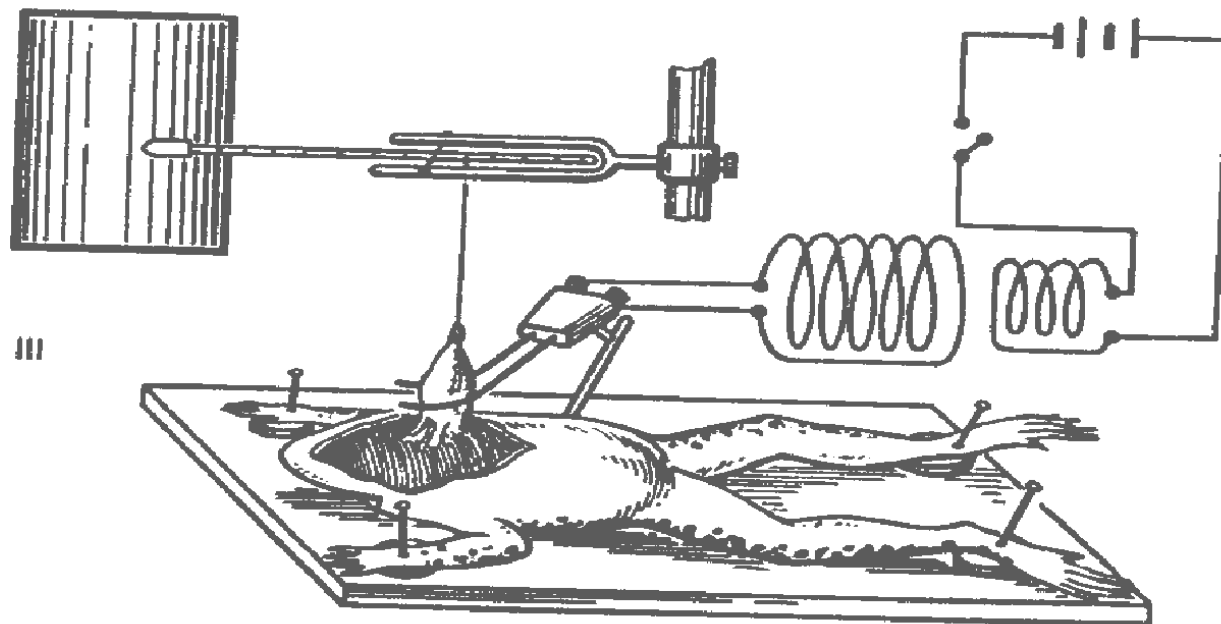
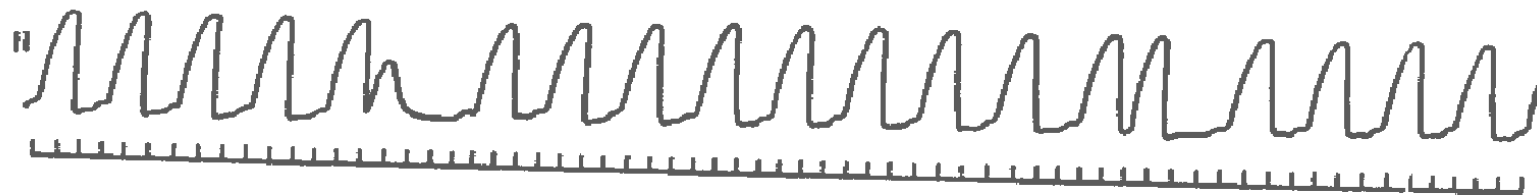
Особенности сокращения миокарда

1. Сердце отвечает закону «все или ничего»
2. Сердечная мышца сокращается по типу одиночного сокращения, т.к. длительная фаза абсолютной рефрактерности препятствует возникновению тетанических сокращений.
3. При распространении ПД по мембране ионы кальция поступают к сократительным белкам в основном из межклеточного пространства и вызывают те же процессы взаимодействия актиновых и миозиновых протофибрилл, что и в скелетном мышечном волокне.

Сила сокращений миокарда зависит от:

- а. Количества актомиозиновых мостиков, которые образуются одновременно.**
 - б. Количества ионов кальция в саркоплазме.**
 - в. Продолжительности потенциала действия.**
- 

ЭКСТРАСИСТОЛА

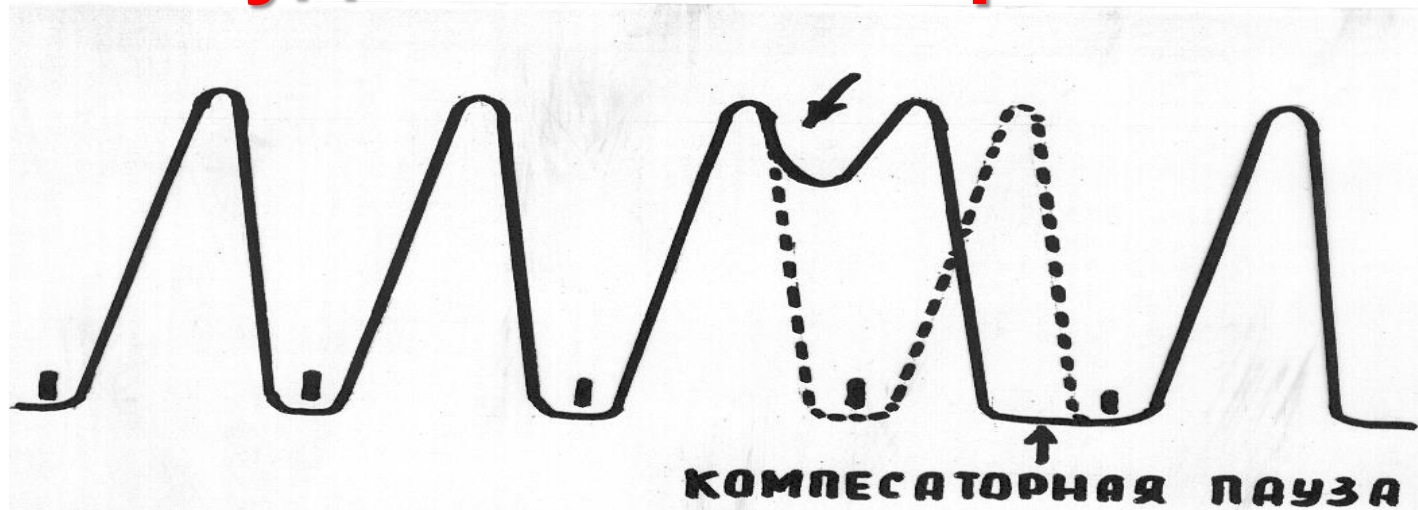


Если на миокард в период восстановления возбудимости (в диастолу) нанести раздражение, то возникает внеочередное сокращение сердца **экстрасистола**.
Различают: **Синусовую, предсердную, желудочковую экстрасистолы**

Если внеочередное возбуждение возникает в СА-узле, то происходит раннее сокращение — **синусовая экстрасистола**. **Следующее сокращение наступает после обычной паузы**.

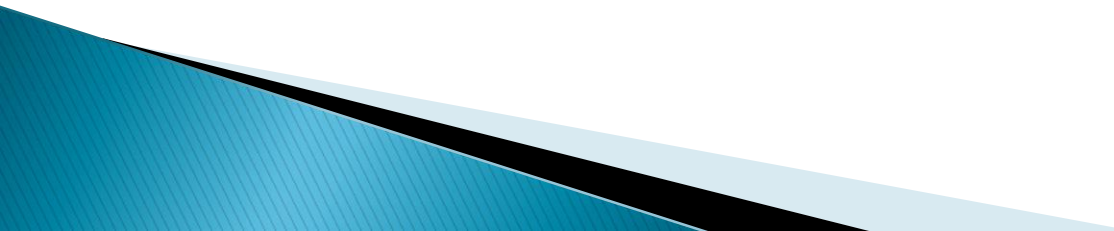
Внеочередное возбуждение в проводящей системе желудочков приводит к возникновению **желудочковой экстрасистолы**, которое сопровождается **компенсаторной паузой**.

Желудочковая экстрасистола

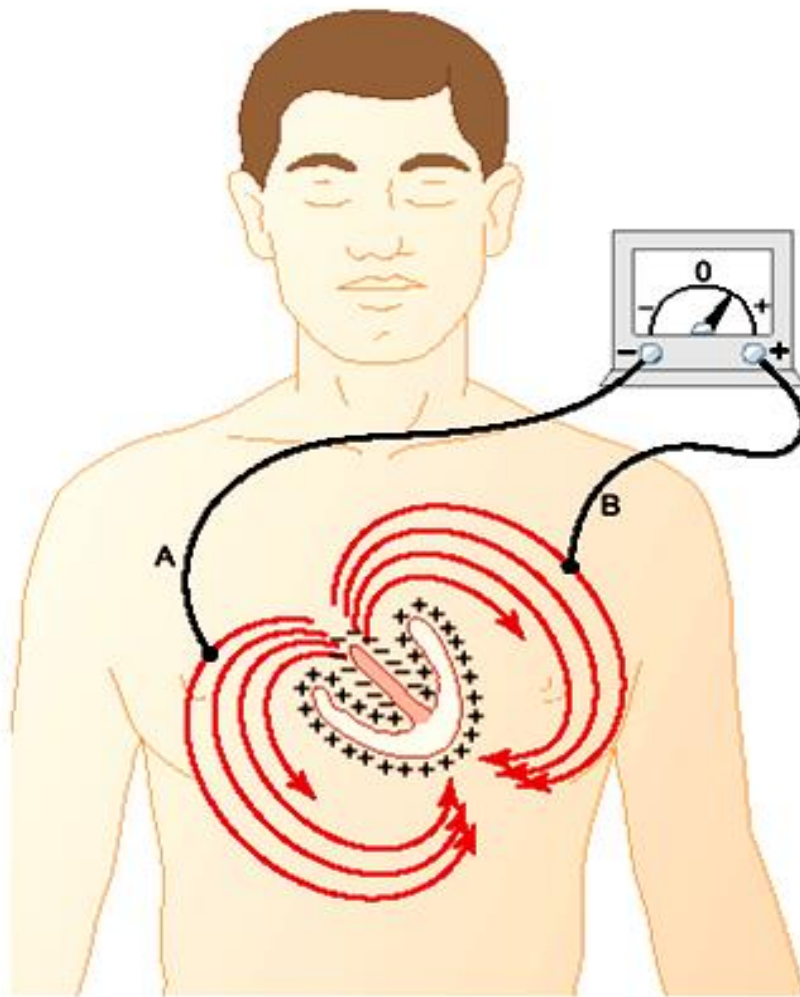


СА-узел посылает очередной импульс к желудочкам. Однако они уже сокращаются под влиянием внеочередного импульса, возникшего в АВ-узле, т.е. желудочки рефрактерны (невозбудимы), миокард не реагирует на раздражение. По окончании состояния невозбудимости проходит некоторое время пока из СА-узла поступит очередной импульс. Выпадение одного сокращения желудочков приводит к продолжительной **компенсаторной паузе**

**Электрические проявления
сердечной деятельности.
Электрокардиография.
Общий план анализа и
критерии нормы ЭКГ, ее
диагностическое значение**



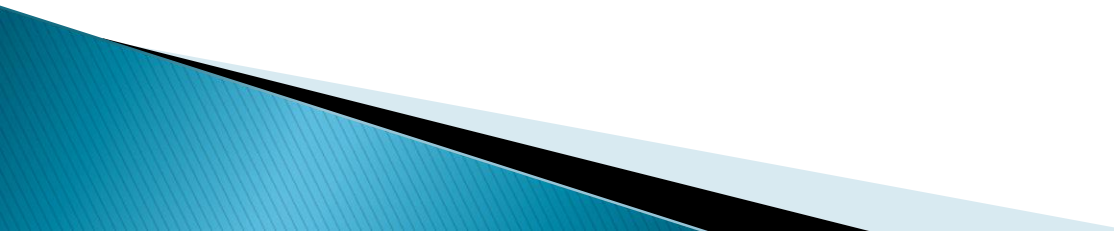
Происхождение ЭКГ: регистрация разности потенциалов



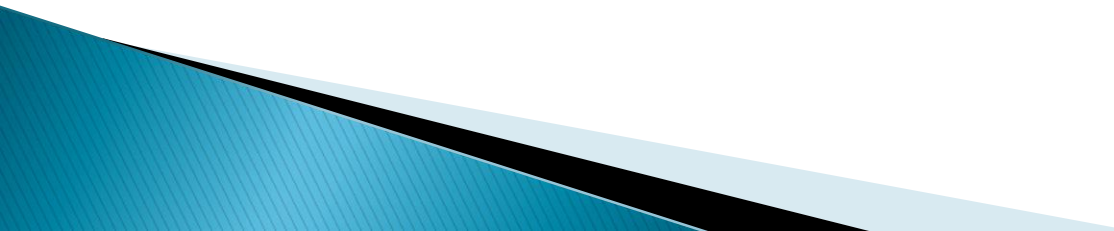
Процесс распространения возбуждения по сердцу создает разность потенциалов между возбужденными и невозбужденными участками сердца.

Приложив электроды к определенным точкам тела, можно записать кривую, отражающую динамику разности потенциалов в течение СЦ. Эту кривую называют **электрокардиограммой (ЭКГ)**, а метод исследования — **электрокардиографией**.

В различных областях сердца во время СЦ процессы возбуждения возникают не одновременно. Условную линию, соединяющую две точки с наибольшей разностью потенциалов, называют **электрической осью сердца**.



Если возбуждение распространяется нормально, то электрическая ось сердца совпадает с анатомической осью. В определенные периоды электрическая ось характеризуется разной величиной и направленностью, т.е. обладает свойством векторной величины (вектор-стрелка). Одновременная регистрация величины разности потенциалов (ЭКГ) и характера электрической оси сердца (вектора) называется **векторкардиограммой (ВКГ)**.



Методы отведения ЭКГ

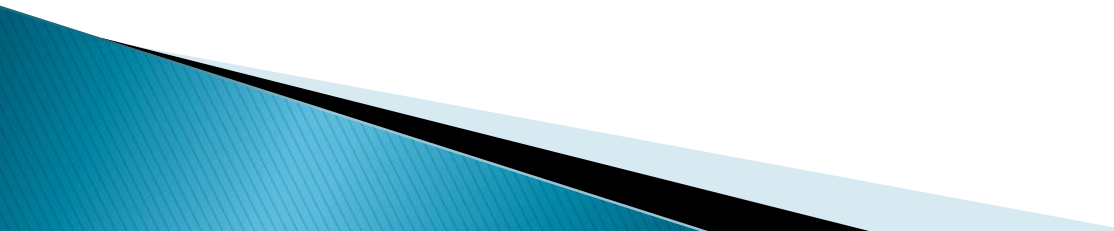
1. От конечностей:

- биполярный метод (по Эйнтховену)
- униполярный (по Гольдбергеру)

2. Грудные отведения:

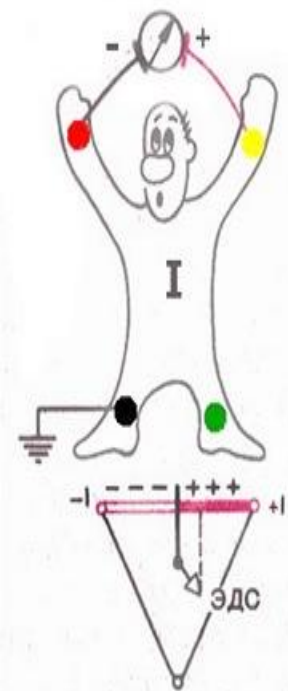
- биполярный (по Небу)
- униполярный (по Вильсону)

**При записи ЭКГ от конечностей
(по методу Эйнтховена) используют
3 стандартных отведения:**

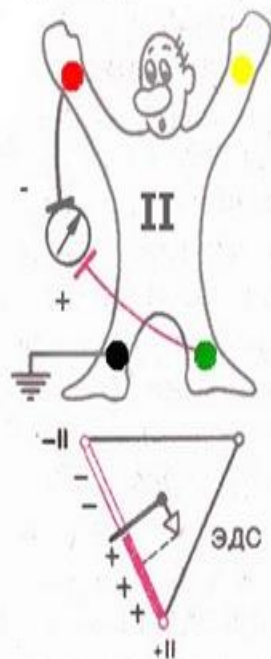
- 1. Правая рука - левая рука**
 - 2. Правая рука – левая нога**
 - 3. Левая рука – левая нога**
- 

Электрокардиография (по методу Эйнтховена)

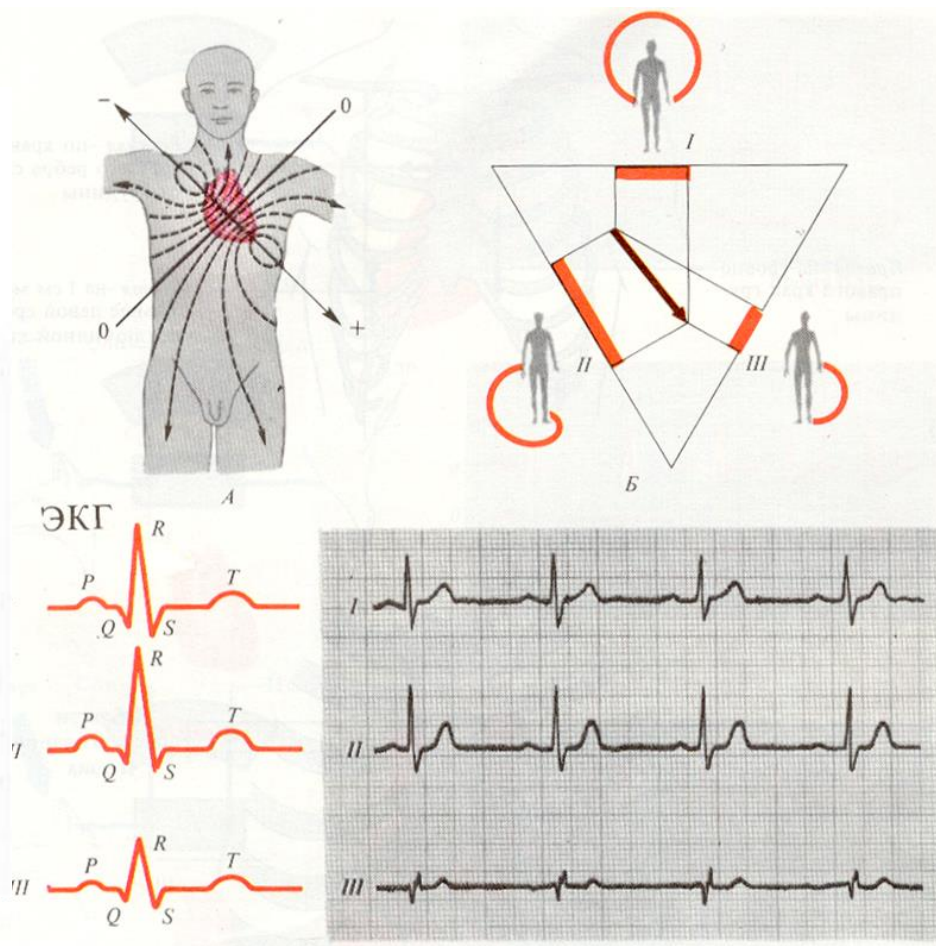
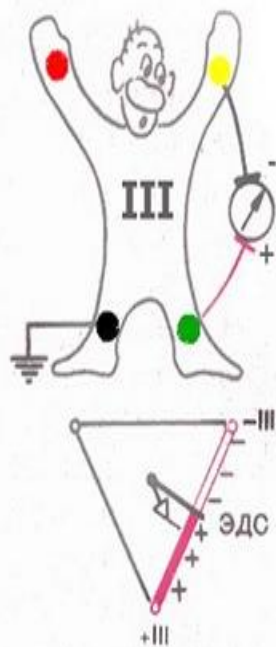
Первое стандартное отведение



Второе стандартное отведение

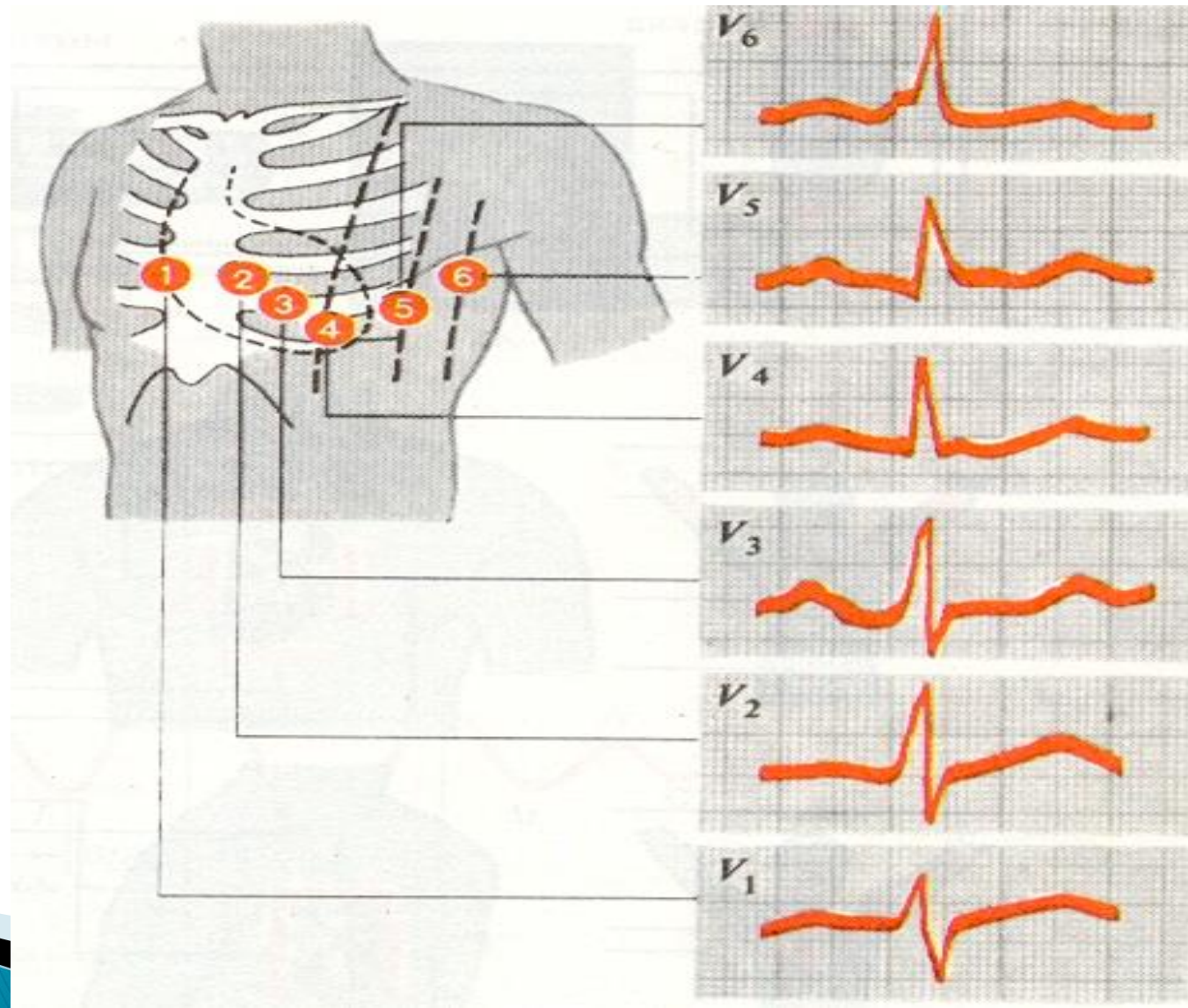


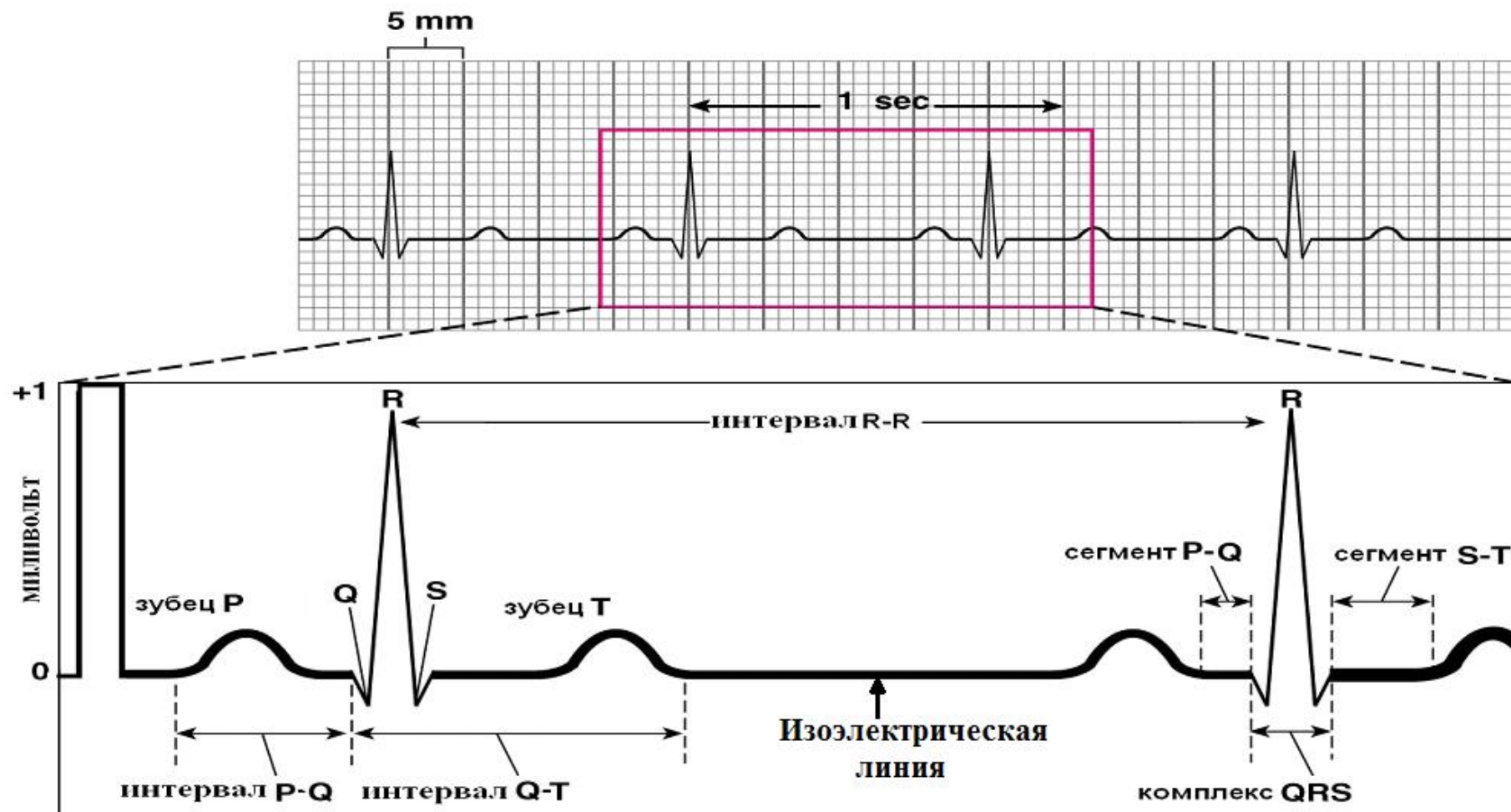
Третье стандартное отведение



Электрокардиография (по методу Вильсона)

Грудные отведения
по Вильсону





**Схема — Электрокардиограмма
(регистрация во втором отведении)**

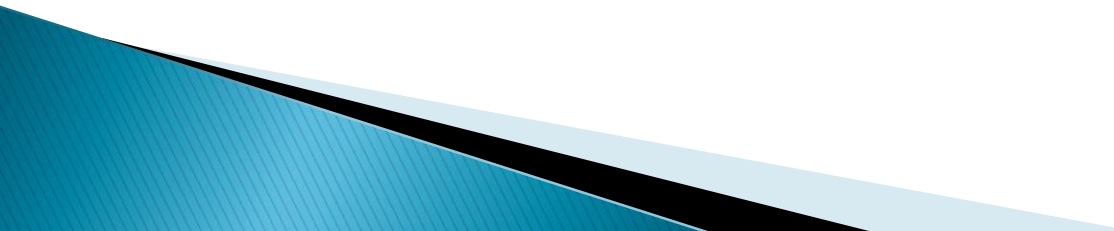
На ЭКГ различают:

ЗУБЦЫ – P, Q, R, S, T

СЕГМЕНТЫ – расстояние между
зубцами: P-Q, S-T

ИНТЕРВАЛЫ (зубец + сегмент): P-Q,
QRS, Q-T, S-T, R-R

При обработке ЭКГ учитывают:
амплитуду (вольтаж), направление
зубцов и длительность интервалов.



Зубец Р – характеризует возбуждение предсердий. Длительность – 0,1 с.

Сегмент PQ – соответствует проведению возбуждения через АВ узел.

Интервал P–Q – время распространения возбуждения от предсердий до желудочков (0,12–0,2 с).

Комплекс QRS – возникновение и распространение возбуждения в миокарде желудочков.

Зубец Q – отражает возбуждение наружной поверхности межжелудочковой перегородки и сосочковых мышц. По отведениям с патологическими зубцами Q можно судить о локализации инфаркта.

- ▶ **Зубец R** – самый высокий, отражает возбуждение основной массы миокарда желудочков (стенок правого и левого желудочков, верхушки сердца).
- ▶ **Зубец S** – отражает распространение возбуждения по основаниям желудочков и наружной их поверхности
- ▶ **Зубец T** – отражает восстановительные процессы в миокарде. Протекают они не синхронно. Зубец самый изменчивый.
- ▶ **Сегмент T–P** – общая пауза (период покоя).
- ▶ **Интервал QRST** называют «**электрической систолой сердца**» (длится 0,3-0,4 с).
- ▶ **Интервал R-R** – сердечный цикл

Последовательность процесса возбуждения сердца

Возбуждение
предсердий

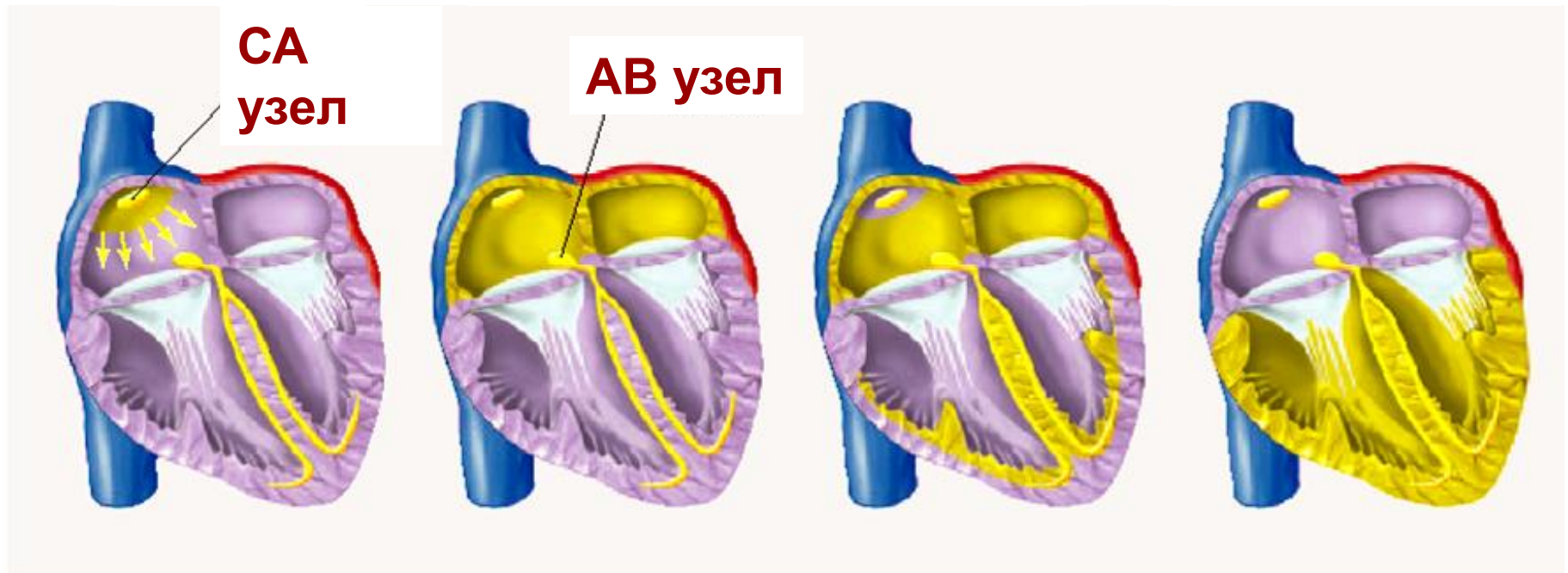
Возбуждение
желудочков

Начало

Завершение

Начало

Завершение



Возникновение
зубца P

Исчезновение
зубца P

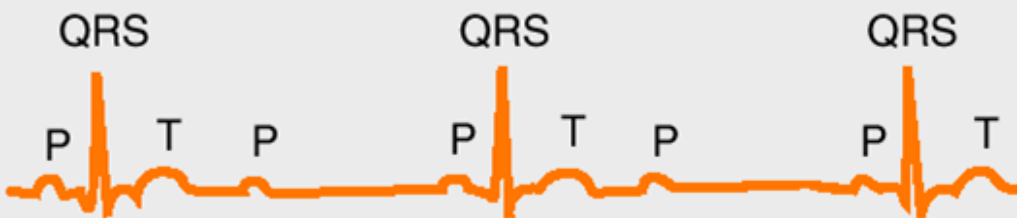
Возникновение
комплекса QRS

Исчезновение
комплекса
QRS

По ЭКГ можно судить о следующих проявлениях и нарушениях деятельности сердца (диагностическое значение ЭКГ):

- ▶ **1. Локализации очага (источника) возбуждения** в предсердиях, АВ–узле, желудочках.
- ▶ **2. Нарушении ритма и проведения возбуждения** (*аритмии —экстосистолию, трепетание миокарда, мерцание (фибрилляцию) миокарда, блокады*).
- ▶ **3. Направлении электрической оси сердца.**
- ▶ **4. Поражении сердца** при: недостаточности коронарного кровообращения, уменьшении снабжения O_2 миокарда (*ишемии миокарда*), воспалительных процессах, *гипертрофии миокарда*, полном нарушении кровоснабжения сердца (*инфаркты миокарда*) и др.

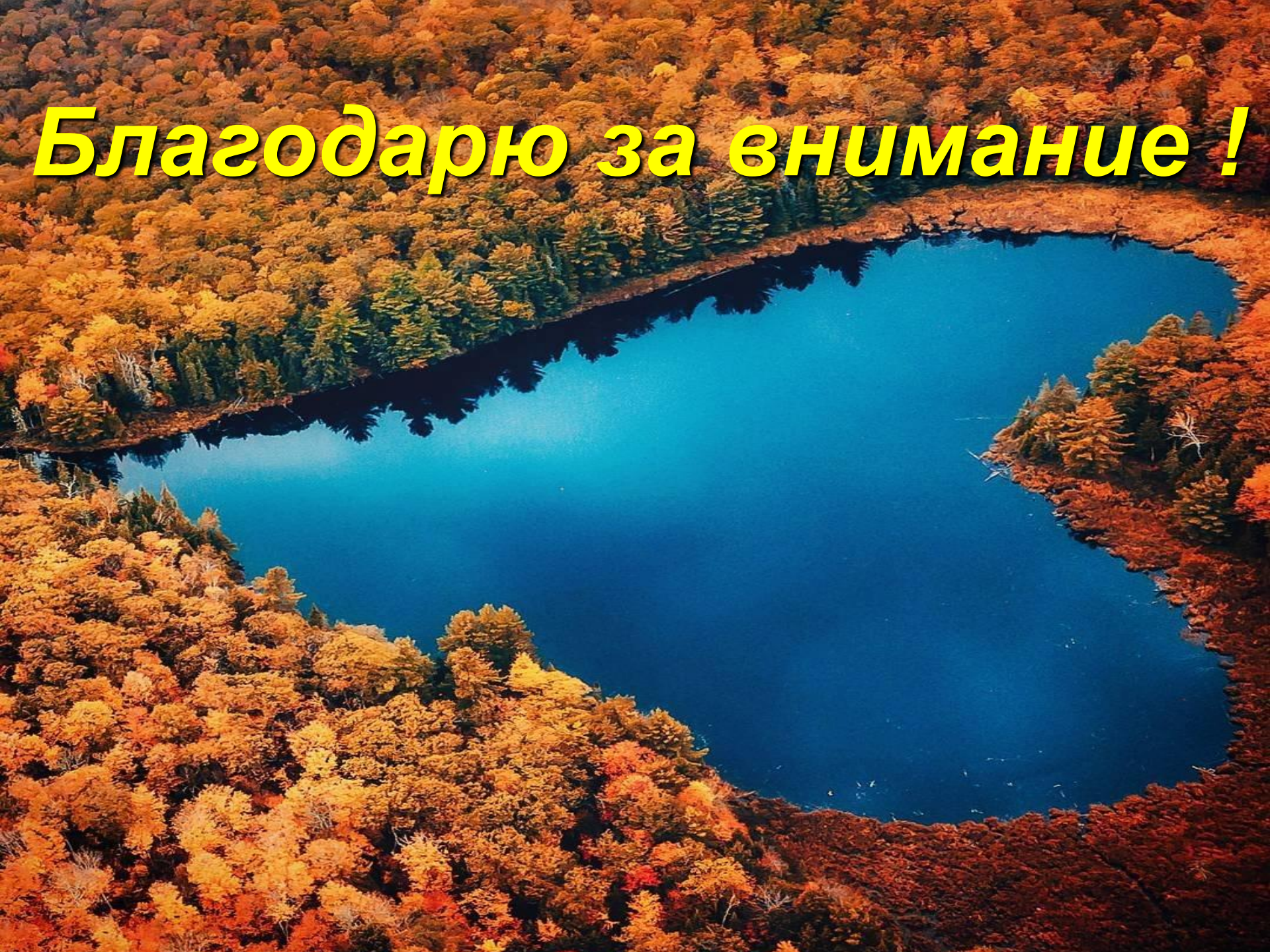
Атриовентрикулярная блокада



Нормальная ЭКГ

Частичная АВ блокада: кажды й 2-ой импульс не проводится к желудочкам

Полная АВ блокада: предсердия и желудочки возбуждаются отдельно



Благодарю за внимание !