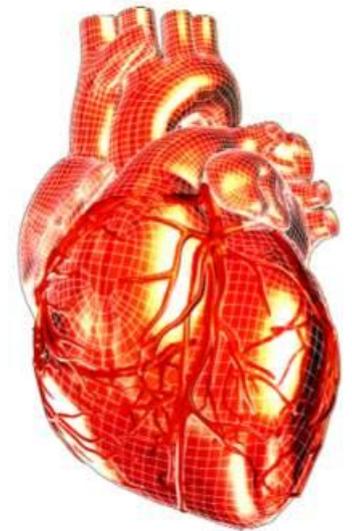


**Гомельский государственный  
медицинский университет  
Кафедра нормальной физиологии**

# **Физиологические свойства и особенности сердца**

**ЛЕКЦИЯ 1**

для студентов 2 курса



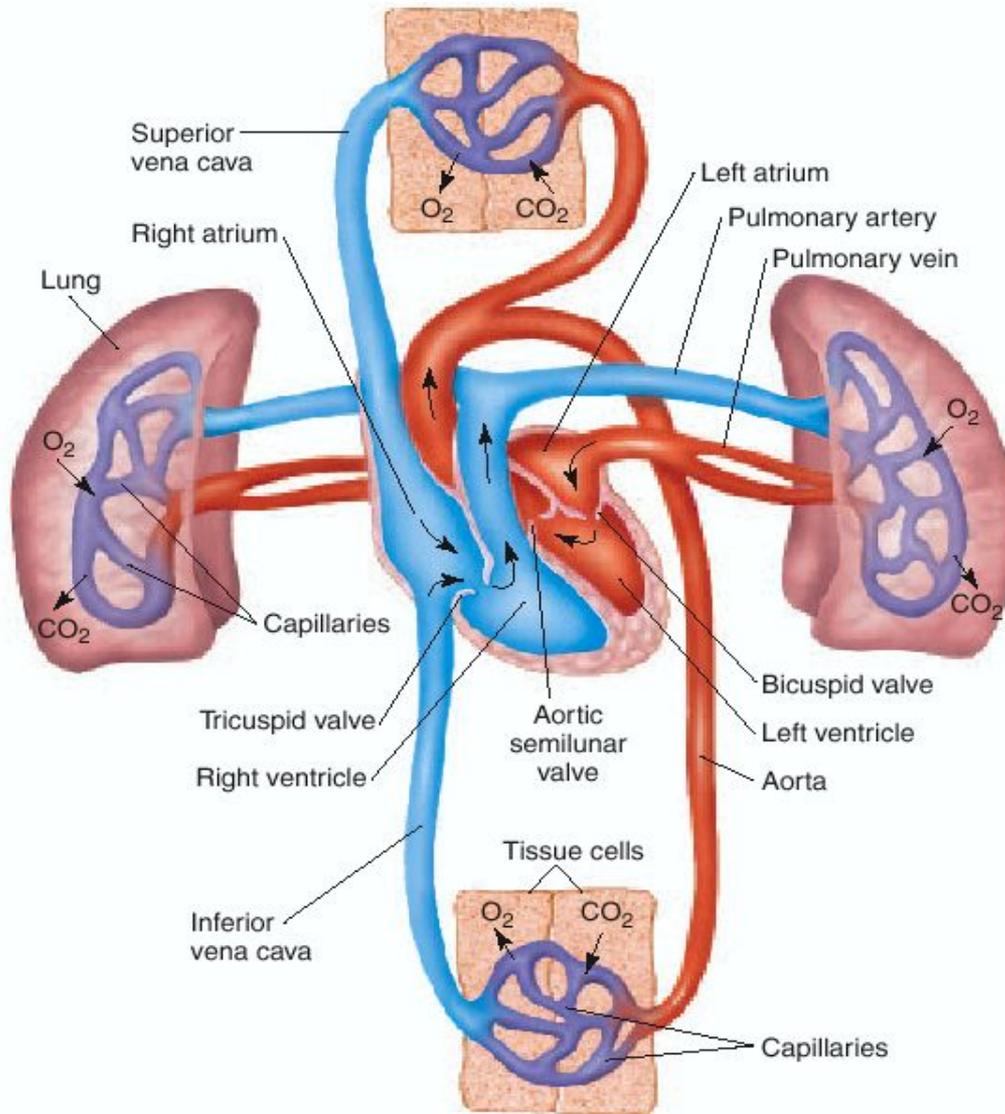
Старший преподаватель Мельник С.Н.

# 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.
- 3. Нагнетательная функция сердца. Сердечный цикл. Последовательность периодов и фаз сердечного цикла.

# **1. Структурно-функциональная характеристика сердечно-сосудистой системы**

# Схема системы кровообращения человека



## БОЛЬШОЙ КРУГ (СИСТЕМНЫЙ)

**Начало:** левый желудочек - аорта

**Состав:** артерии, капилляры и вены мускулатуры тела и всех органов, кроме легких

**Конец:** полые вены - правое предсердие

## МАЛЫЙ КРУГ (ЛЕГОЧНЫЙ)

**Начало:** правый желудочек - легочной ствол

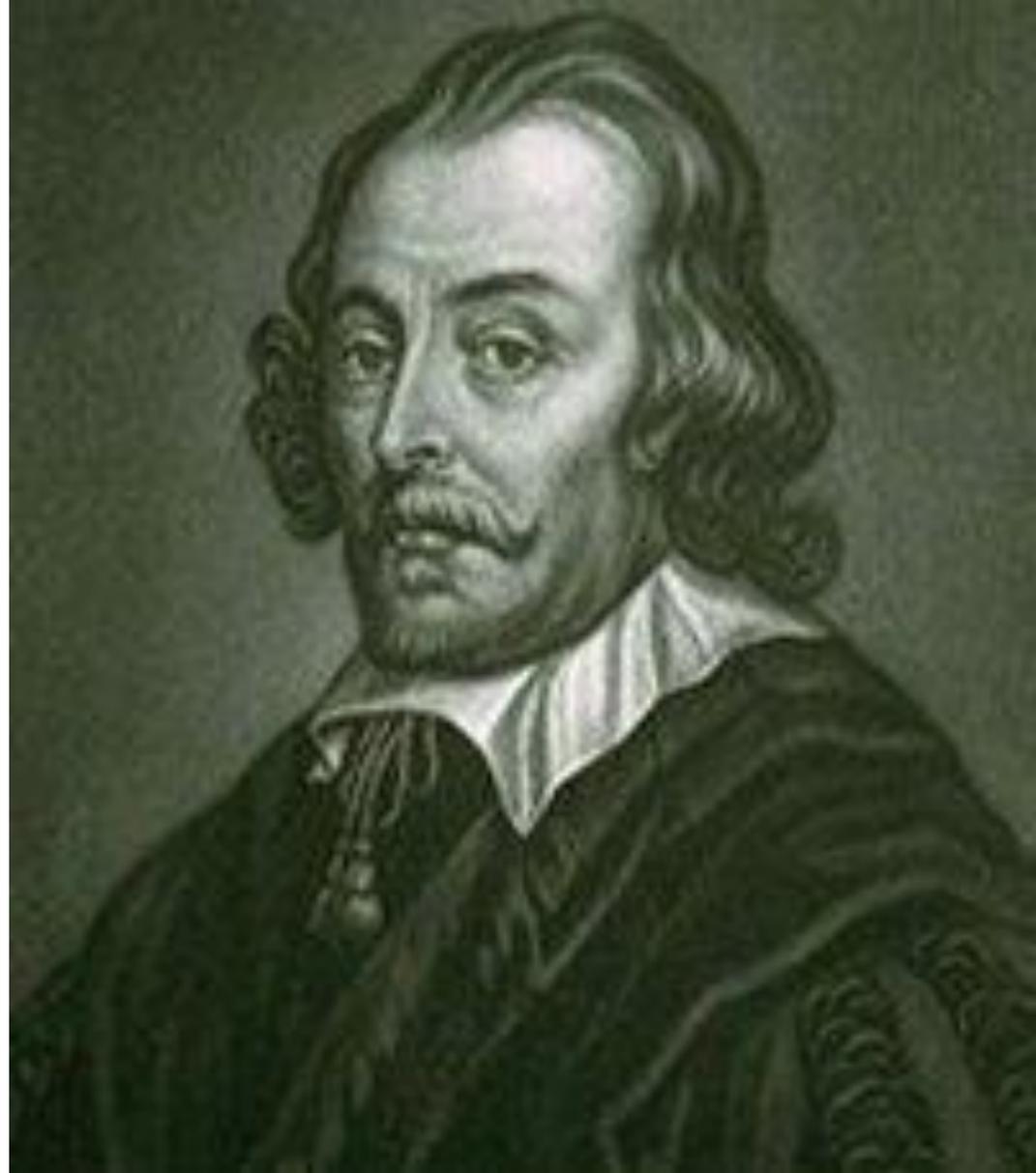
**Состав:** сосуды легких

**Конец:** легочные вены - левое предсердие

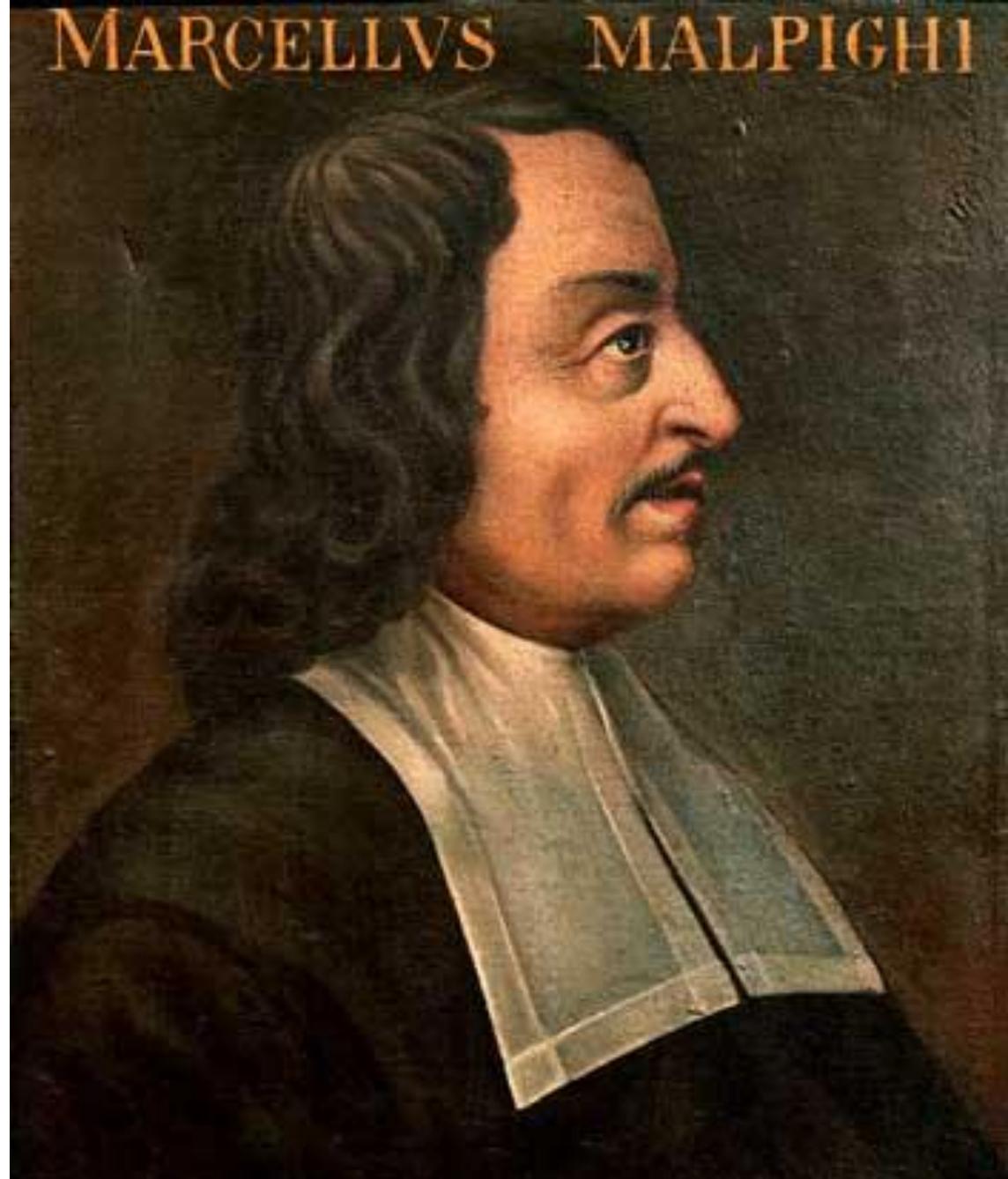
**M.SERVETO  
(1511-1553)  
испанский  
мыслитель и врач  
открыл малый  
круг  
кровообращения**



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



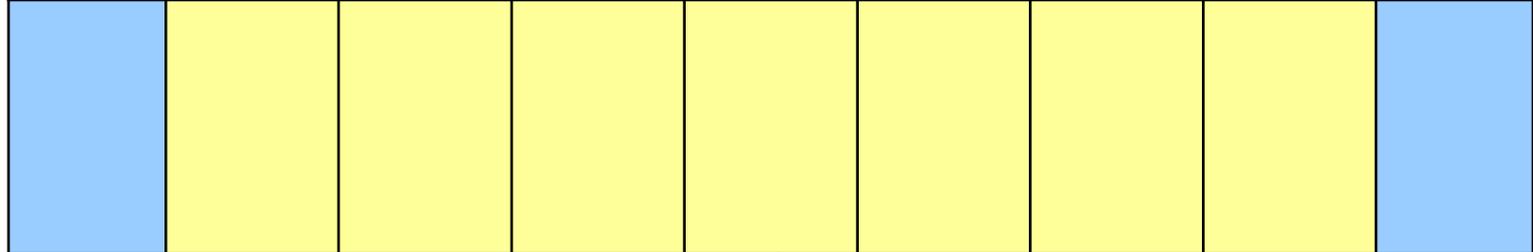
**Марчелло  
Мальпиги  
(1628—1694),  
итальянский  
анатом, описал  
капилляры  
в почках,  
которые были  
названы  
мальпигиевы  
сосуды**



## **2. Физиология сердца.**

### **2.1. Сократительный миокард, строение, физиологические свойства и особенности**

**Предсердия**



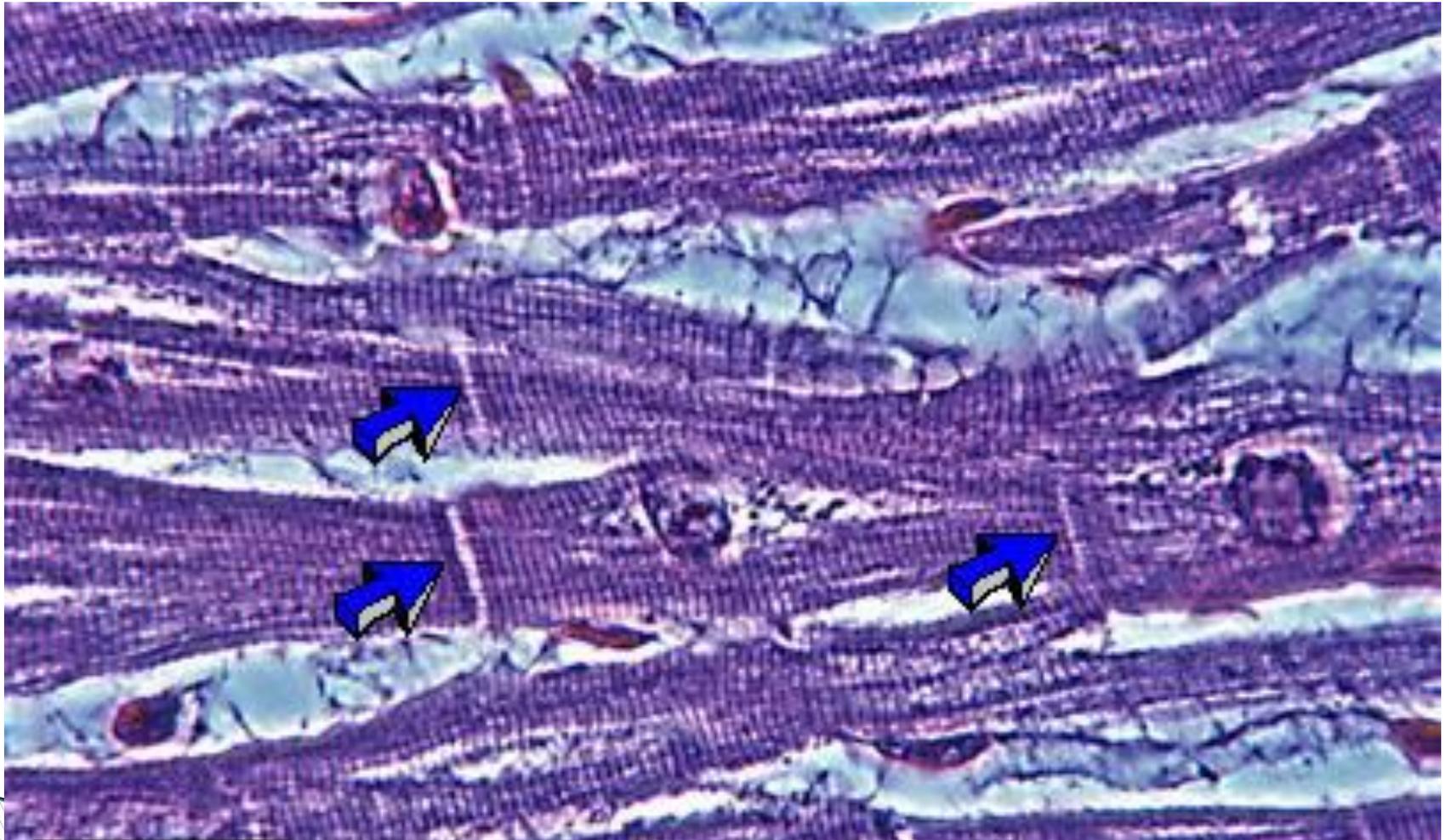
**Желудочки**

0,1    0,2    0,3    0,4    0,5    0,6    0,7    0,8    0,9  
sec

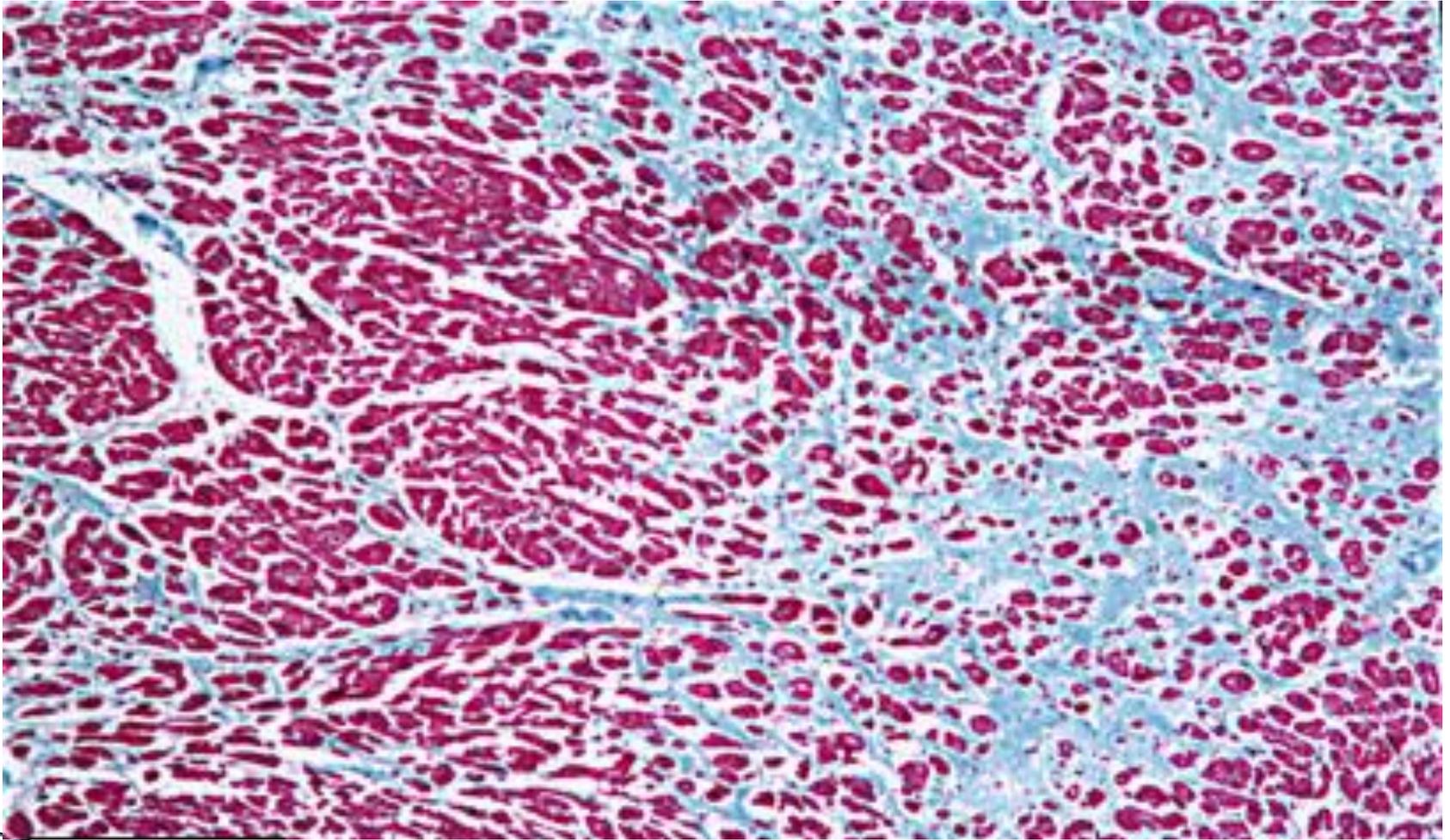
**Сердечный цикл при частоте 75  
уд/мин составляет 0,8 секунд**

**Схема – Продолжительность систолы и диастолы  
предсердий и желудочков во время сердечного цикла**

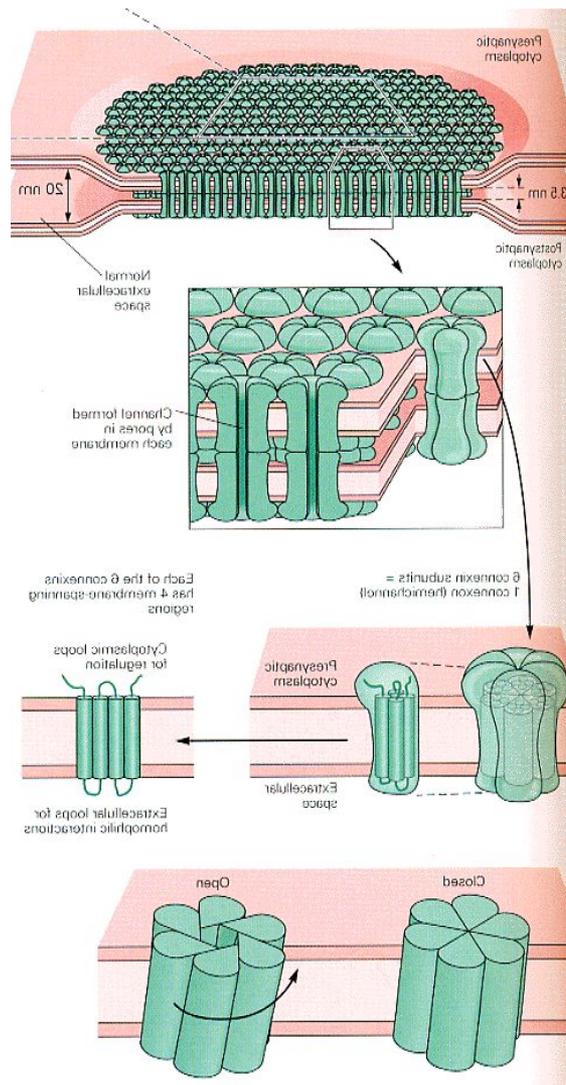
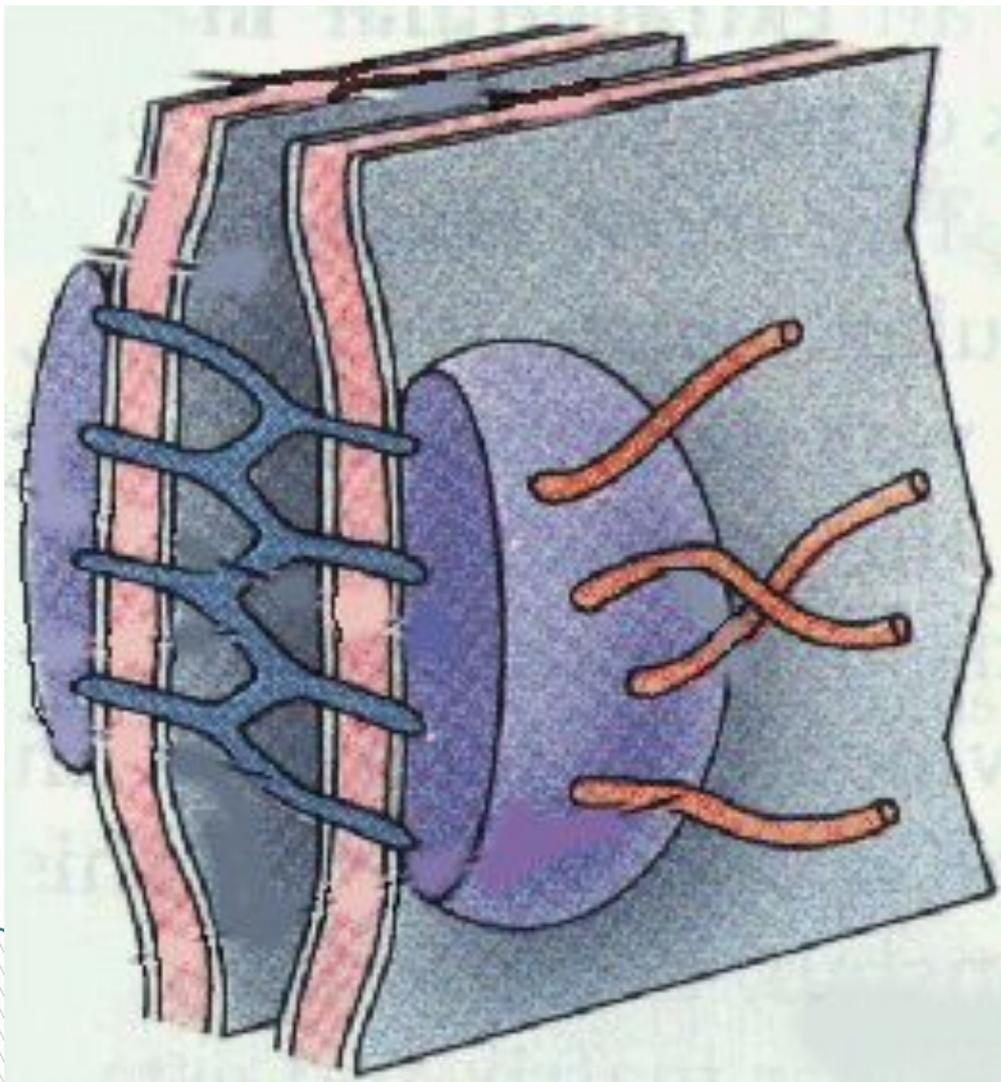
# Рабочий миокард и нексусы



# Атипичные кардиомиоциты

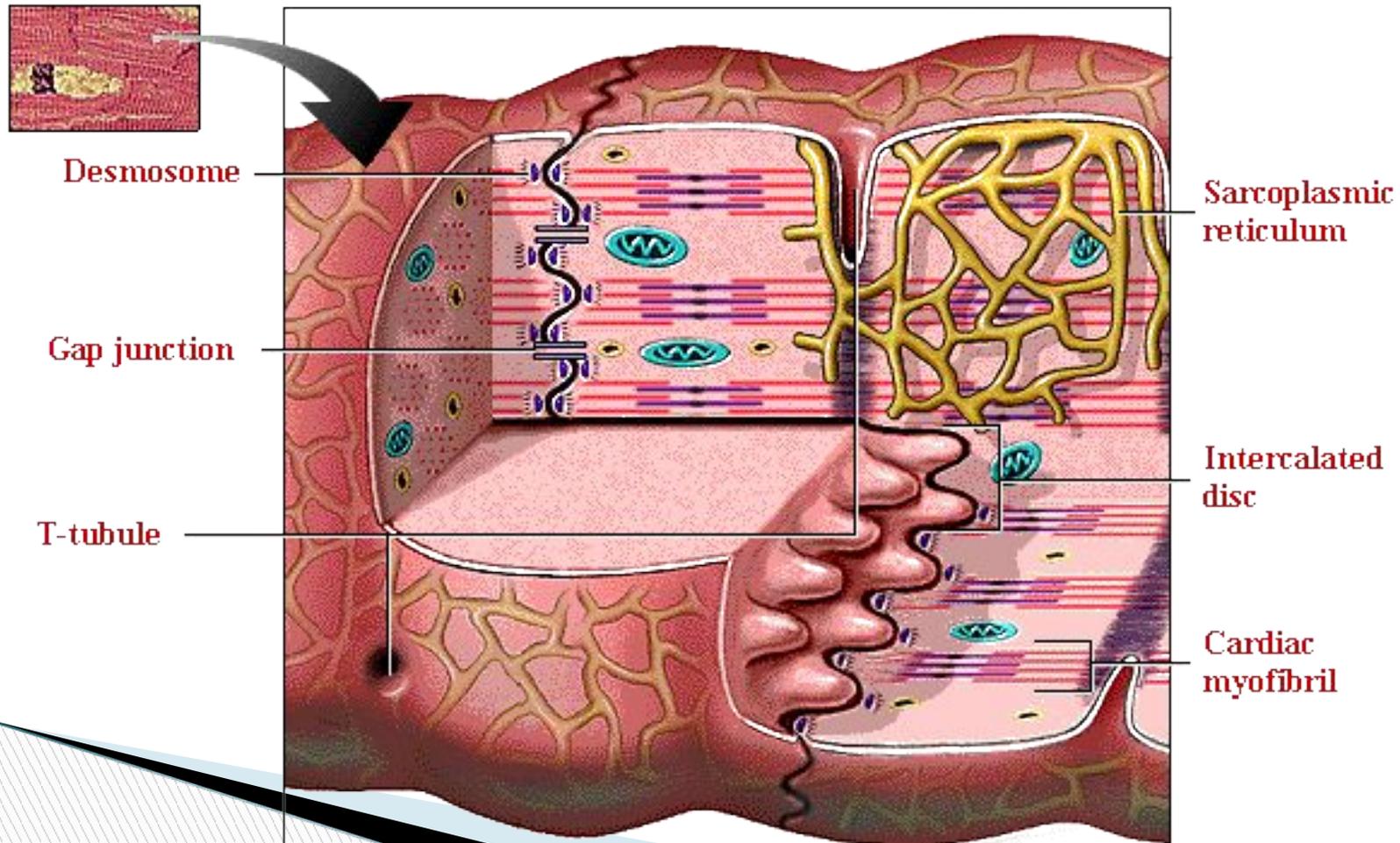


# Десмосомы и щелевые контакты



# Межклеточные связи в миокарде создают синцитий

## MAGNIFIED VIEW OF CARDIAC MUSCLE CELLS



# *Свойства миокарда:*

***1. Возбудимость*** — способность реагировать на раздражение.

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

Различают:

- **абсолютную рефрактерность,**
- **относительную рефрактерность**

# *Свойства миокарда:*

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

**3. Сократимость и способность к расслаблению.**

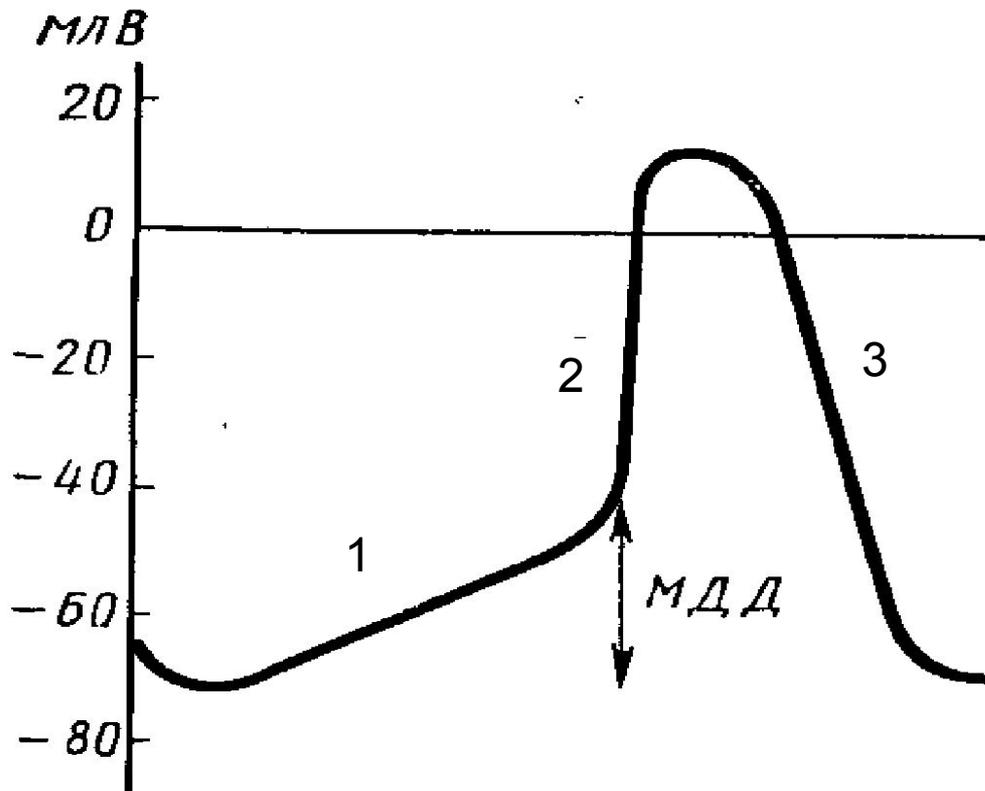
## **Закон сердца Франка-Старлинга:**

**Сила сердечных сокращений зависит от исходной длины мышечных волокон**

## *Свойства миокарда:*

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

# ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ КЛЕТКИ ВОДИТЕЛЯ РИТМА СЕРДЦА



1 – МЕДЛЕННАЯ  
ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ  
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ  
(МДД)

2 – ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

3 – РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

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

**Синусовый  
узел**

**Атриовентрикулярный  
узел**

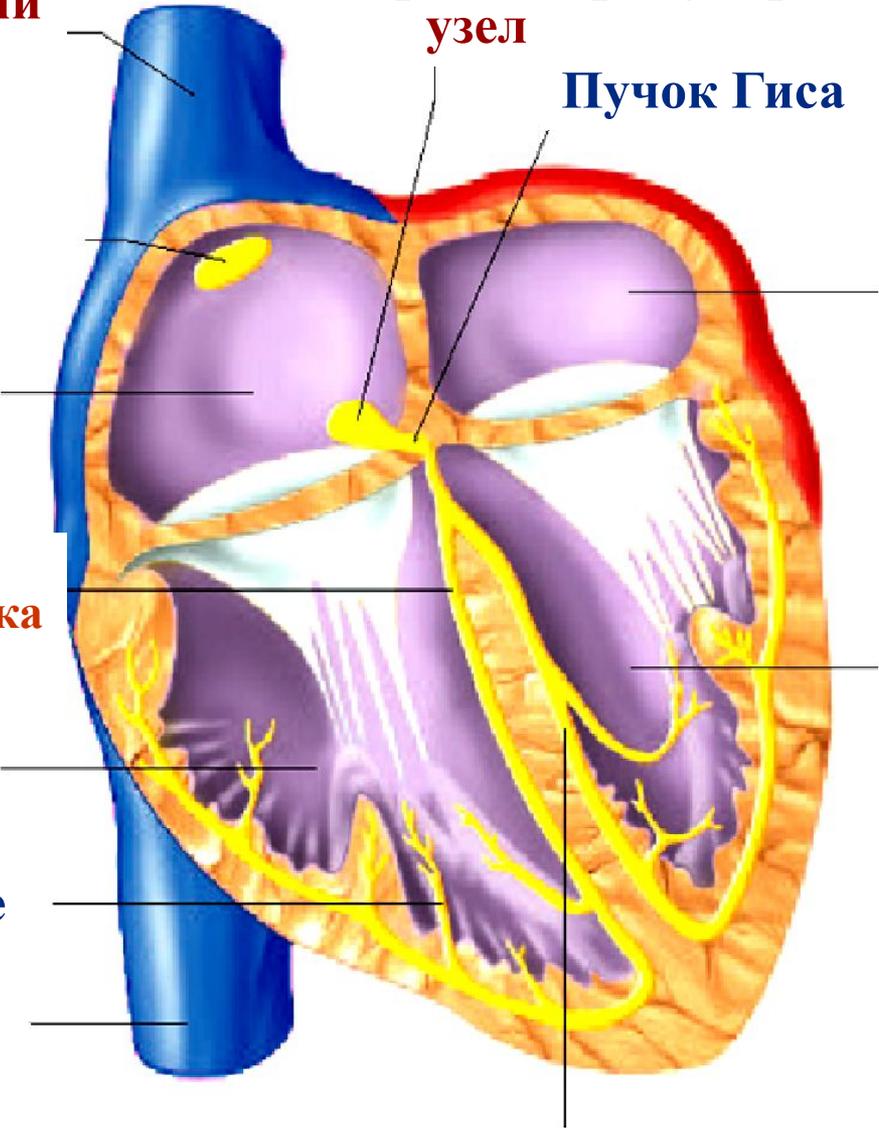
**Пучок Гиса**

**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**

# Последовательность процесса возбуждения сердца

## Возбуждение предсердий

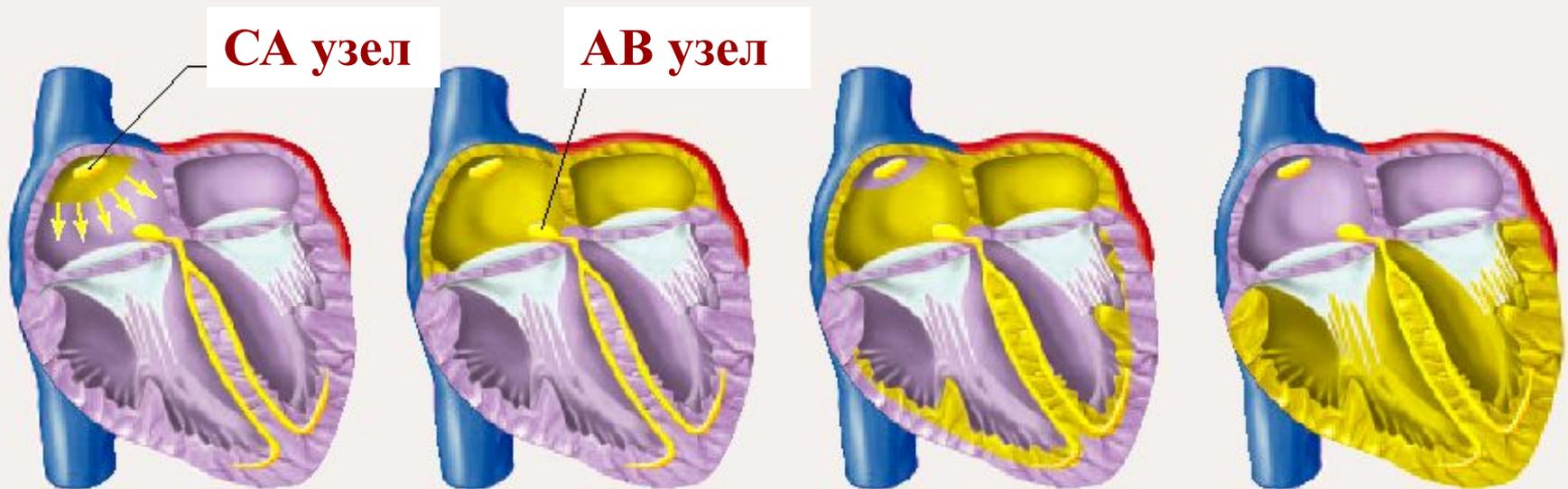
Начало

Завершение

## Возбуждение желудочков

Начало

Завершение



**Возникновение  
зубца P**

**Исчезновение  
зубца P**

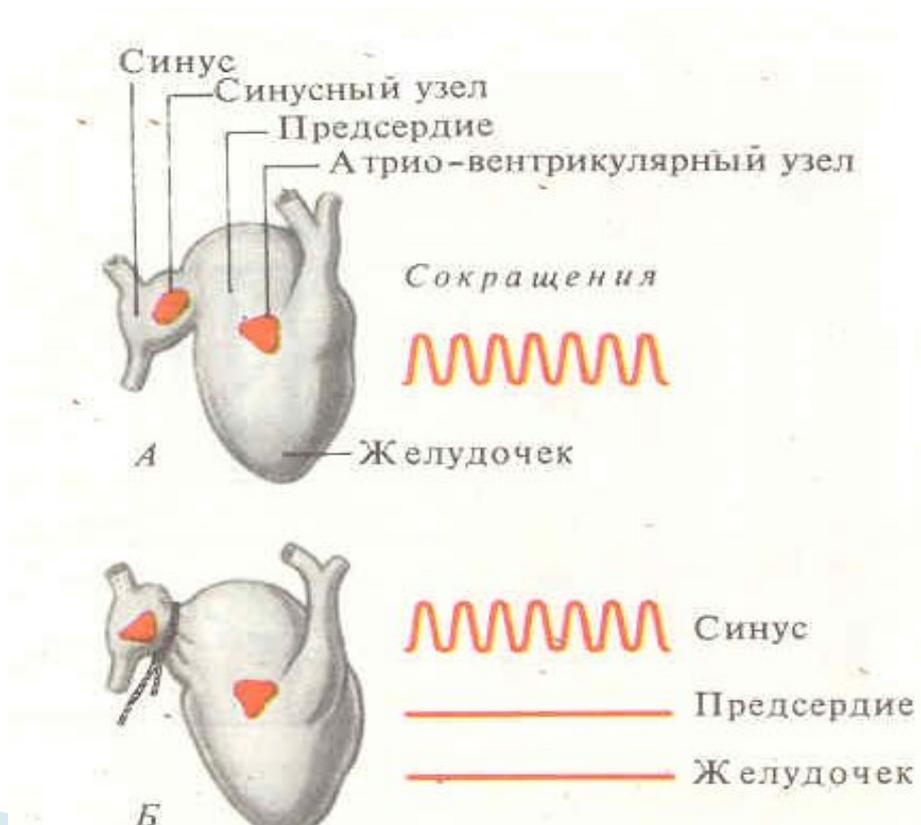
**Возникновение  
комплекса QRS**

**Исчезновение  
комплекса QRS**

# Лигатуры Станиуса

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

**НОРМА**

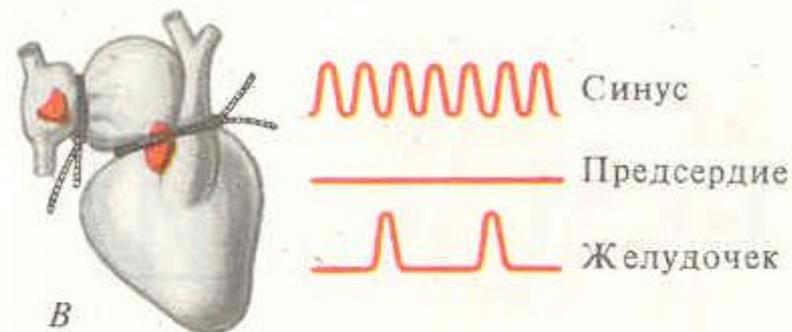


**1 лигатура**

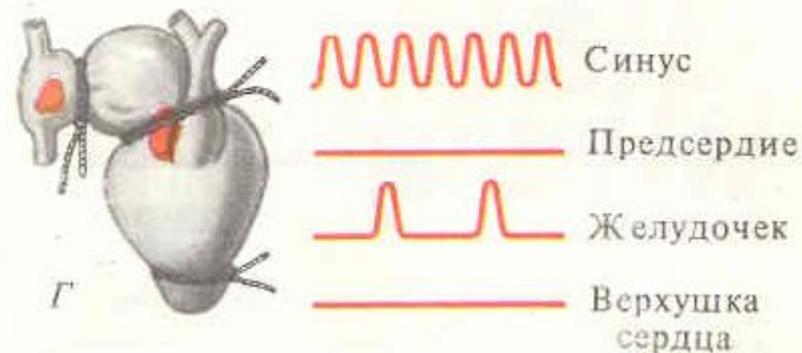
**2. Лигатура – раздражающая.** Накладывается по АВ-борозде, после первой лигатуры на остановившемся сердце. Она раздражает АВ-узел и вызывает его автоматию.

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

**2 лигатура**



**3 лигатура**



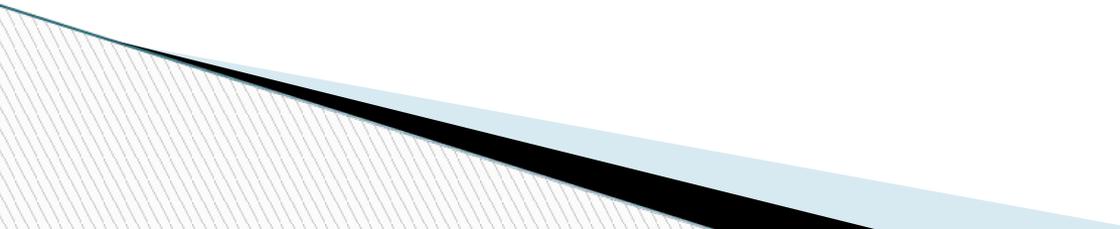
# **ЗАКОН ГРАДИЕНТА АВТОМАТИИ В.ГАСКЕЛЛА**

- СТЕПЕНЬ АВТОМАТИИ ТЕМ ВЫШЕ, ЧЕМ БЛИЖЕ РАСПОЛОЖЕН УЧАСТОК ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ К СИНОАТРИАЛЬНОМУ УЗЛУ**
- СИНОАТРИАЛЬНЫЙ УЗЕЛ - 60-80 имп/мин**
- АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНЫЙ - 40-50 имп/мин**
- ПУЧОК ГИСА - 30-40 имп/мин**
- ВОЛОКНА ПУРКИНЬЕ - 20 имп/мин**

# 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

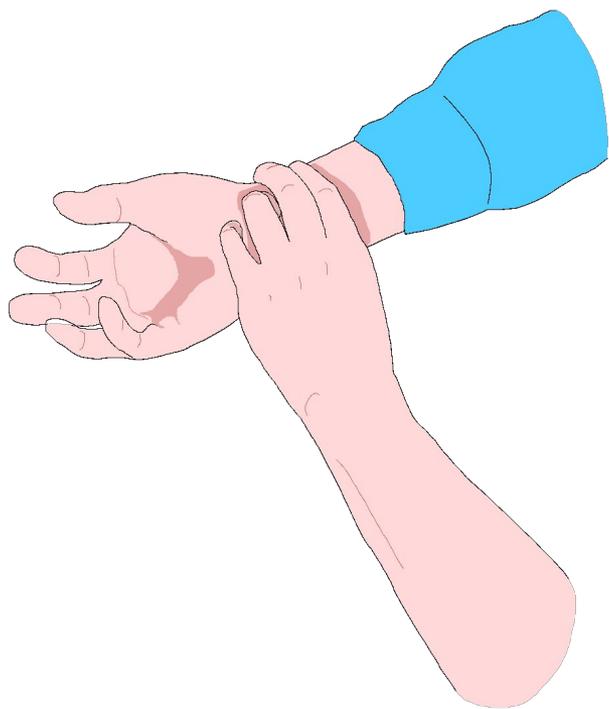
# **Атриовентрикулярная задержка возникает в следствии:**

- ▣ Малого диаметра волокон**
  - ▣ Множество мелких разветвлений**
  - ▣ Наличия синапсов (в других отделах нексусы), что обеспечивает низкую скорость проведения**
  - ▣ Блокирование быстрых повторных импульсов (проведение возбуждения с декрементом)**
- 

# Следовательно, проводящая система сердца обеспечивает:

- ритмическую генерацию импульсов,
- последовательность сокращений предсердий и желудочков,
- синхронное сокращение волокон миокарда (повышает мощность и нагнетательную способность желудочков).

# ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ АВТОМАТИИ ПО ЧАСТОТЕ ПУЛЬСА



- **ВЫШЕ АВТОМАТИЯ - ЧАЩЕ ПУЛЬС -**  
**ТАХИКАРДИЯ**
- **НИЖЕ АВТОМАТИЯ - РЕЖЕ ПУЛЬС -**  
**БРАДИКАРДИЯ**
- **МЕНЯЮЩАЯСЯ АВТОМАТИЯ - ПУЛЬС**  
**РАЗНОЙ ЧАСТОТЫ - СИНУСОВАЯ**  
**АРИТМИЯ**

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

# Потенциал действия (ПД) рабочего кардиомиоцита

В ПД различают:

1. Быструю начальную деполяризацию
2. Начальную реполяризацию
3. Плато
4. Конечную реполяризацию
5. Фазу покоя

быструю

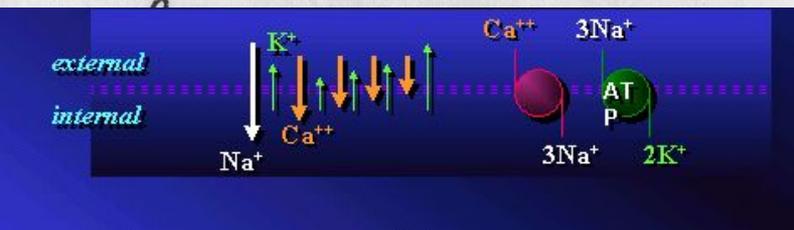
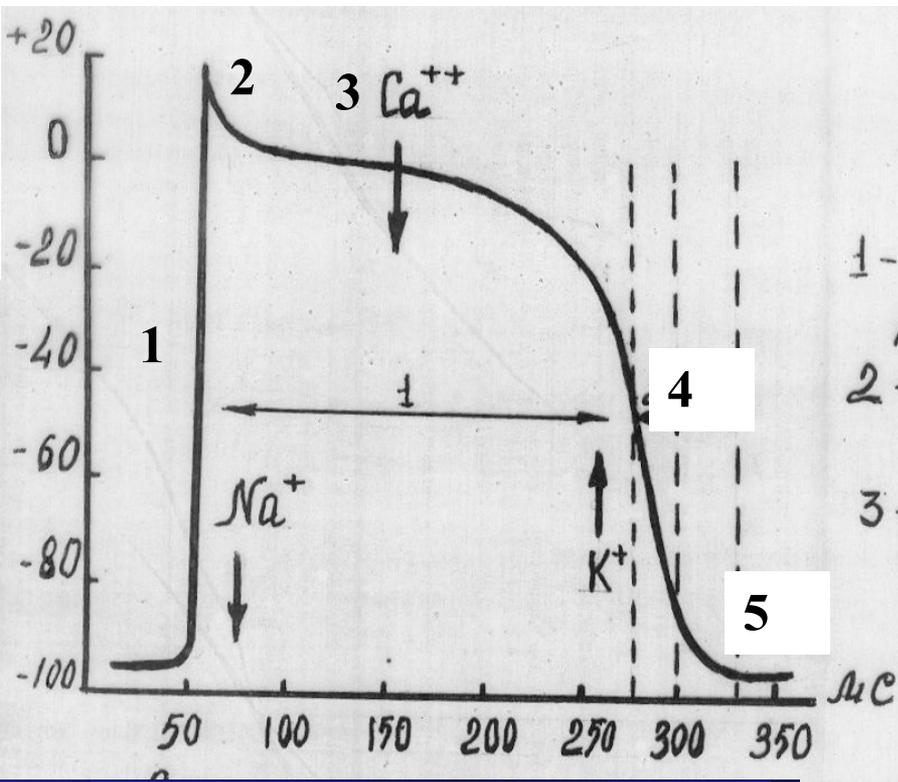
реполяризацию

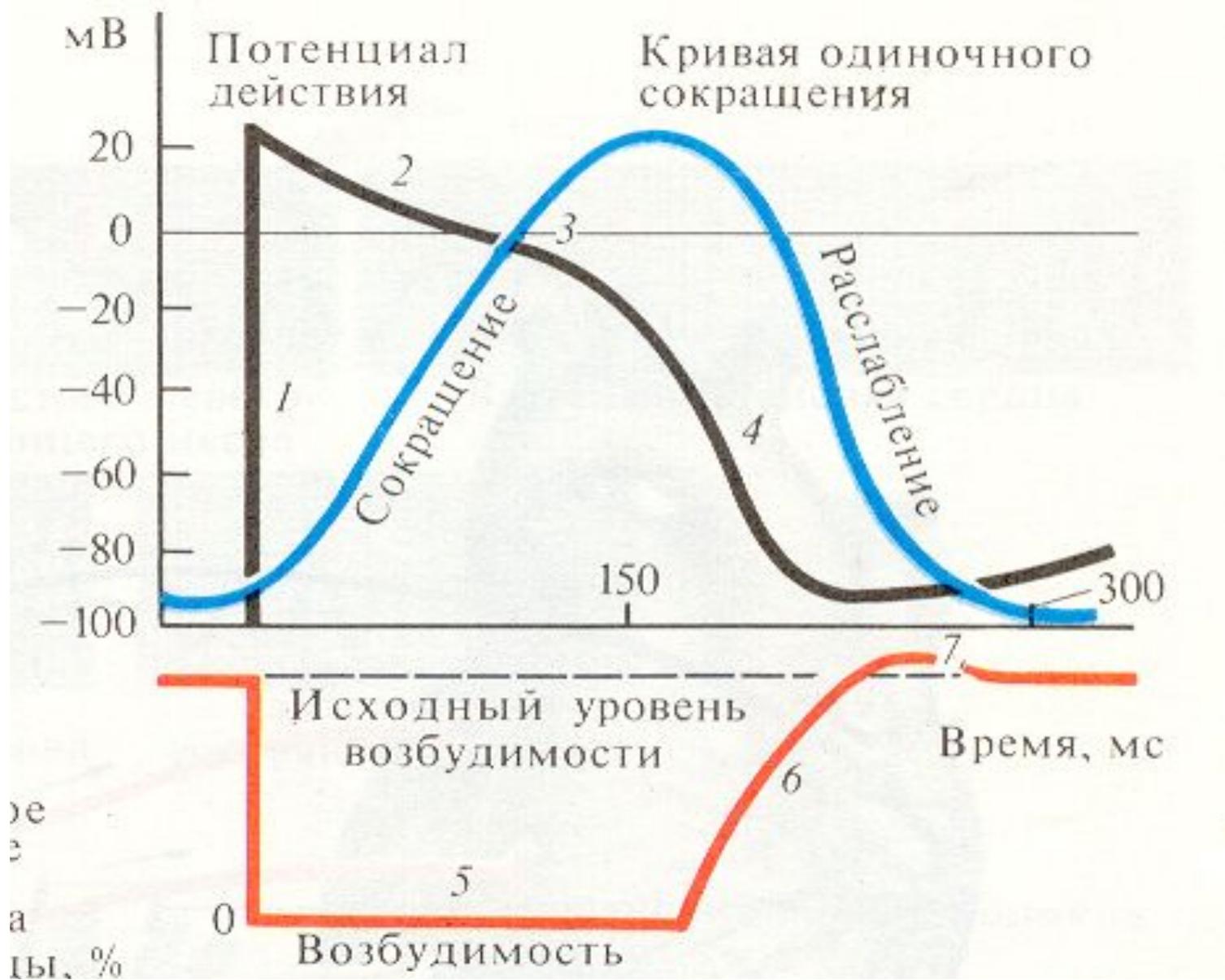
Плато

Конечную  
реполяризацию

быструю

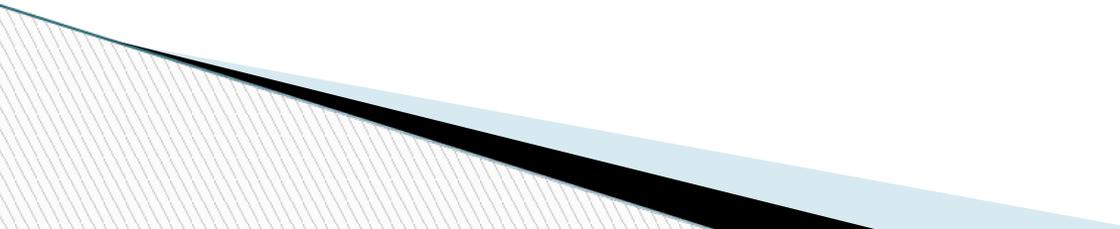
Фазу покоя



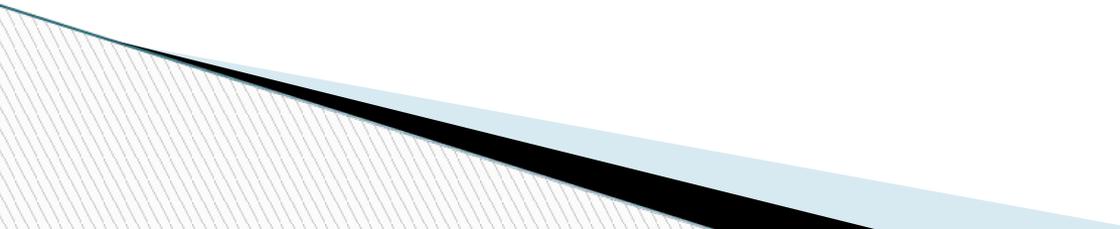


**Рис. – Соотношение возбудимости, возбуждения и сокращения миокарда**

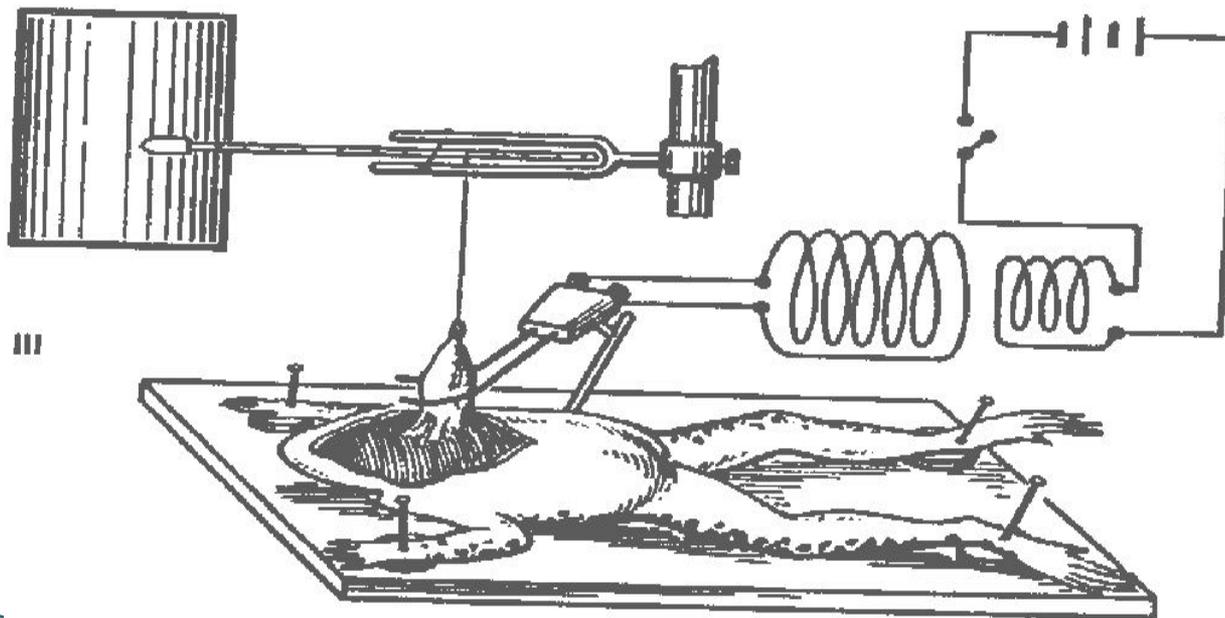
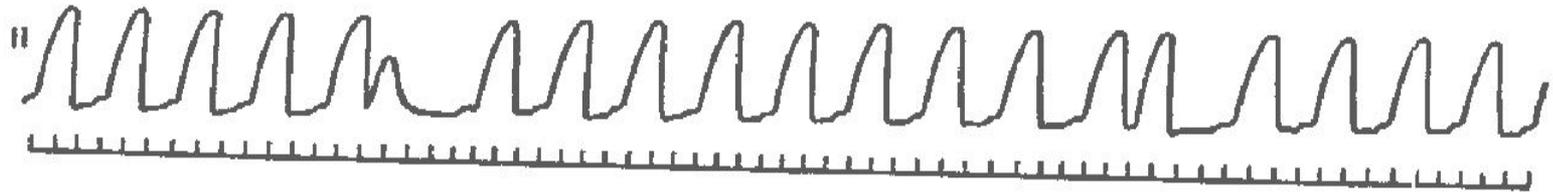
## **Длительная диастола необходима для:**

- 1) обеспечения исходной поляризации клеток миокарда, за счет времени работы Na-K-насоса;**
  - 2) обеспечения удаления  $\text{Ca}^{++}$  из саркоплазмы;**
  - 3) обеспечения ресинтеза гликогена и АТФ;**
  - 5) обеспечения диастолического наполнения сердца кровью**
- 

# **Сила сокращений миокарда зависит от:**

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

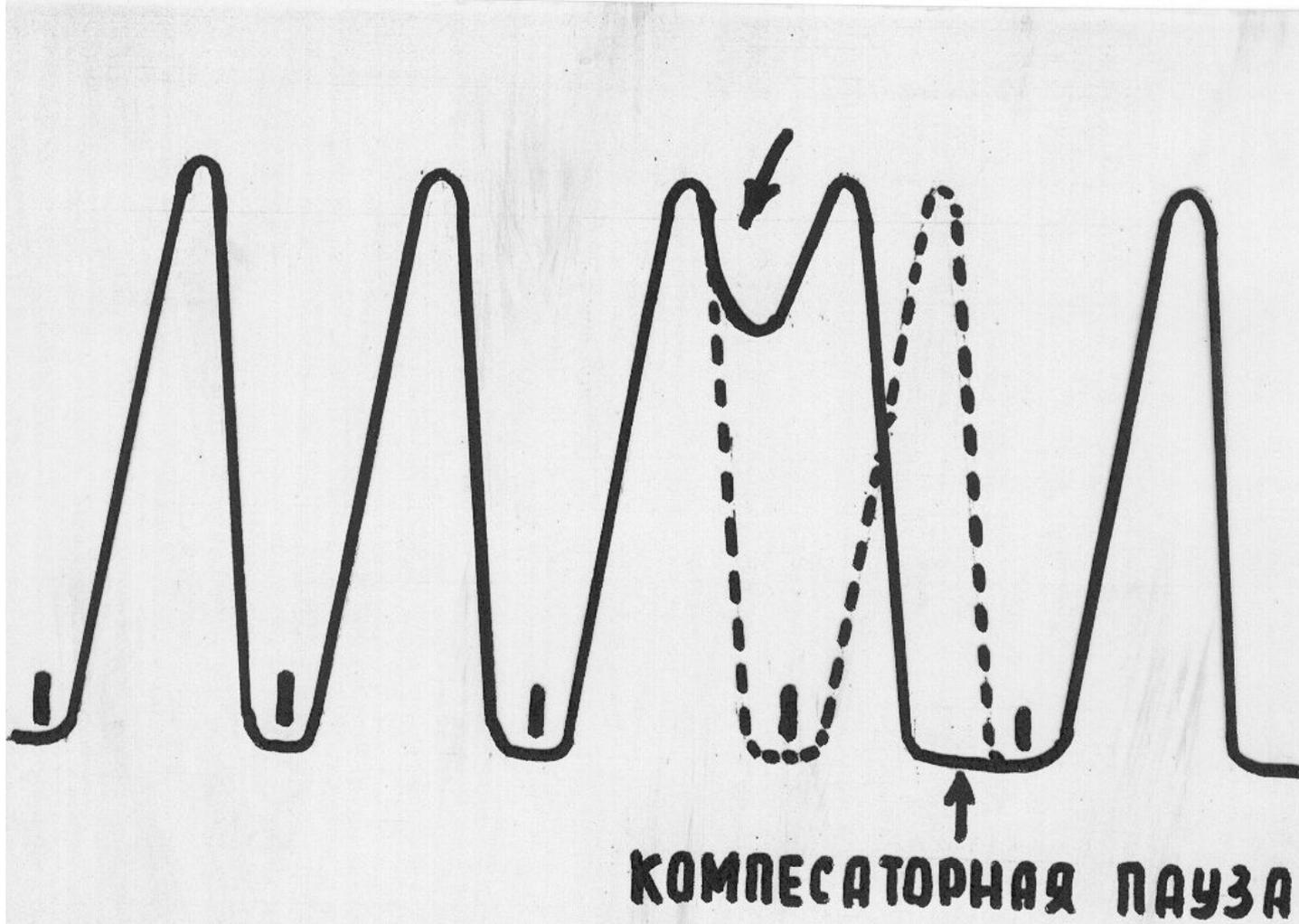
# ЭКСТРАСИСТОЛА



Если на миокард в период восстановления возбудимости (в диастолу) нанести раздражение, то возникает внеочередное сокращение сердца ***экстрасистола.***

Различают:

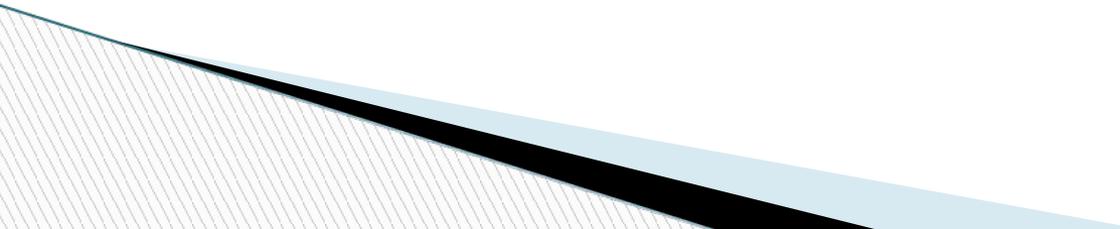
**синусовые экстрасистолы,  
желудочковые экстрасистолы**



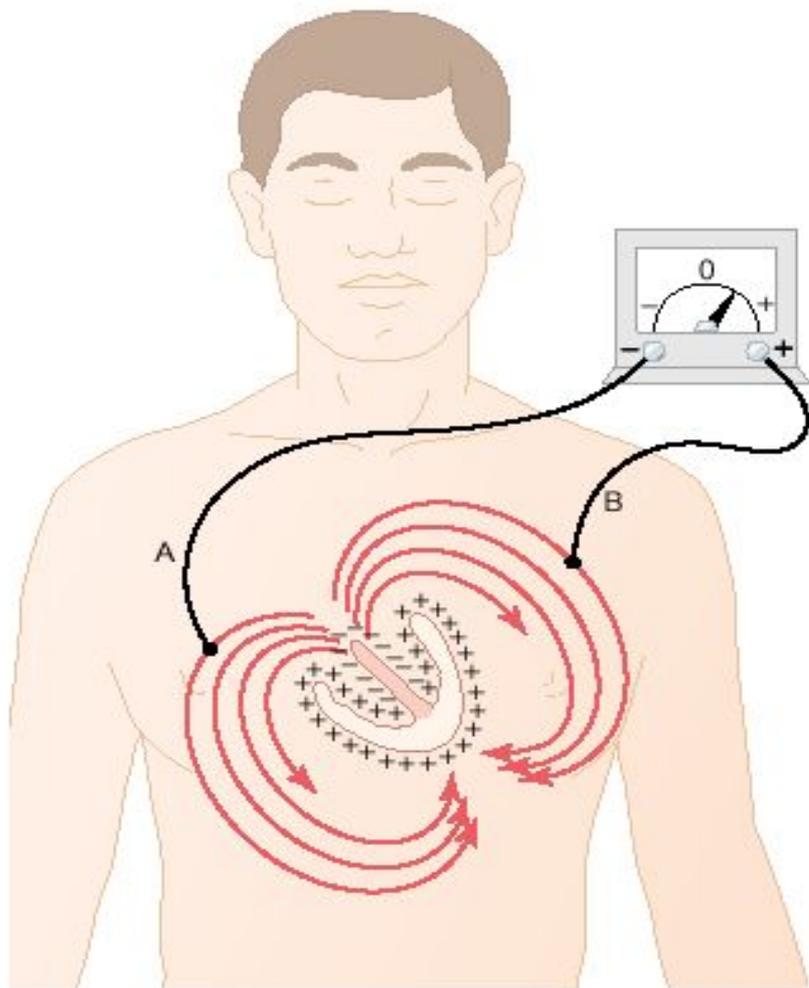
**Рис. – Желудочковая экстрасистола**

## **2.4. 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.

# ВКГ здорового человека в различных проекциях:



96. ВКГ здорового человека (зарегистрирована по системе отведений McFee и Paungao). В горизонтальной проекции (а) запись петли QRS против часовой стрелки; в сагиттальной проекции (б) — запись против часовой стрелки (обзор слева); во фронтальной проекции (в) — запись по часовой стрелке. Максимальный вектор петли QRS направлен влево, вниз, слегка вперед; петля T ориентирована аналогично.

# Методы отведения ЭКГ

## *1. От конечностей:*

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

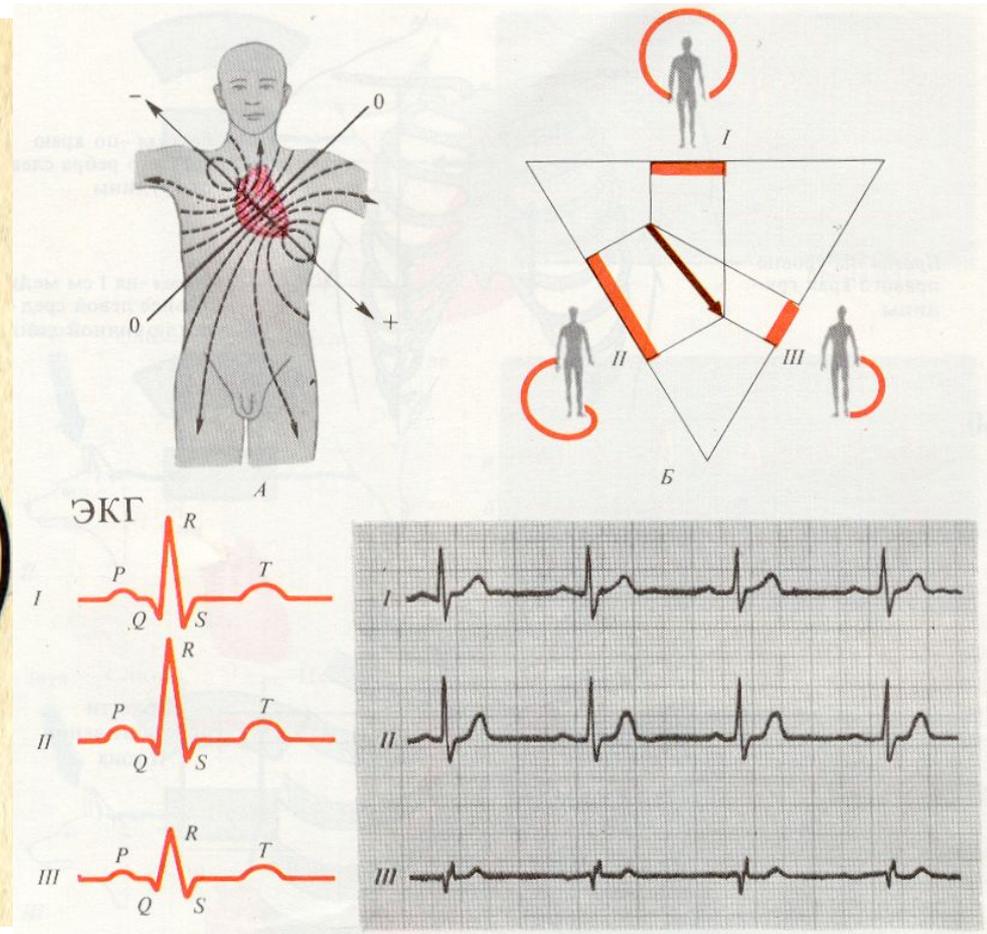
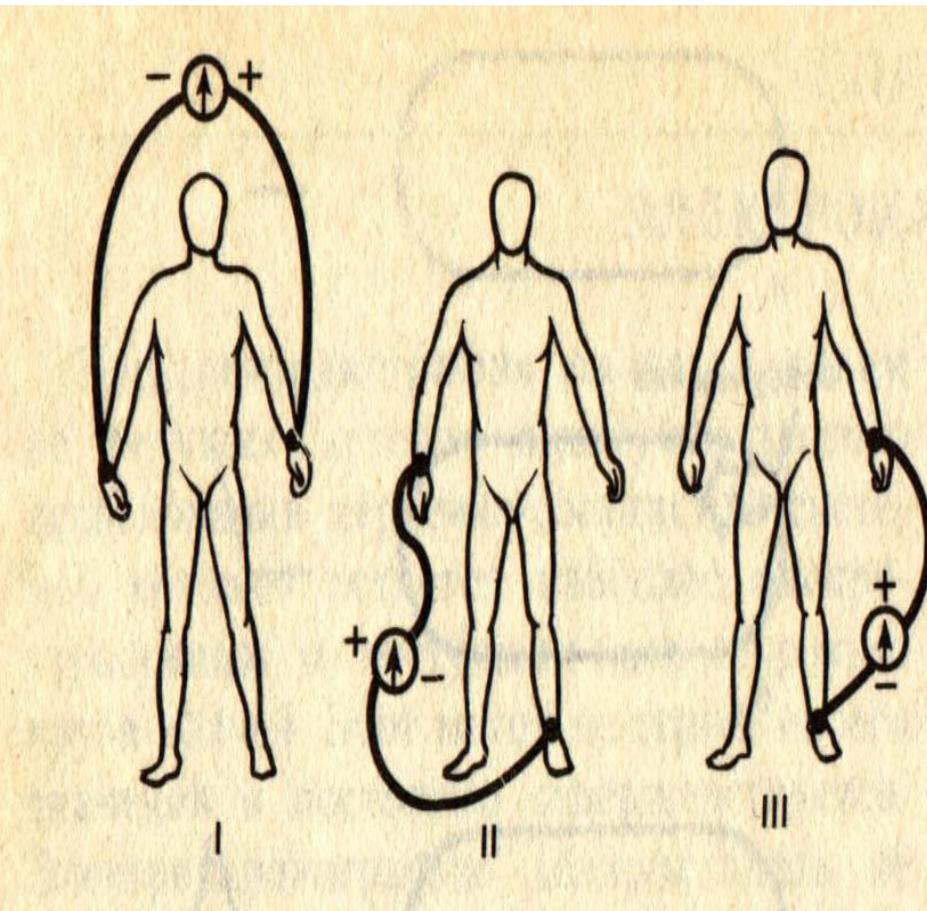
## *2. Грудные отведения:*

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

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

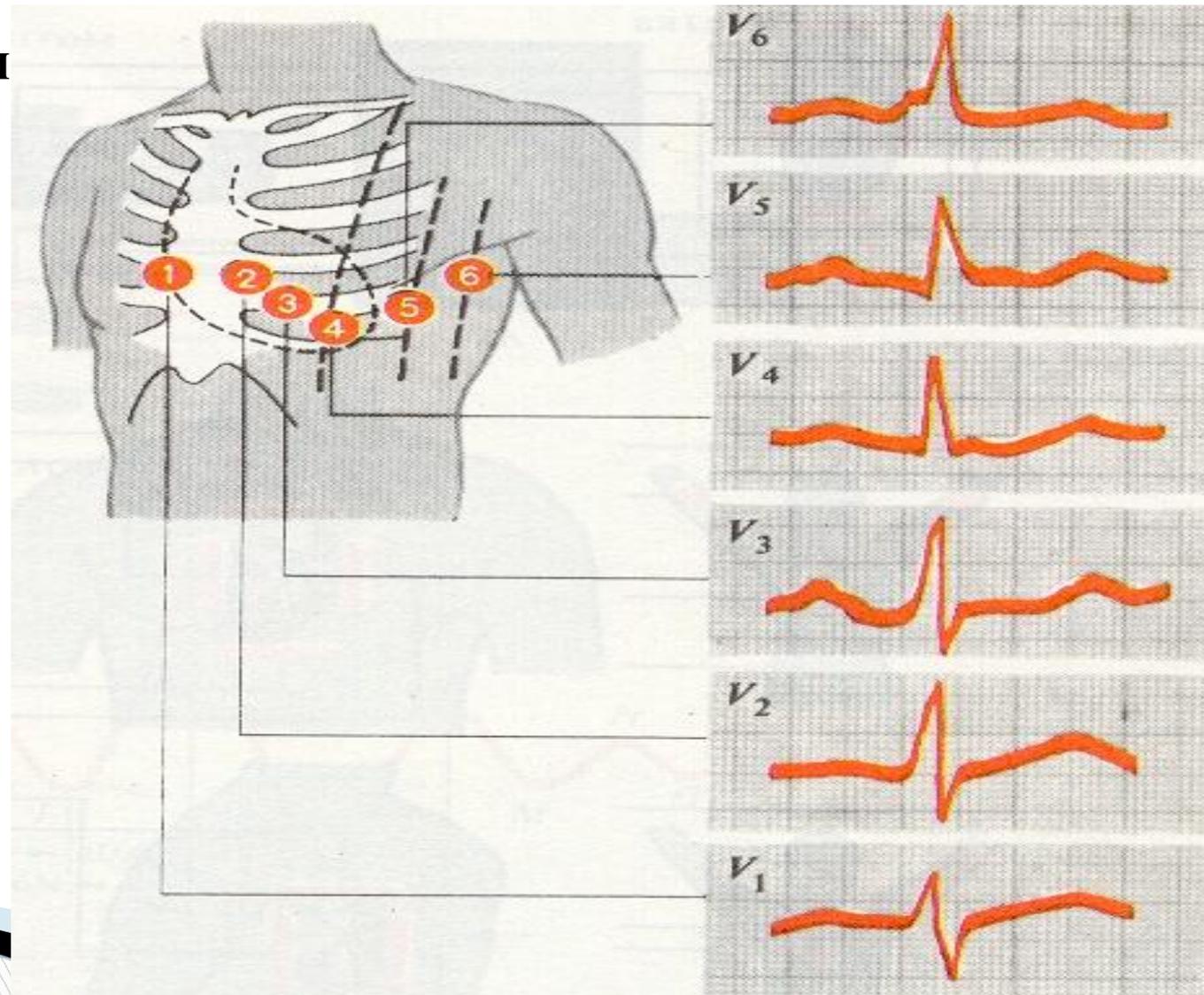
- 1. Правая рука - левая рука**
- 2. Правая рука – левая нога**
- 3. Левая рука – левая нога**

# Электрокардиография (по методу Эйнтховена)

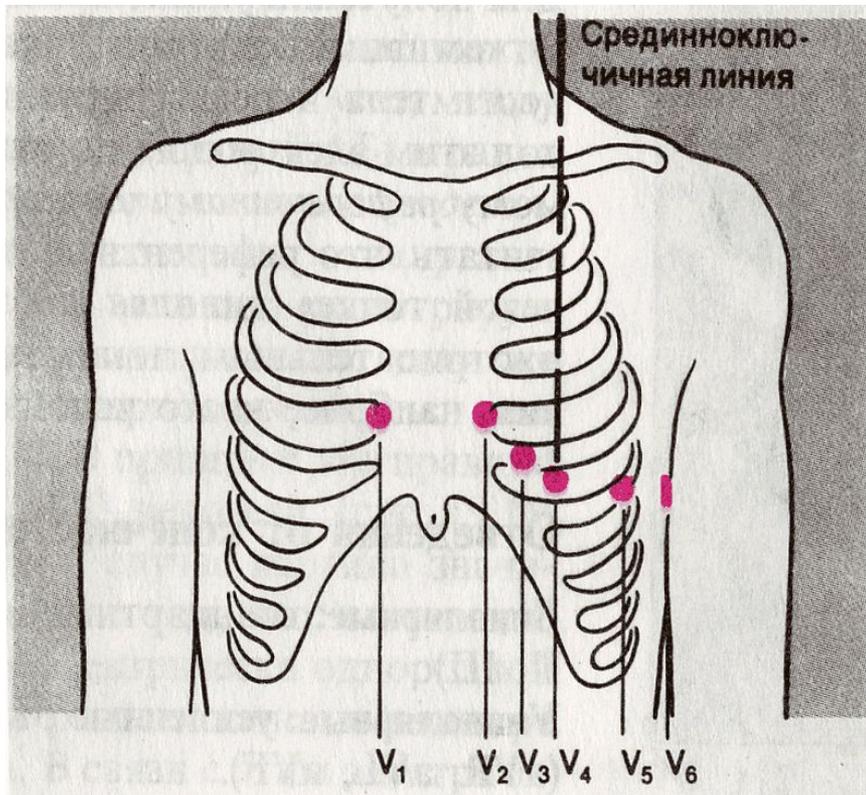


# Электрокардиография (по методу Вильсона)

Грудные отведения  
по Вильсону

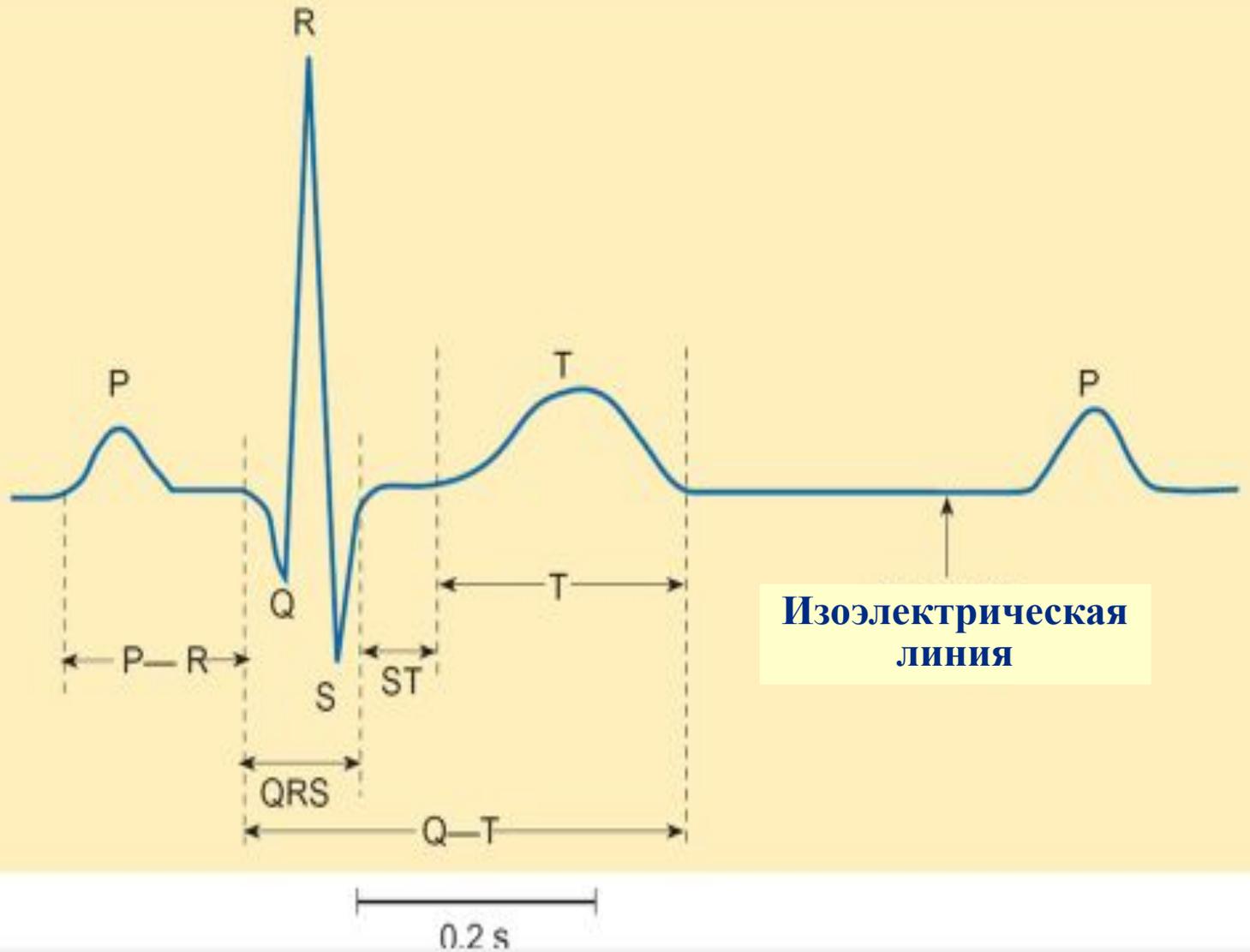


# Грудные отведения $V_1-V_6$



- $V_1$  – в 4-ом межреберье у правого края грудины;
- $V_2$  – в 4-ом межреберье у левого края грудины;
- $V_3$  – посередине между точками  $V_2$ - $V_4$
- $V_4$  – в 5-ом межреберье по левой срединно-ключичной линии;
- $V_5$  – на уровне отведения  $V_4$  по левой передней аксиллярной линии;
- $V_6$  – на том же уровне по средней передней аксиллярной линии;

0.5 mV



Изоэлектрическая  
линия

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

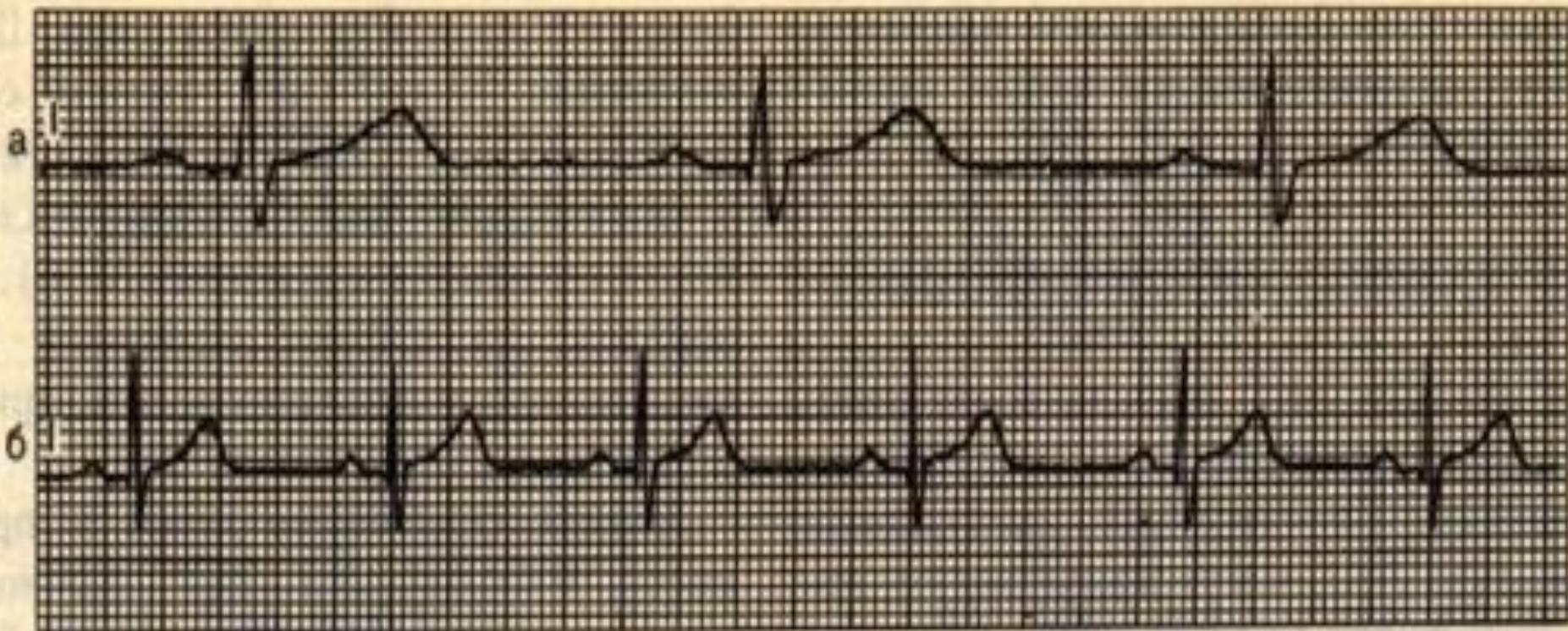
**На ЭКГ различают:**

**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.



**ЭКГ, снятая при скорости  
движения ленты 50 мм/с (рис. а)  
и 25 мм/с (рис. б)**

**Зубец Р** – характеризует возбуждение предсердий. Длительность – 0,1 сек.

**Сегмент PQ** – соответствует проведению возбуждения АВ узел.

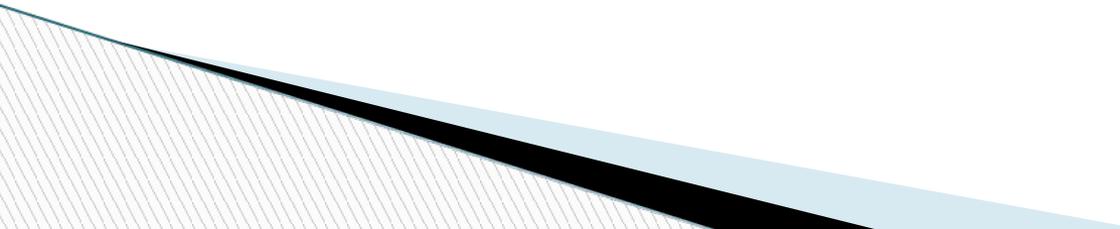
**Интервал P–Q** – время распространения возбуждения от предсердий до желудочков (0,12–0,18 с).

**Интервал QRS** – возникновение и распространение возбуждения в миокарде желудочков.

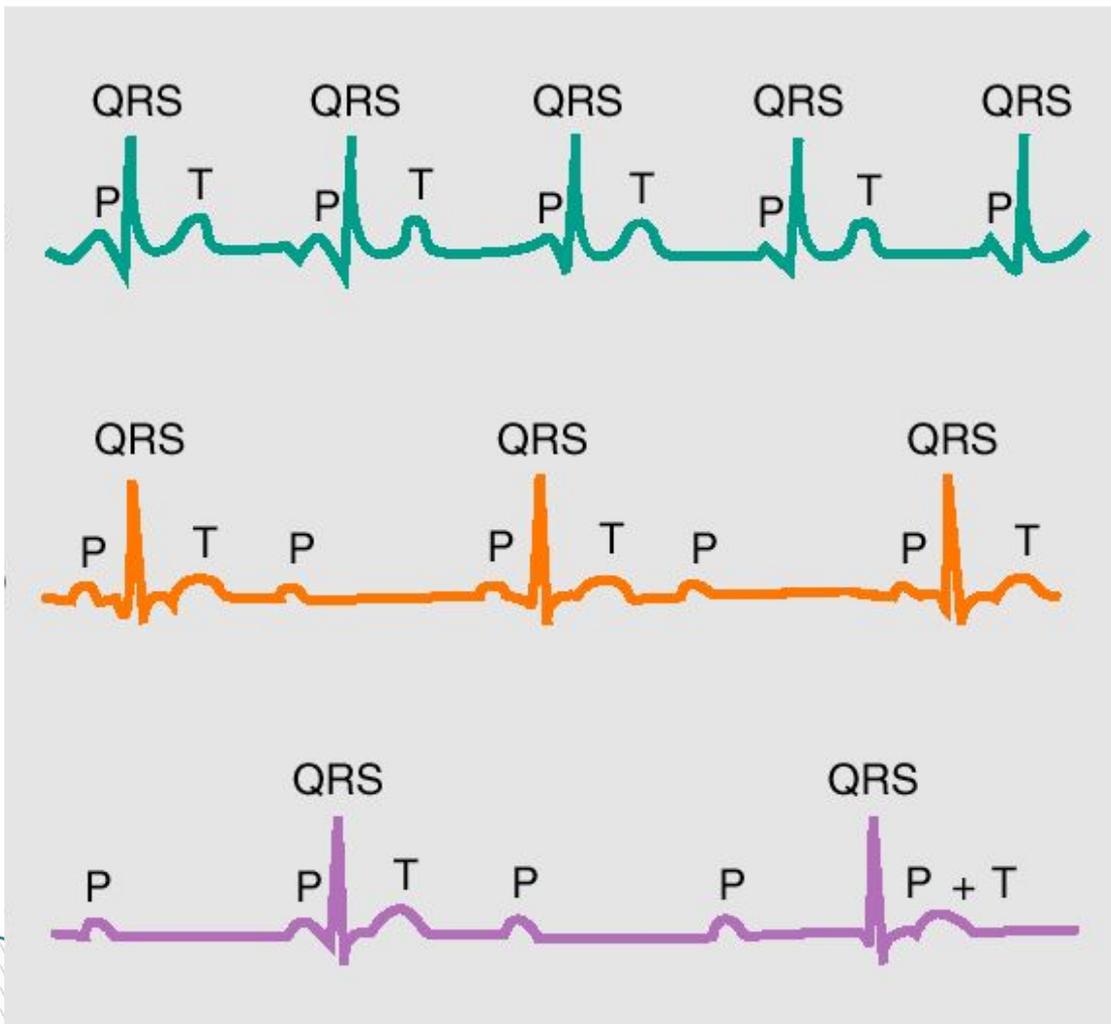
**Зубец Q** - характеризует возбуждения внутренней поверхности желудочков, правой сосочковой мышцы, межжелудочковой перегородки, верхушки сердца.

- **Зубец R** – возбуждение основания желудочков, их наружной поверхности.
  - **Зубец S** – желудочки охвачены возбуждением, поверхность становится отрицательной, исчезает разность потенциалов.
  - **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 0,36 сек).
- Интервал R-R** – сердечный цикл

## По ЭКГ можно судить о :

1. Локализации очага возбуждения.
  2. Нарушении ритма.
  3. Отражаются нарушения проведения возбуждения, степень и локализация блокад.
  4. Направление электрической оси сердца.
  5. Инфаркты миокарда, при полном нарушении кровоснабжения сердца.
  6. Поражения сердца, при недостаточности коронарного кровообращения и др.
- 

# Атриовентрикулярная блокада



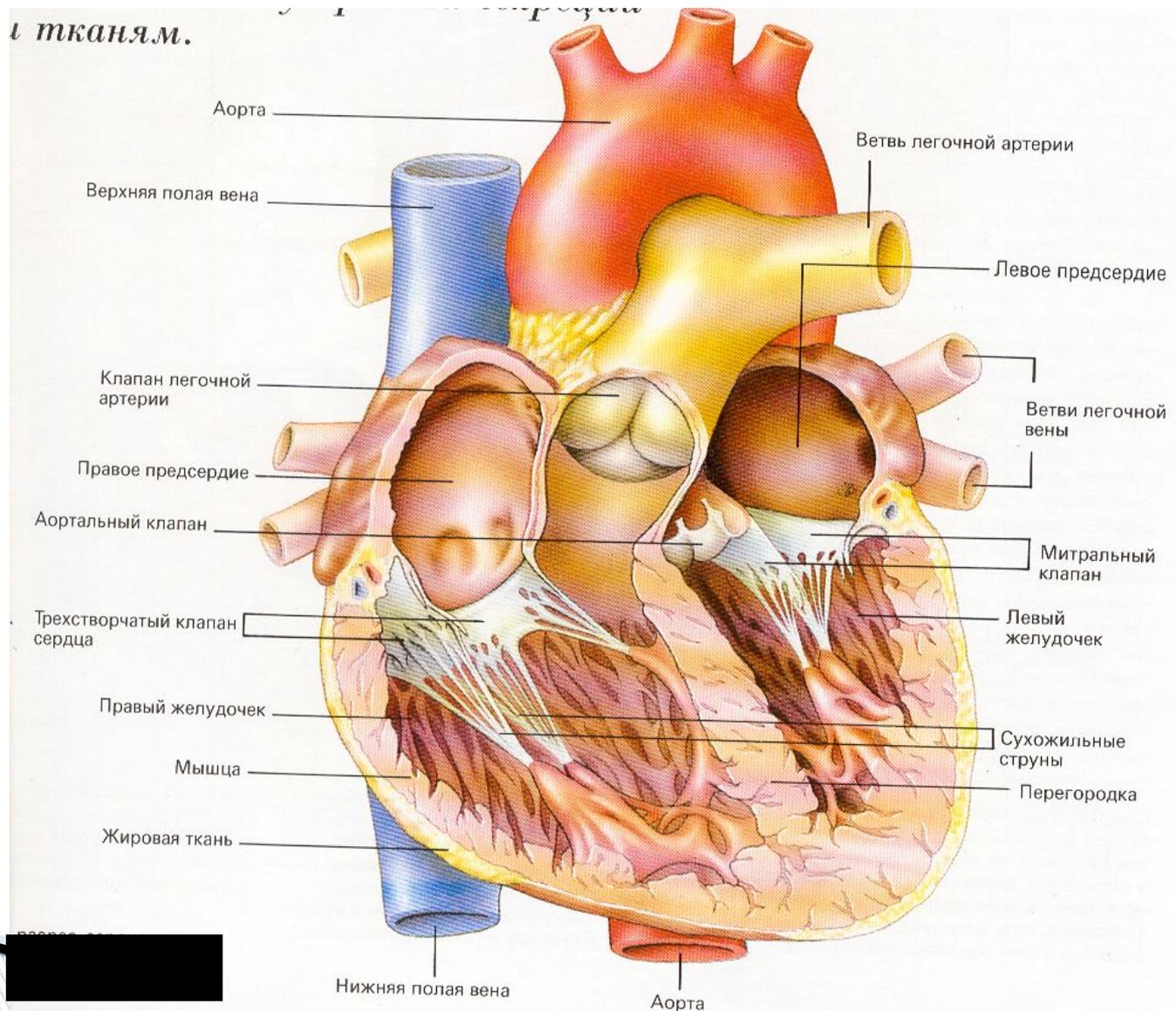
**Нормальная ЭКГ**

**Частичная АВ блокада: каждый 2-ой импульс не проводится к желудочкам**

**Полная АВ блокада: предсердия и желудочки возбуждаются отдельно**

**5. Нагнетательная функция сердца.  
Сердечный цикл. Последовательность  
периодов и фаз сердечного цикла**

# Клапаны сердца



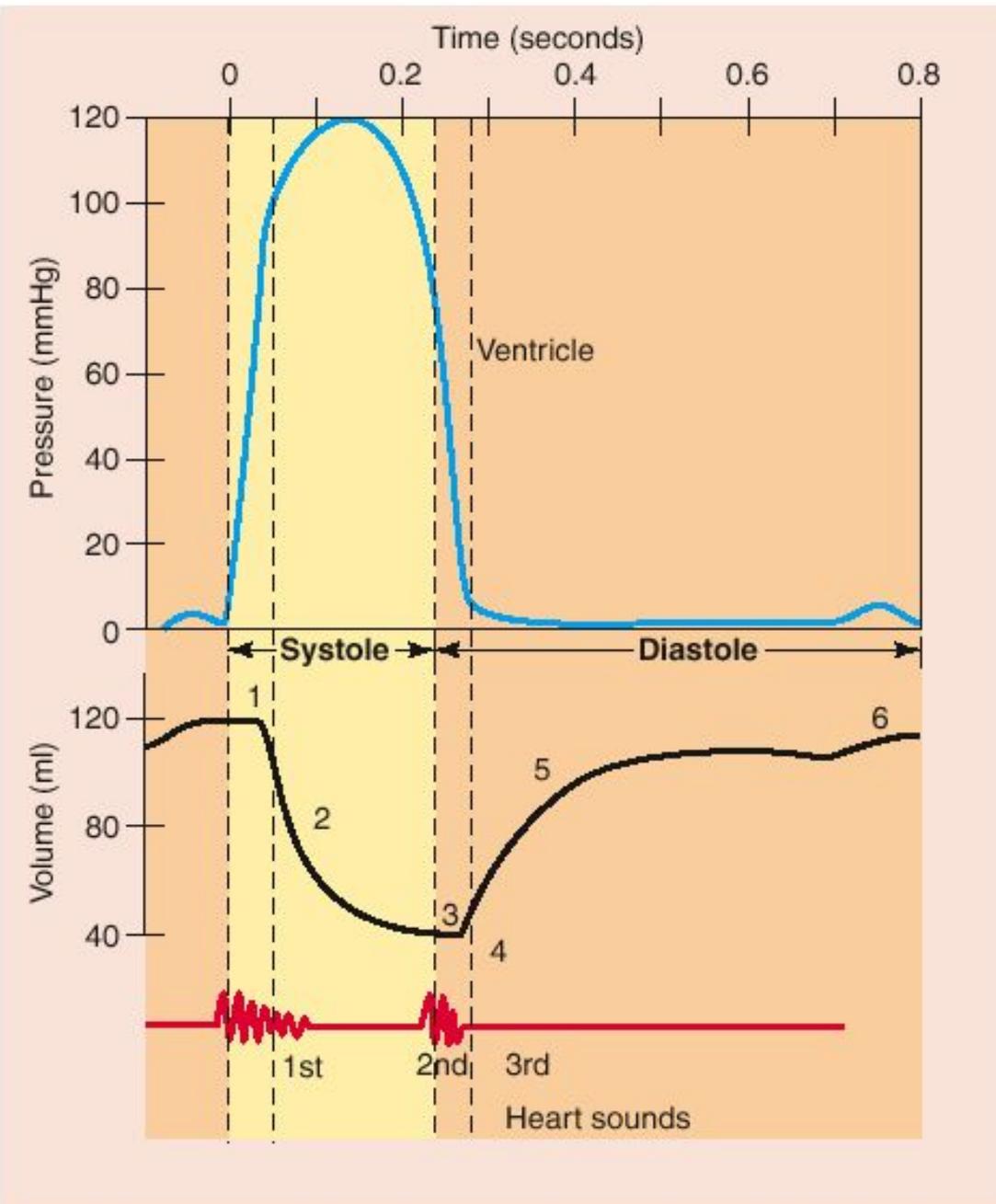
# Сердечный цикл



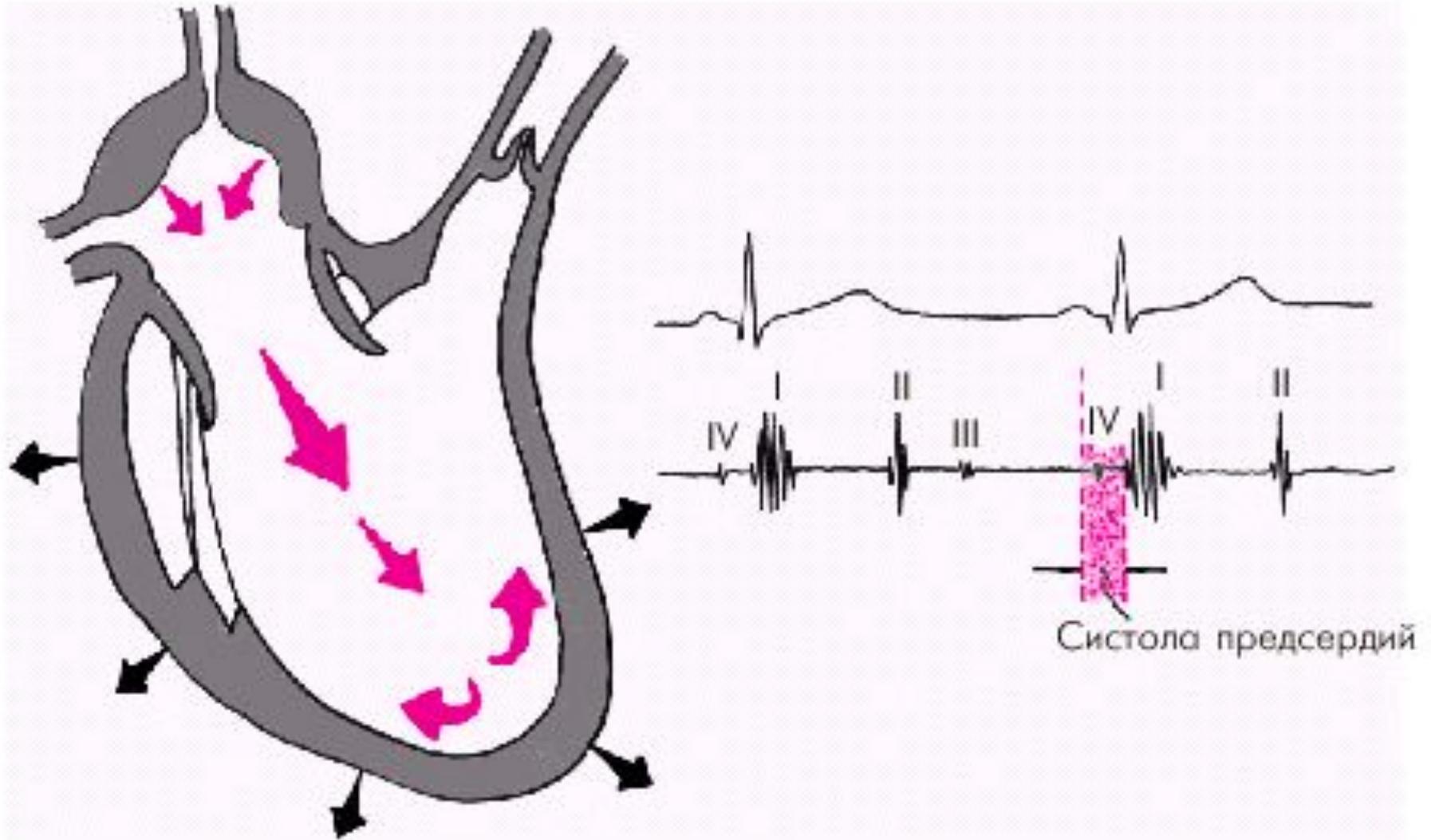
Давление  
в левом желудочке

Объем левого  
желудочка

I и II тоны сердца



# Систола предсердий – 0,1 с

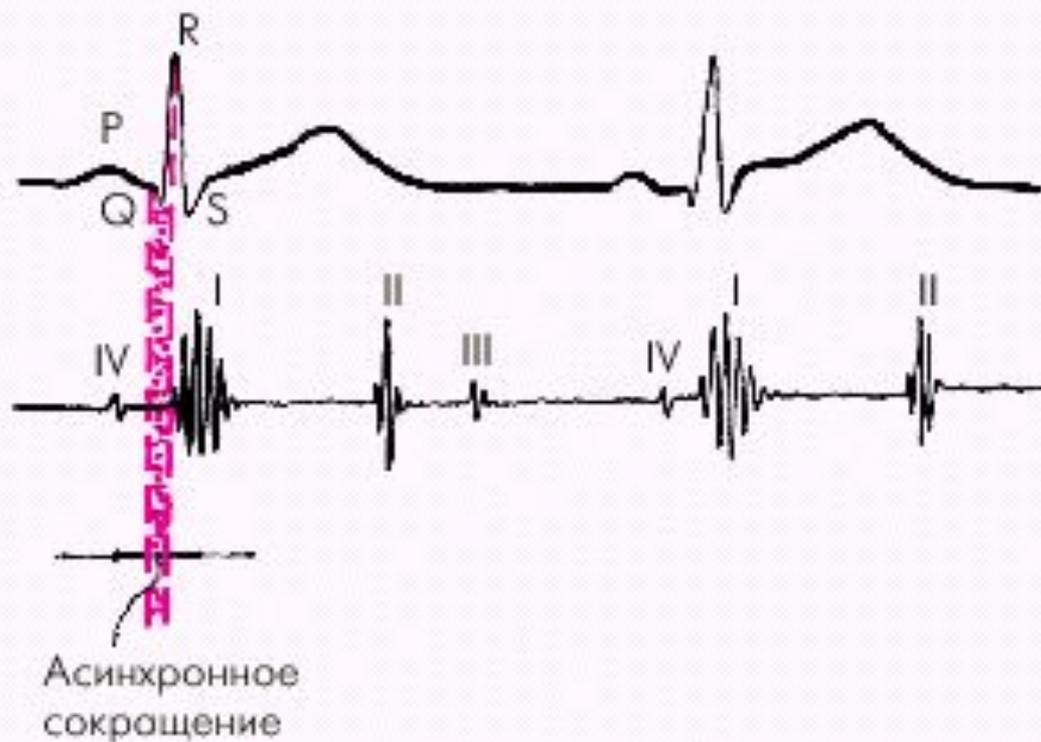
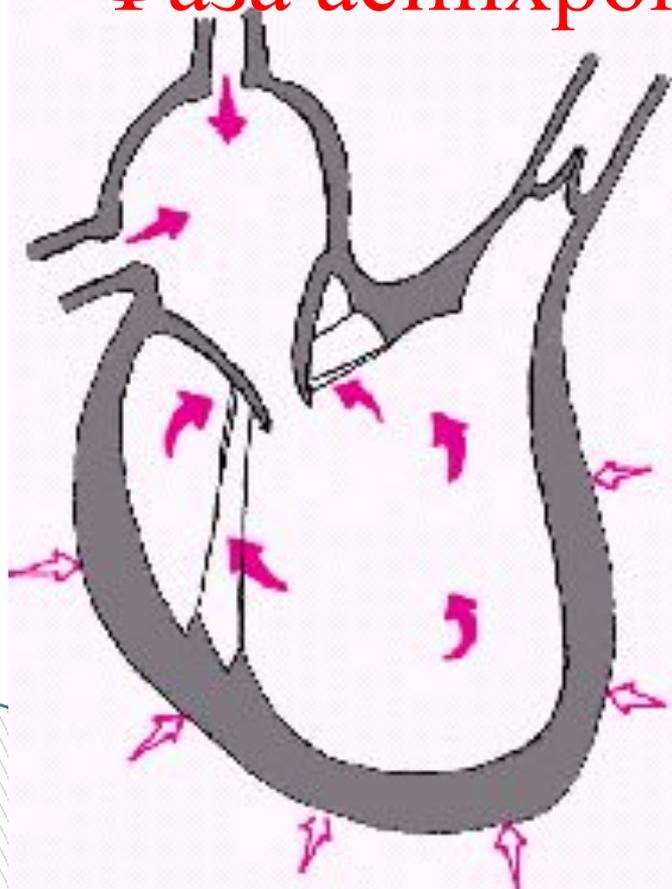


# Фазовая структура систолы желудочков.

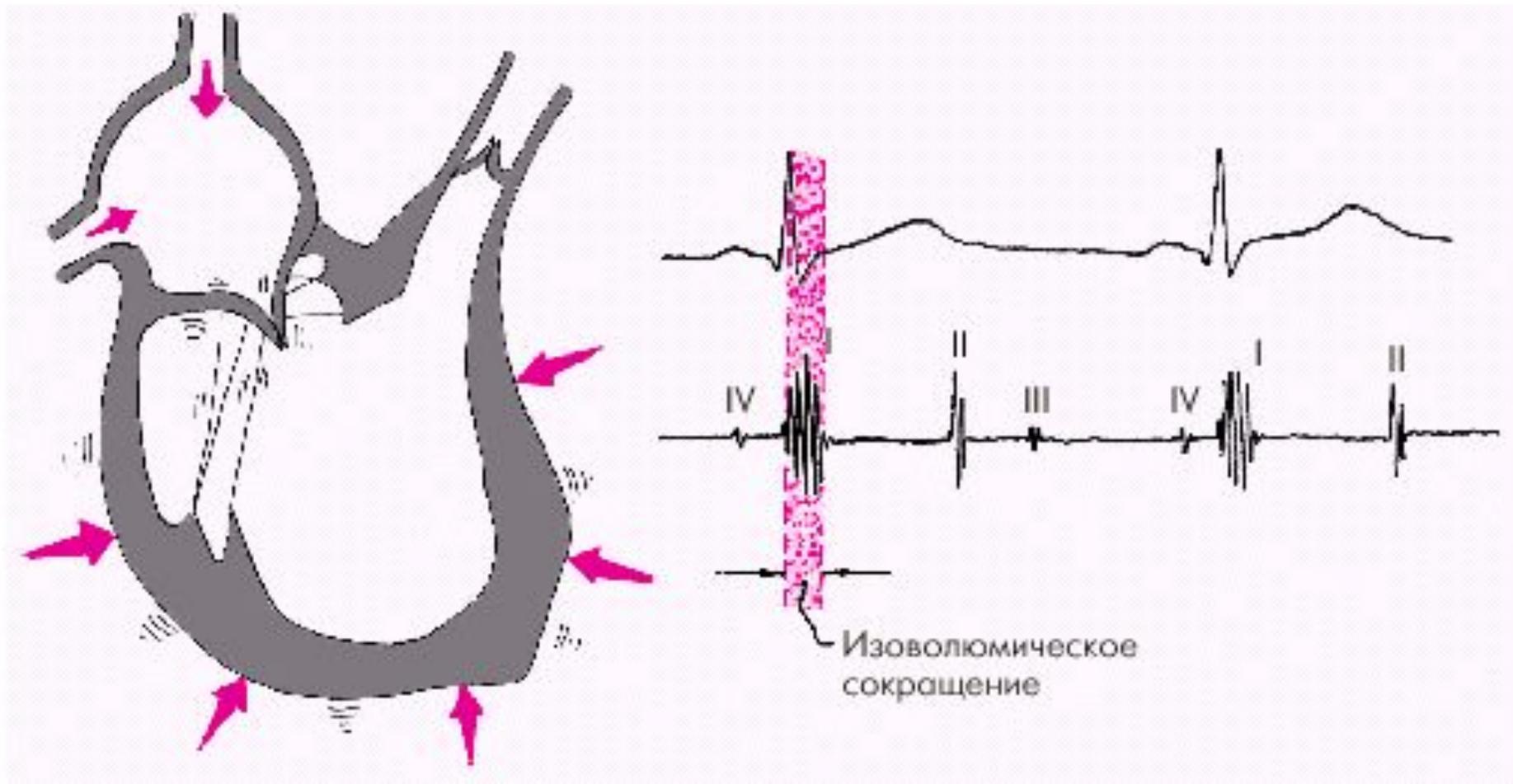
Общая длительность – 0,33 с

Период напряжения – 0,08 с

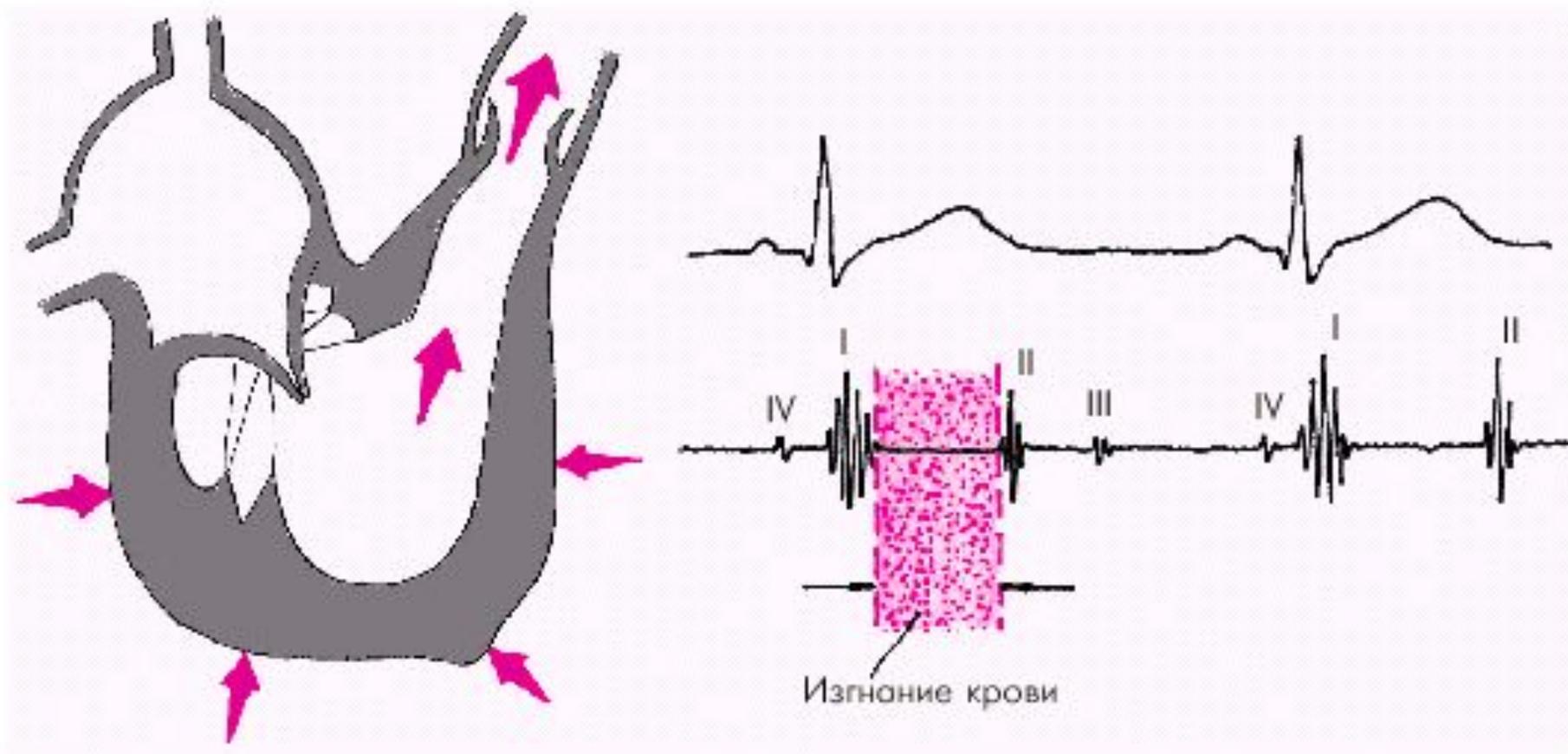
Фаза асинхронного сокращения – 0,05 с



# Фаза изометрического (изоволюмического) сокращения -0,03 с

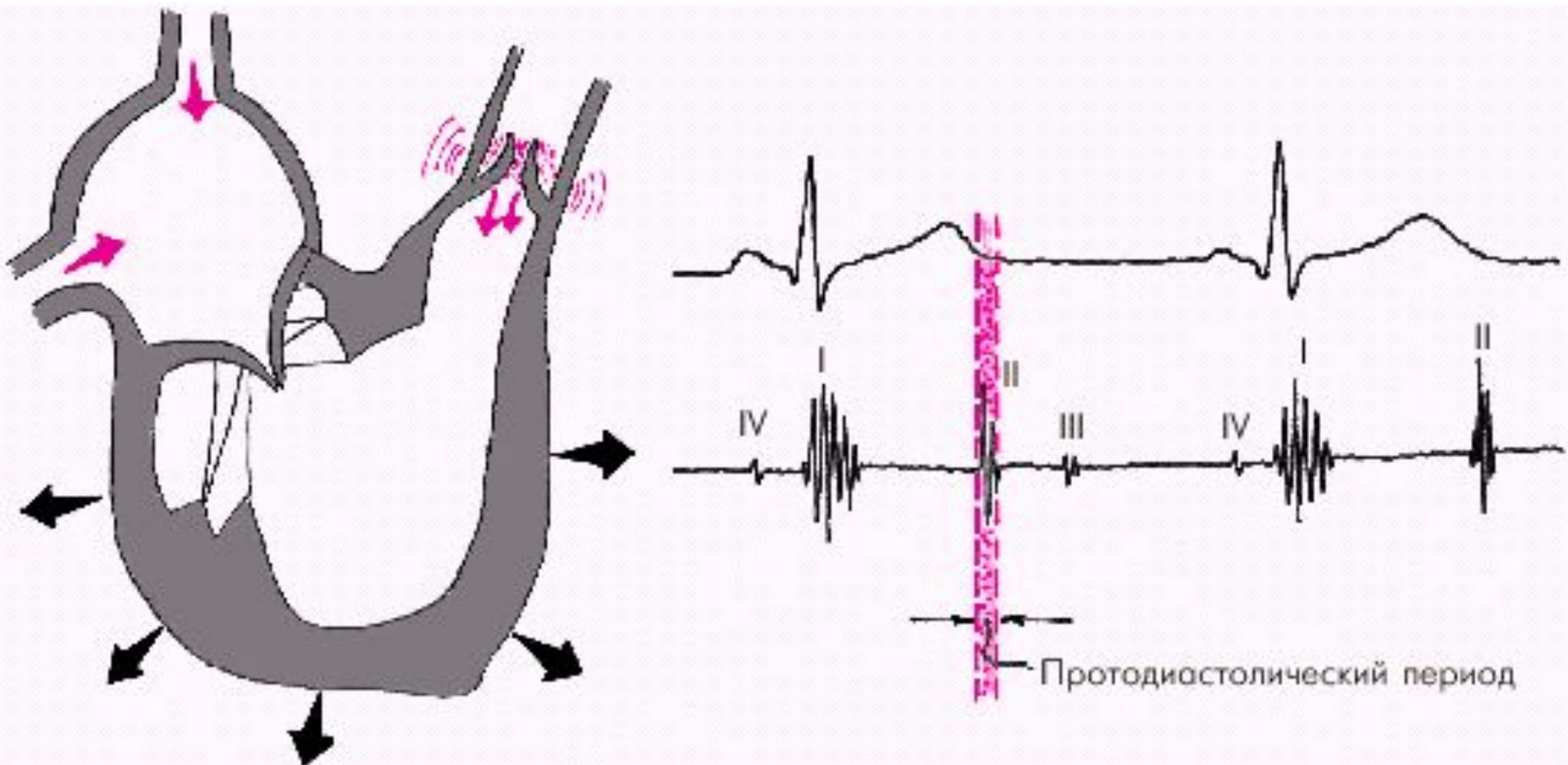


**Период изгнания (0,25 с):**  
**Фаза быстрого изгнания - 0,12 с**  
**фаза медленного изгнания – 0,13 с**

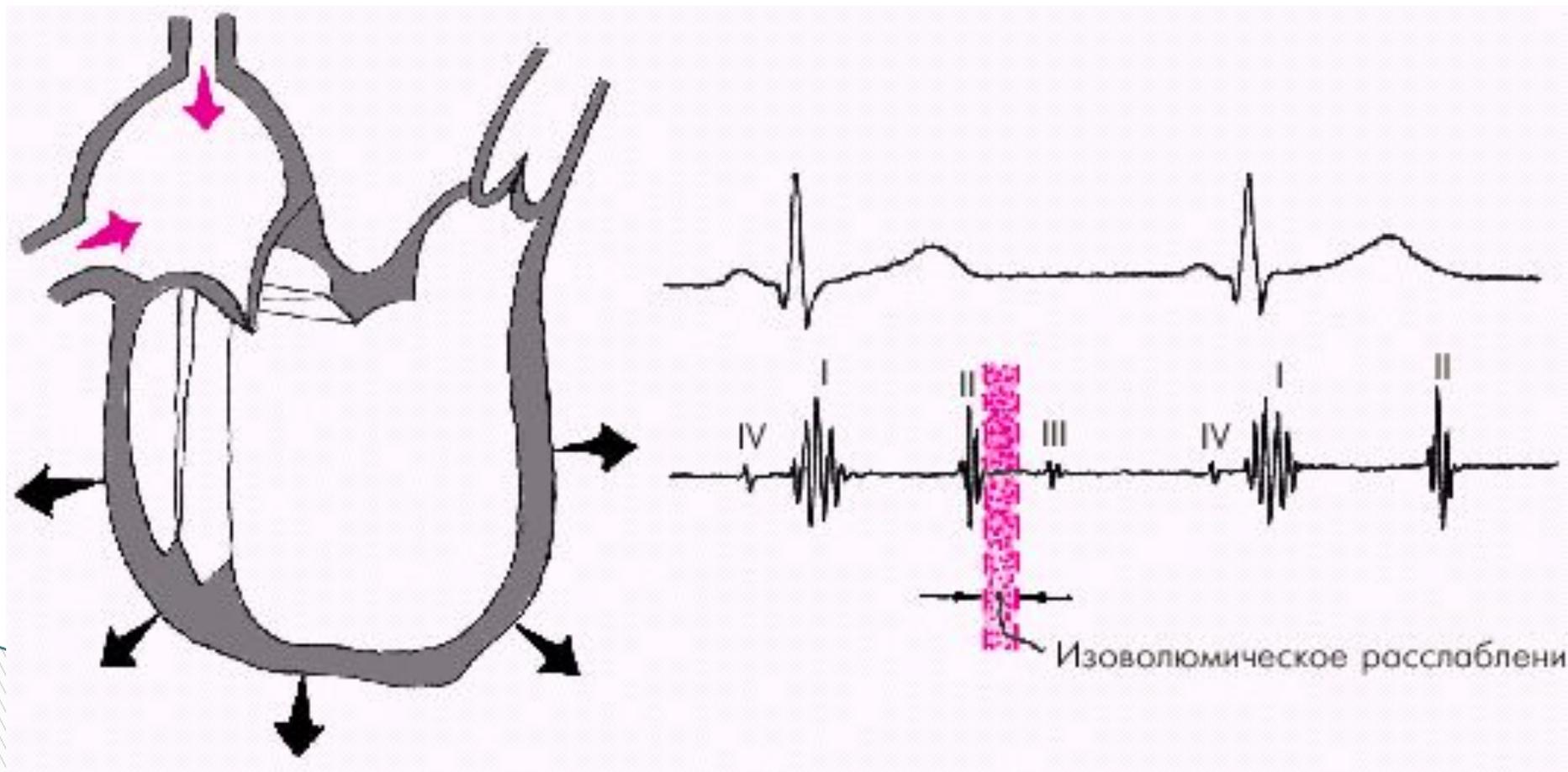


# Фазовая структура диастолы - 0,47 с

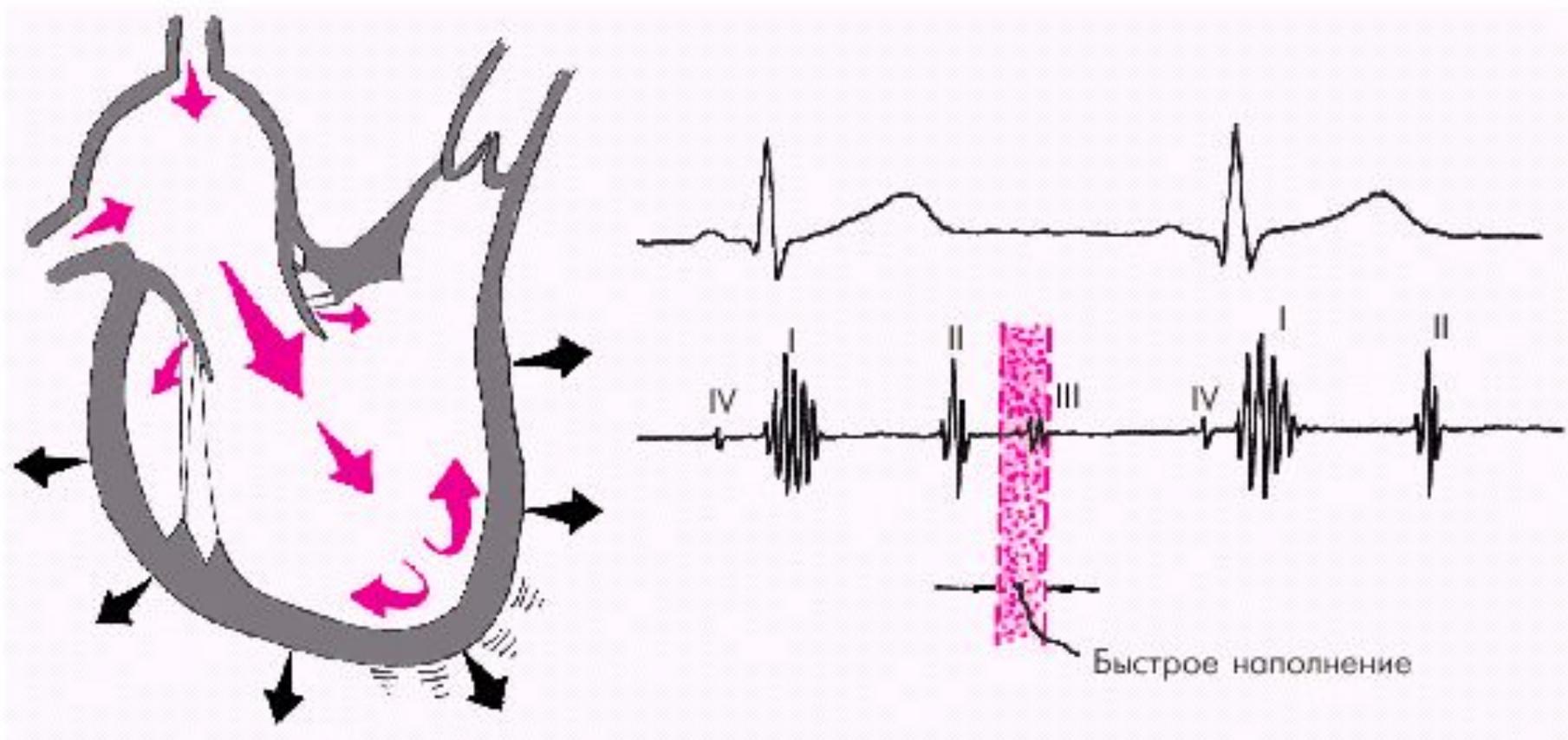
## Протодиастолический период – 0,04 с



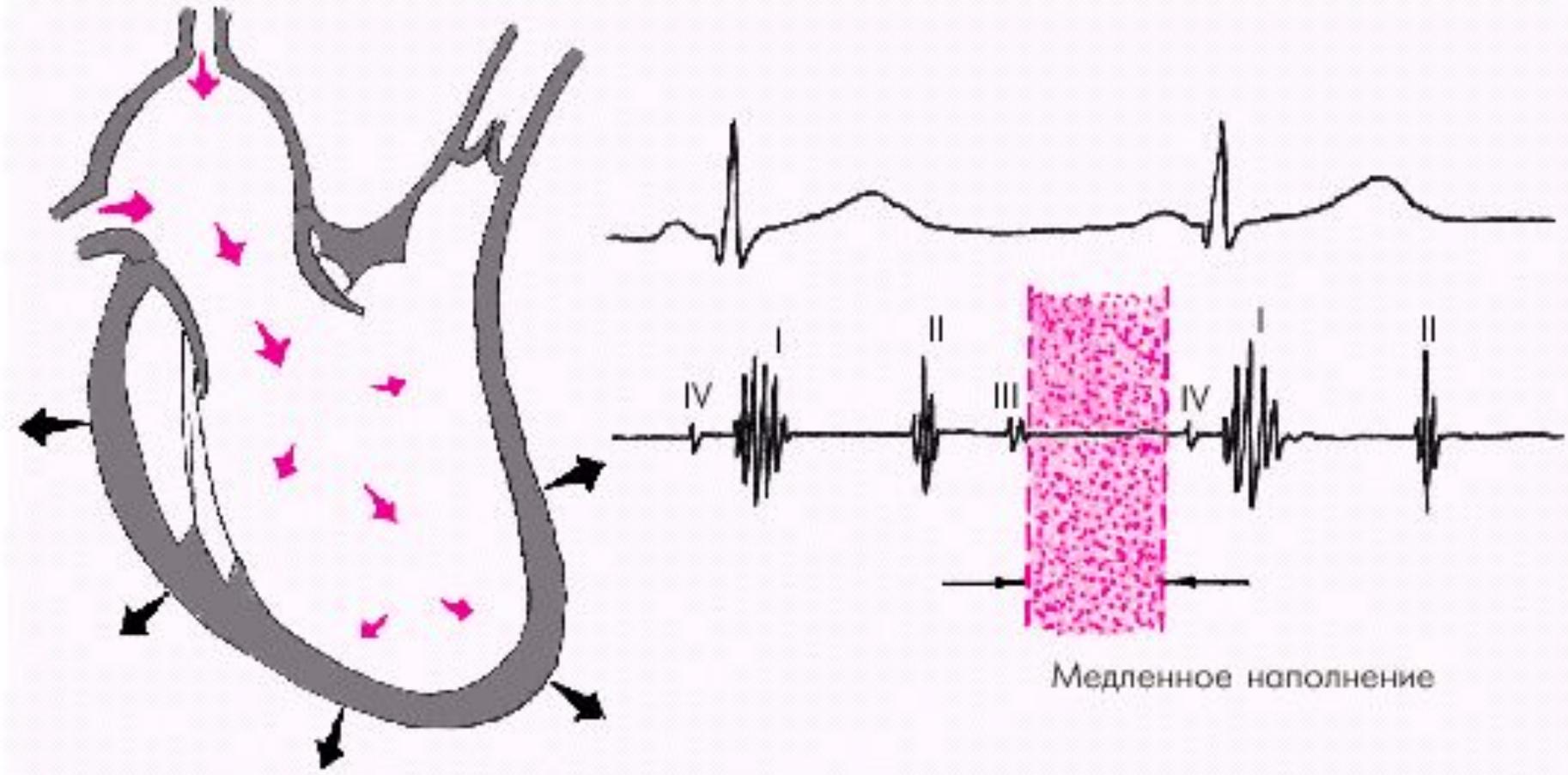
# Изометрическое (изоволюмическое) расслабление – 0,08 с



**Период наполнения – 0,25 с**  
**фаза быстрого наполнения – 0,08 с**



# Фаза медленного наполнения -0,17 с



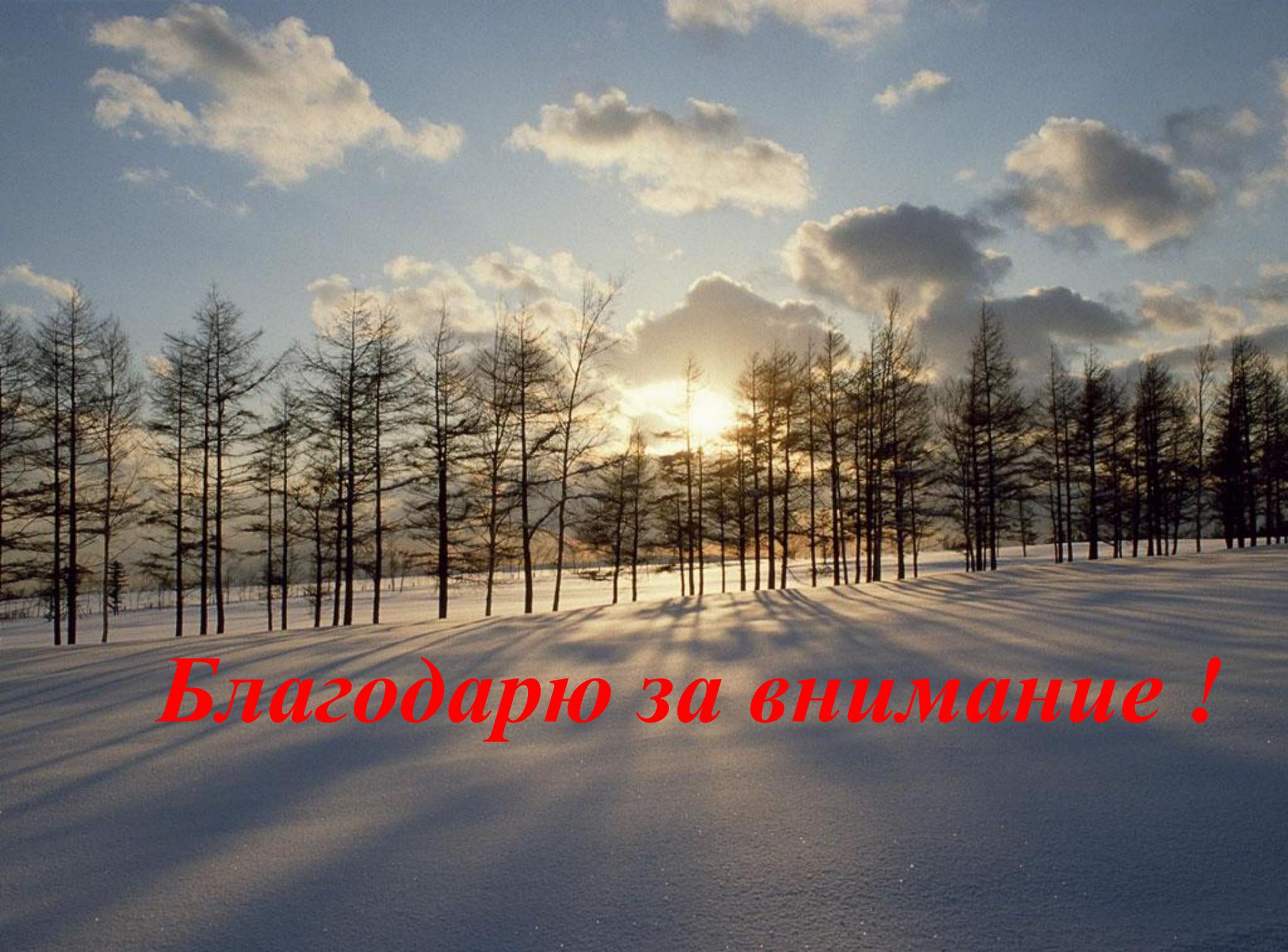
Пресистолический период – 0,1 с

# **Длительность диастолы необходима для:**

- ▣ 1) обеспечения исходной поляризации клеток миокарда, за счет времени работы Na-K-насоса;**
- ▣ 2) обеспечения удаления  $\text{Ca}^{++}$  из саркоплазмы;**
- ▣ 3) обеспечения ресинтеза гликогена;**
- ▣ 4) обеспечения ресинтеза АТФ;**
- ▣ 5) обеспечения диастолического наполнения сердца кровью**



*Благодарю за внимание!*



*Благодарю за внимание !*

*Благодарю за внимание !*



*Благодарю за внимание!*





***Благодарю за внимание !***