

Физиология человека

КазНМУ



**ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ.  
СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА  
СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ.  
НЕРВНО-ГУМОРАЛЬНАЯ  
РЕГУЛЯЦИЯ СЕРДЕЧНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.**

Лекция 9

# План:

- Система органов кровообращения, роль в поддержании жизнедеятельности организма.
- Морфофункциональная характеристика сердечной мышцы.
- Сердечный цикл, его фазы.
- СОК, МОК, сердечный индекс.
- Внешние проявления сердечной деятельности и методики их исследования.

**Система органов крово- и лимфообращения включает сердце, кровеносные и лимфатические сосуды, обеспечивает непрерывное движение крови и лимфы.**

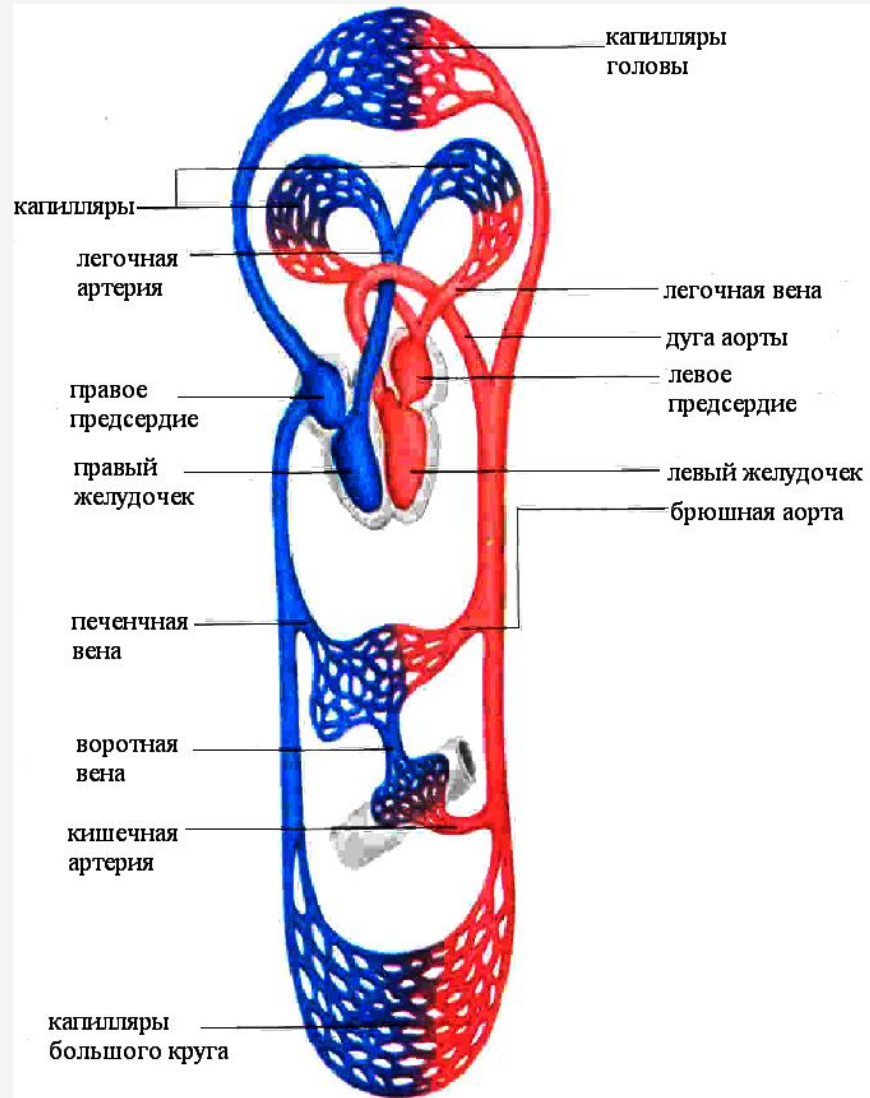
**Функции органов кровообращения:**

- транспортная**
- дыхательная**
- трофическая**
- регуляторная**

**Круговое движение крови было открыто 1628 г.  
В. Гарвеем.**

**Сердечно-сосудистая система состоит из большого и малого кругов кровообращения и центрального органа - сердца.**

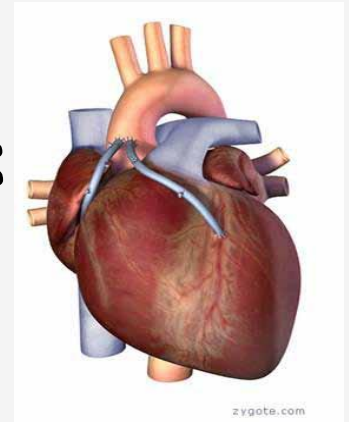
# Схема кругов кровообращения



# **Морфофункциональная характеристика сердечной мышцы:**

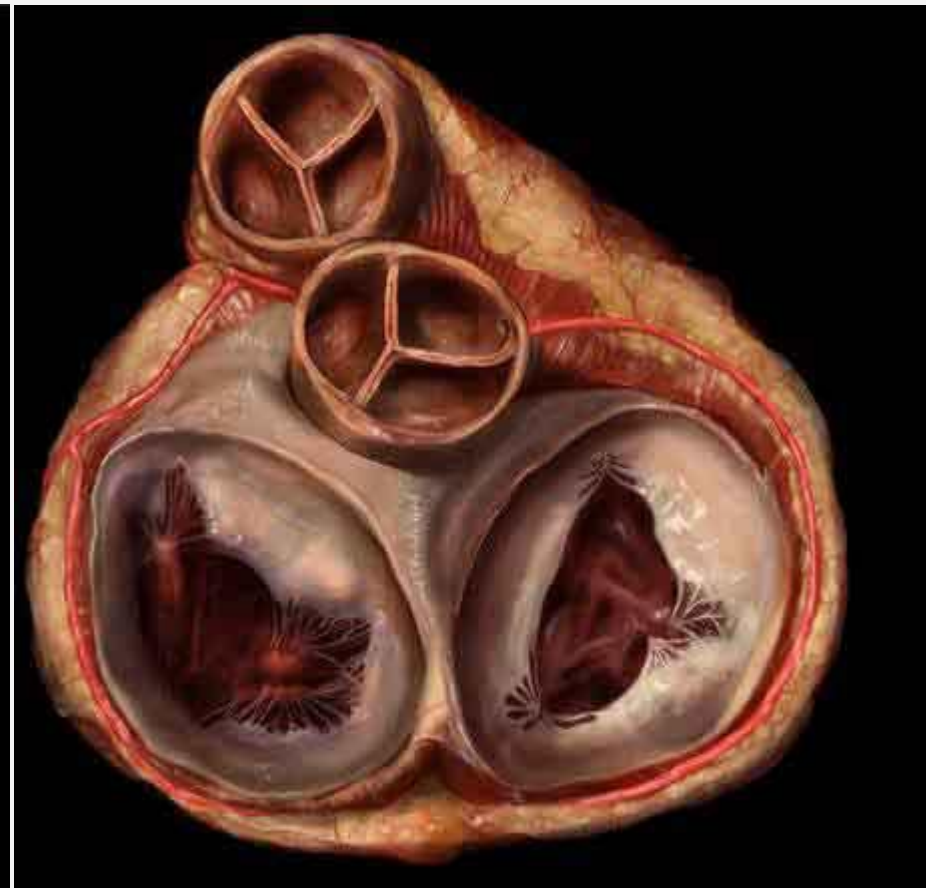
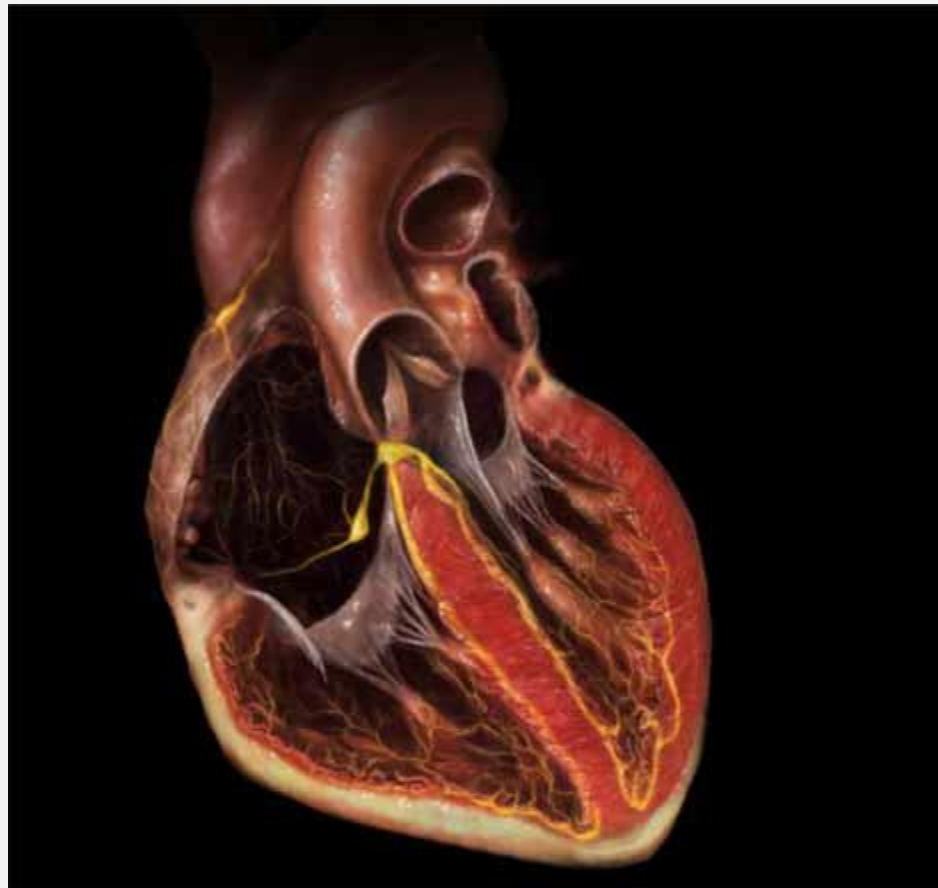
- 1. Морфологические особенности**
- 2. Метаболические особенности миокарда**
- 3. Биофизические особенности**

# **Морфологические особенности:**

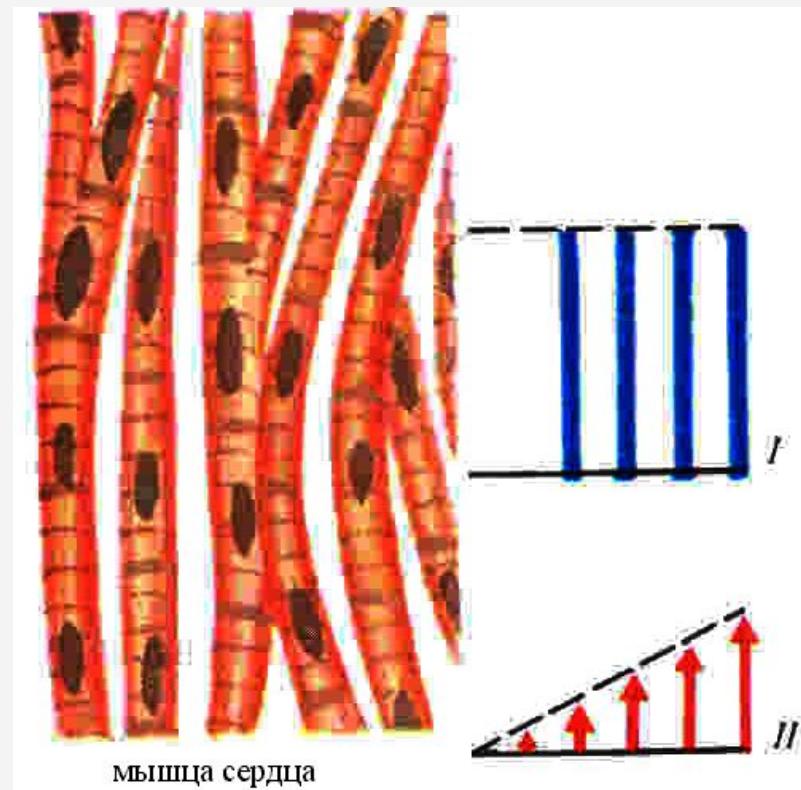
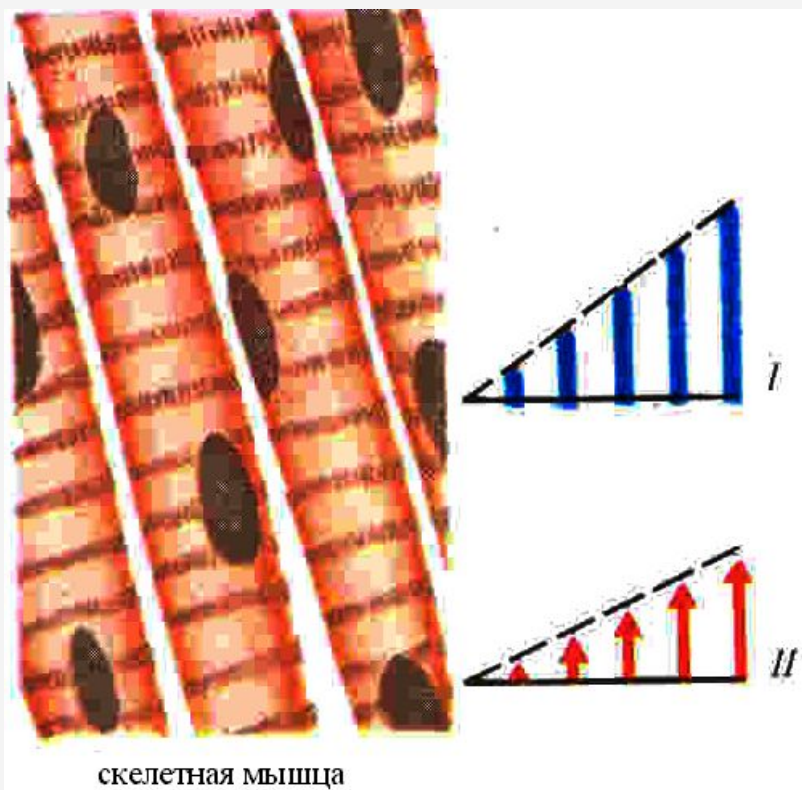


- 1. Миокард – функциональный синцитий;**
- 2. Клетки миокарда богаты митохондриями;**
- 3. Наличие рабочего миокарда и проводящей системы сердца.**

# Морфологические особенности



# Строение мышц





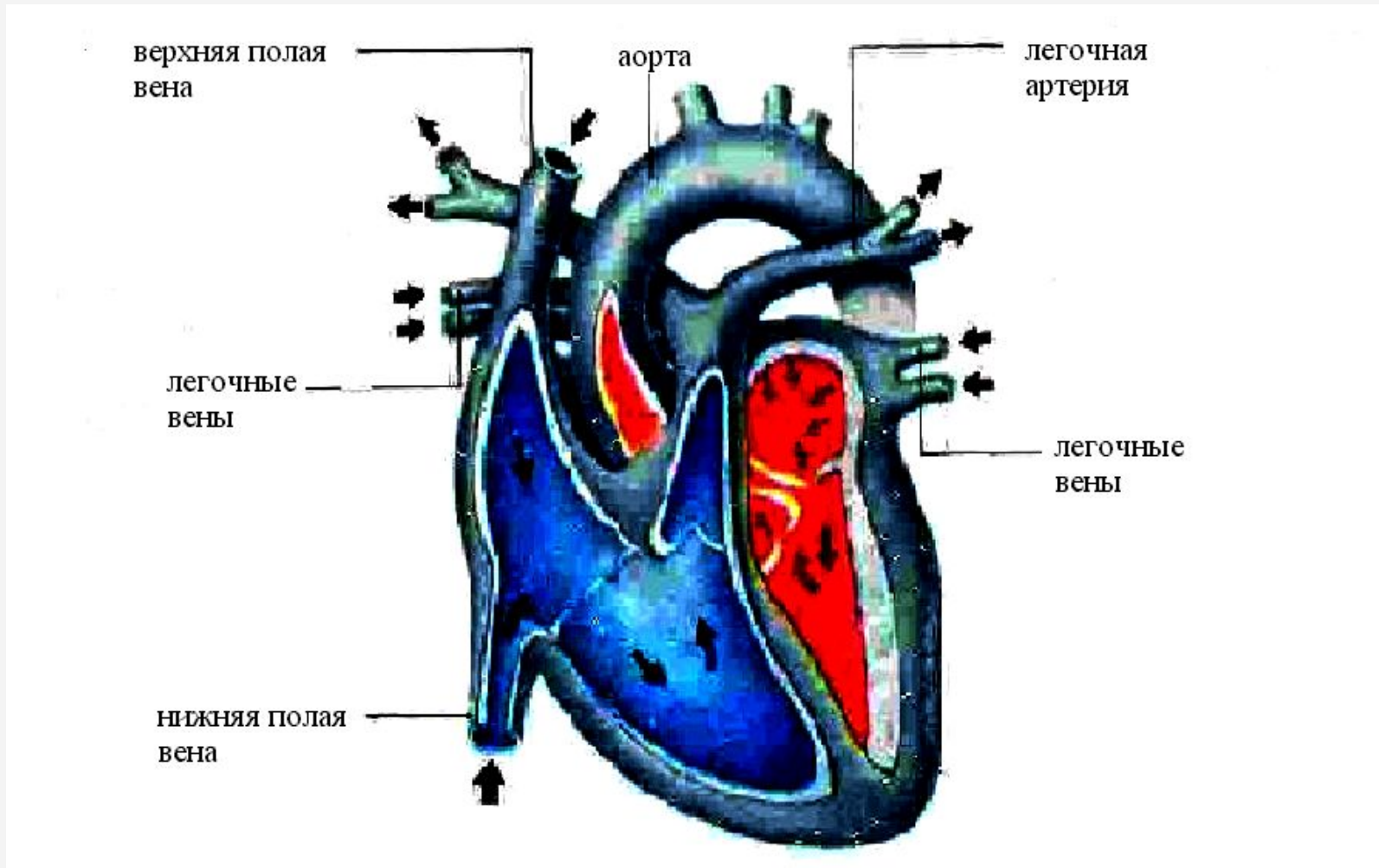
# **Метаболические особенности**

- 1. Цикличность обменных процессов.**
- 2. Электромеханическая связь. Роль ионов кальция в генерации ПД.**
- 3. Способность миокарда адсорбировать из крови энергетические вещества.**
- 4. Интенсивное потребление кислорода.**
- 5. Процессы ресинтеза и регенерации протекают быстро.**

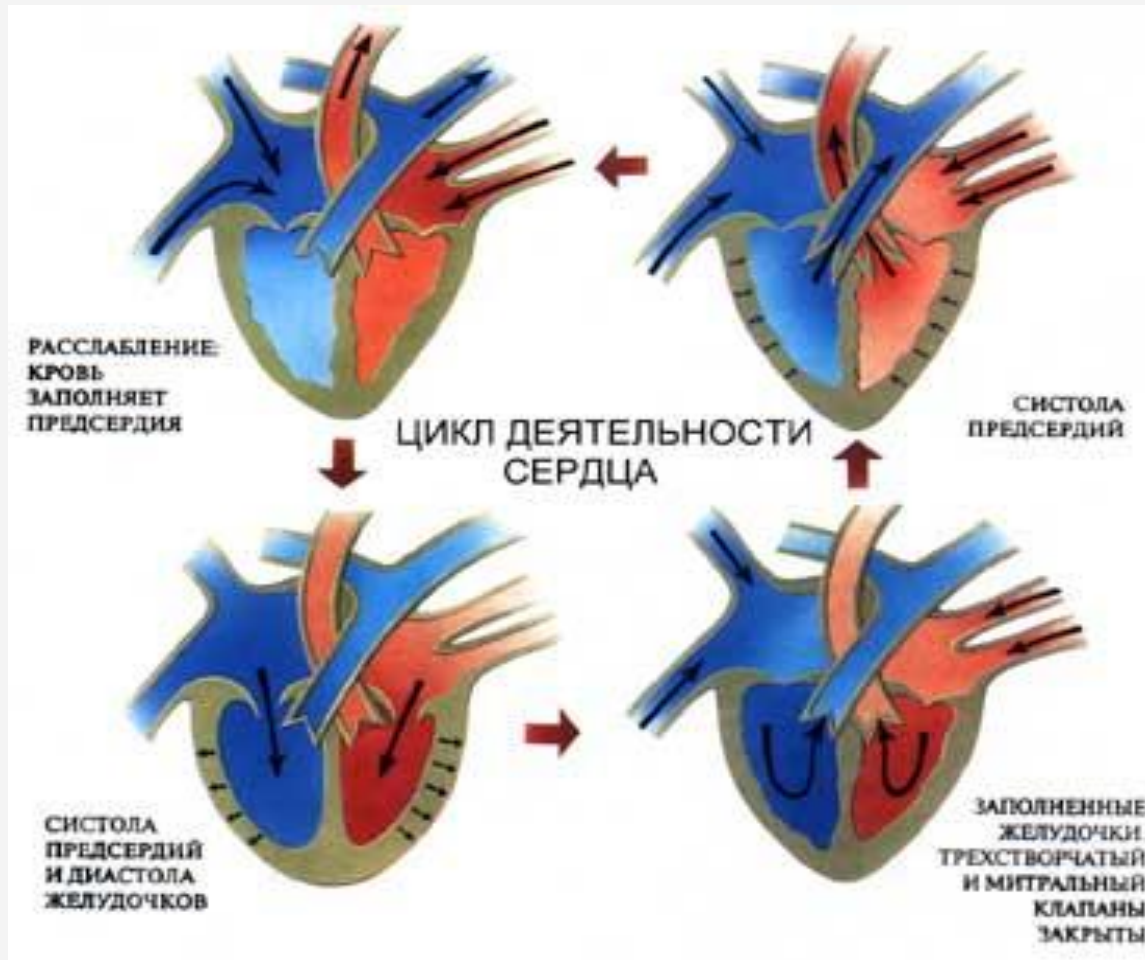
# **Биофизические особенности**

- 1. Совпадение электрической и механической систол (ЭМС).**
- 2. Гемодинамическая регуляция сокращений сердца.**

# Ток крови через сердце



# Ток крови через сердце



# Сердечный цикл, его фазы

I. **Систола предсердий** - 0,1 с.

II. **Диастола предсердий** - 0,7 с.

III. **Систола желудочка** - 0,3-0,33 с.

Асинхронное сокращение - 0,05 с.

1. Фаза напряжения - 0,08

Изометрическое сокращение - 0,03с

Быстрое - 0,12 с.

2. Фаза изгнания - 0,25 с.

Медленное - 0,13 с.

IV. **Диастола желудочков** - 0,47 с.

1. Протодиастола - 0,04 с.

2. Изометрическое расслабление - 0,08 с.

3. Фаза наполнения желудочков - 0,25 с.

Быстрое - 0,08 с

Медленное - 0,17 с

4. Пресистола - 0,1 с.

# Систолический объем крови (СОК)

**СОК – объем крови выбрасываемый сердцем за одну систолу (65 – 70 мл при ЧСС 70 – 75 в мин).**

# Минутный объем крови (МОК)

**МОК – количество крови, выбрасываемой сердцем за минуту (4,5 – 5,0 л).**

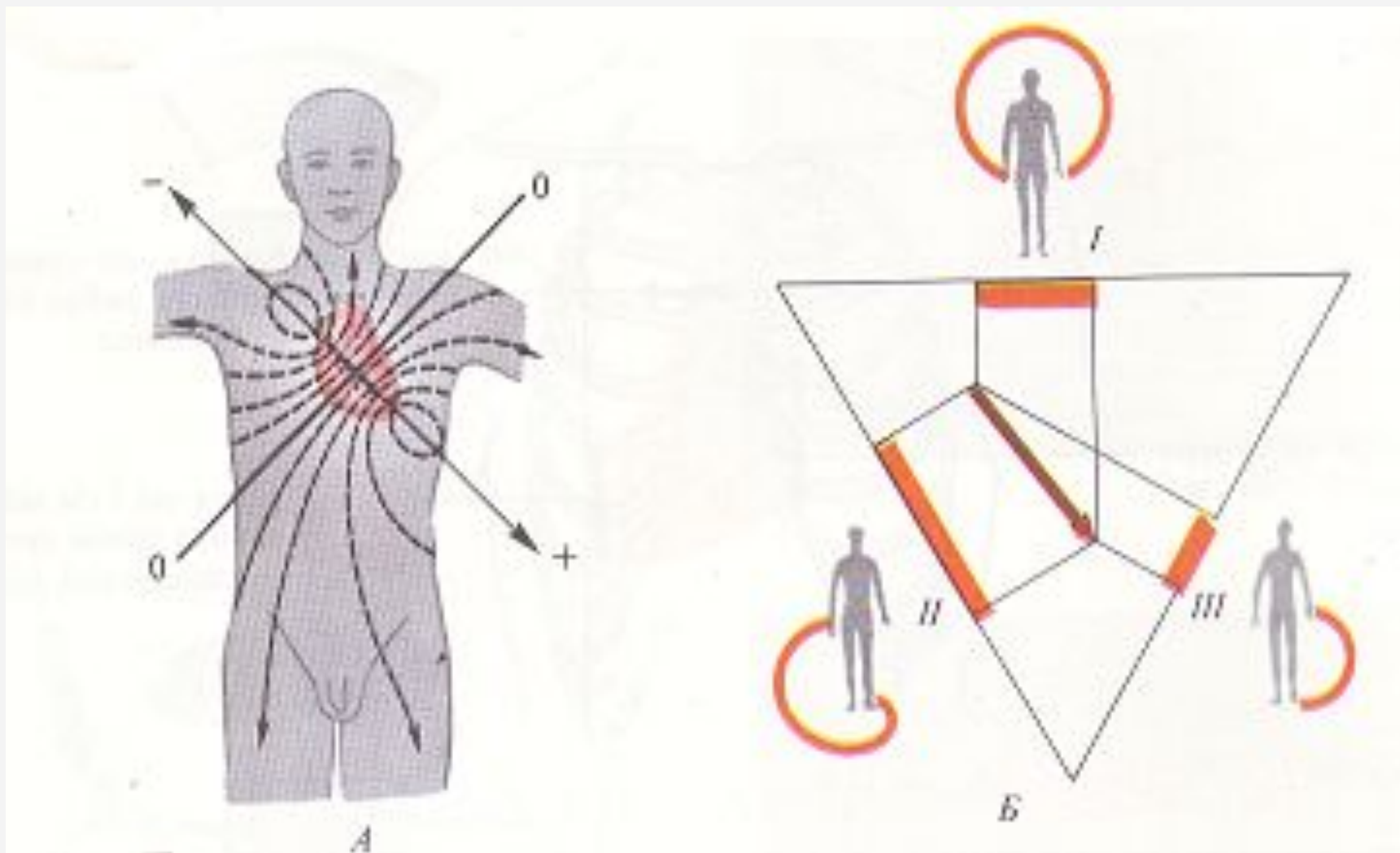
**МОК определяется методом Фика, введением индифферентных красителей и радиоактивных изотопов, интегральной реографии.**

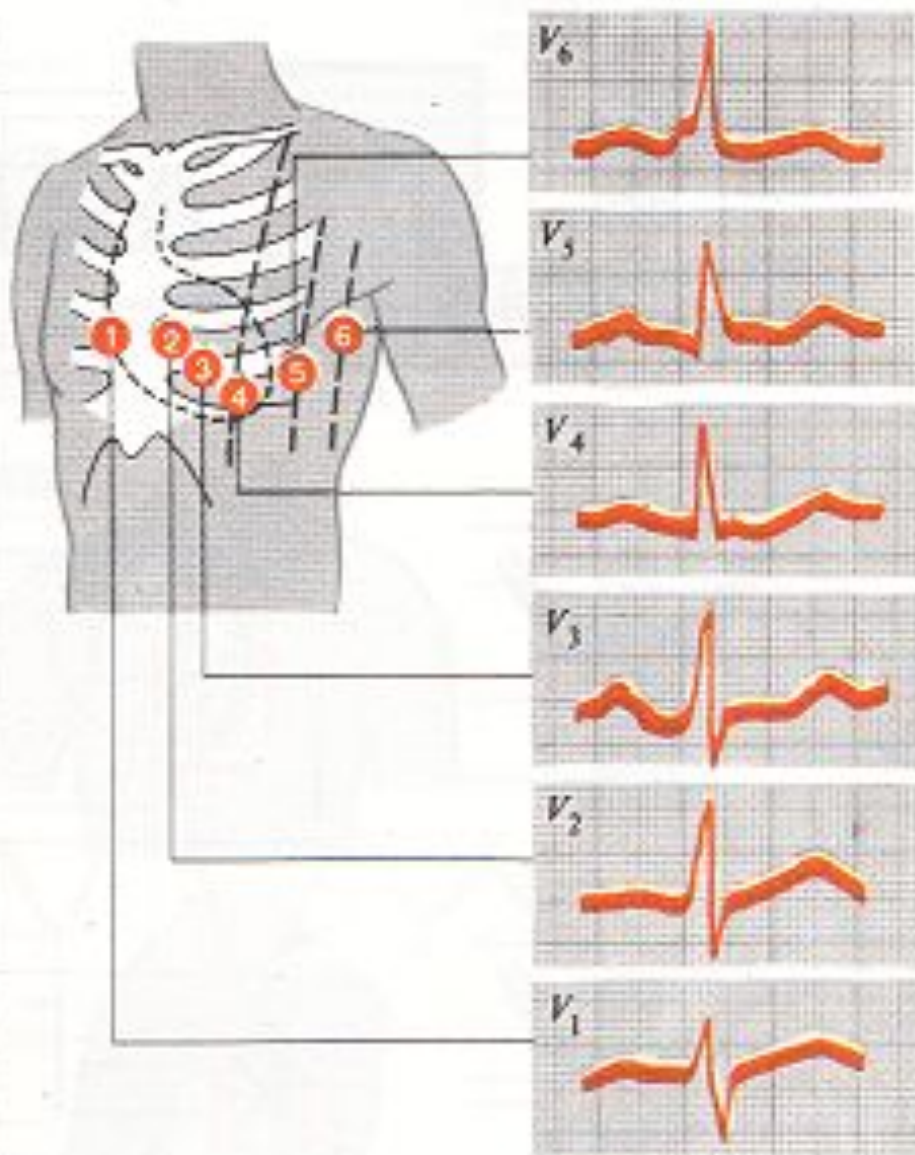
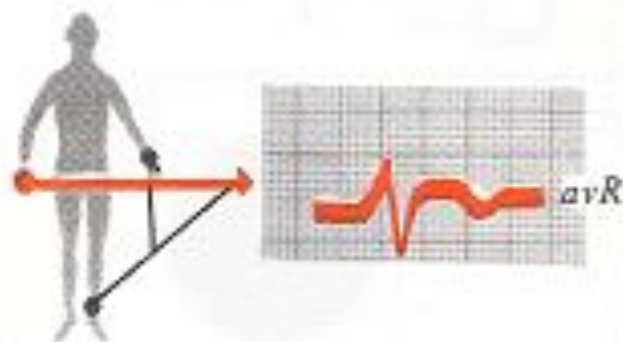
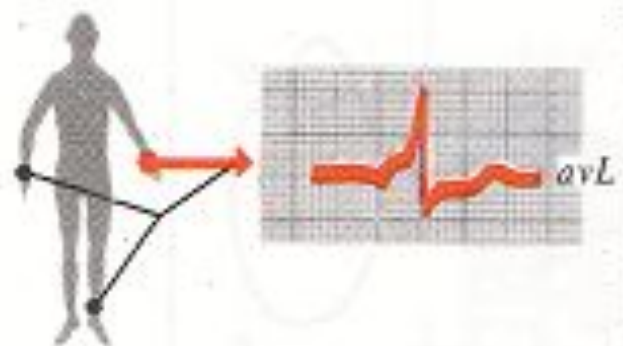
# Внешние проявления сердечной деятельности и методики их исследования

1. Звуковые (аускультация, ФКГ).
2. Механические (пальпация, ДКГ, БКГ).
3. Электрические (ЭКГ, ВКГ, ЭхоКГ и др).



ЭКГ – метод регистрации биопотенциалов сердца.

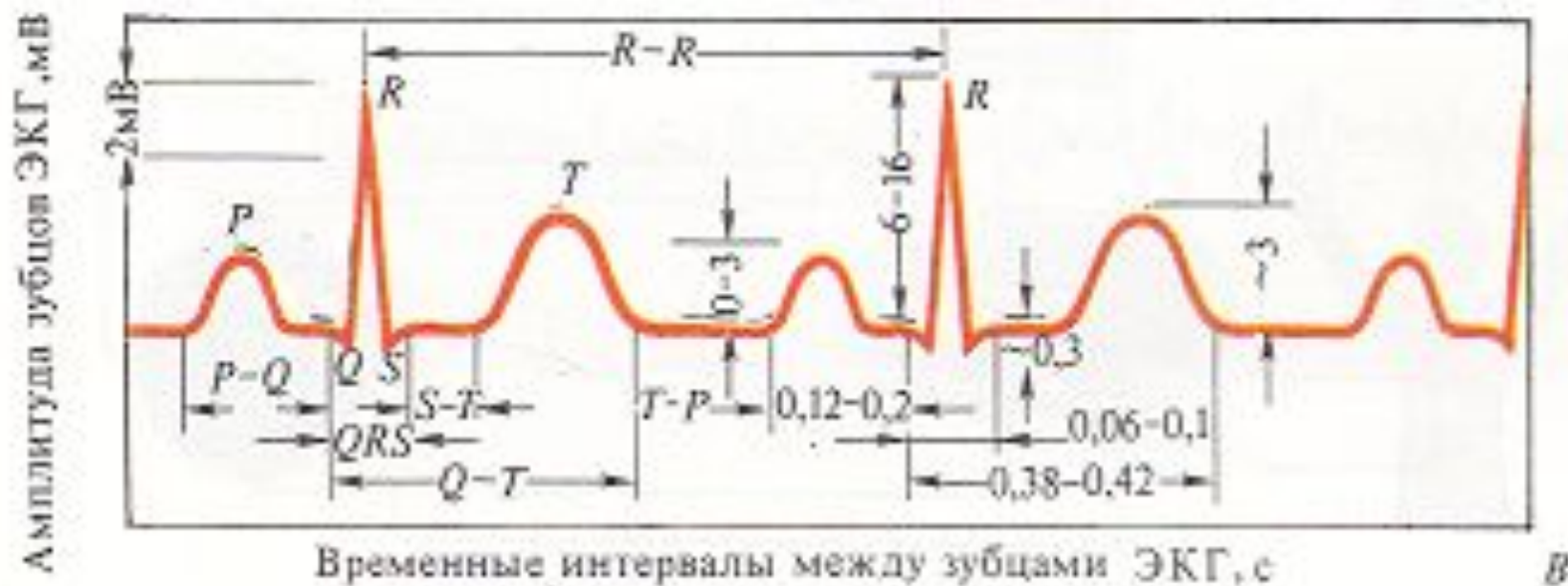




A

B

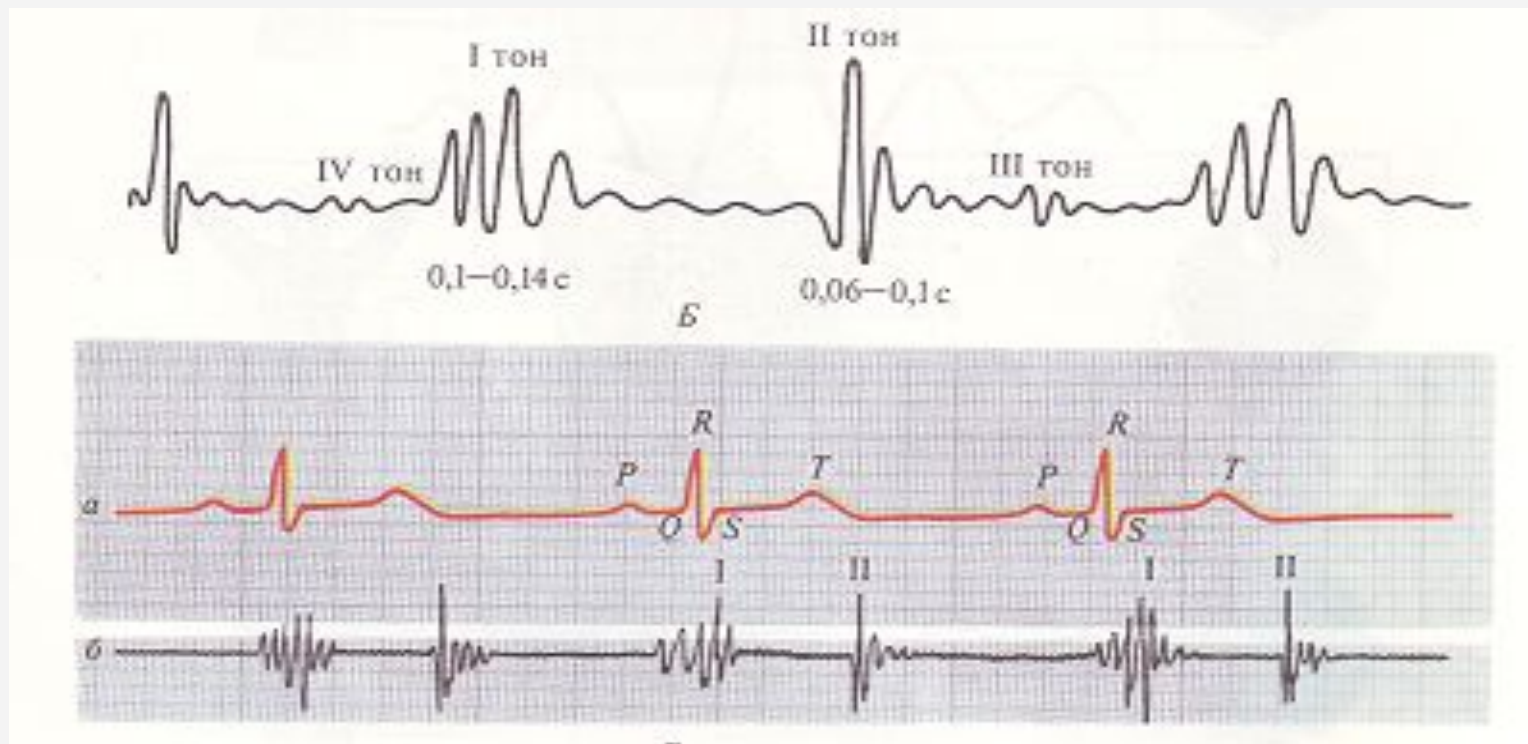
# Электрокардиограмма



**Эхокардиография** – метод исследования глубины полостей и внутрисердечных структур сердца при помощи ультразвуковых волн (УЗИ).

**ФКГ – метод регистрации тонов сердца при помощи фонокардиографа.**

## **Соотношение ФКГ и ЭКГ**



# **Инвазивные методы исследования**

**Инвазивные методы исследования широко применяется в медицине и дают информацию об изменениях внутрисердечного, внутрисосудистого давления, основных параметрах гемодинамики, состоянии коронарного кровотока и клапанного аппарата сердца.**

**К этим методам относятся:**

- катетеризация полостей сердца и магистральных сосудов;**
- селективное введение в коронарные артерии тромболитических препаратов;**
- транслюминальная ангиопластика (расширение) коронарных сосудов;**
- электрическая стимуляция сердца.**

# **Физиологические свойства сердечной МЫШЦЫ:**

1. Автоматия.
2. Возбудимость.
3. Проводимость.
4. Сократимость
5. Эластичность

**Автоматия** - способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом.

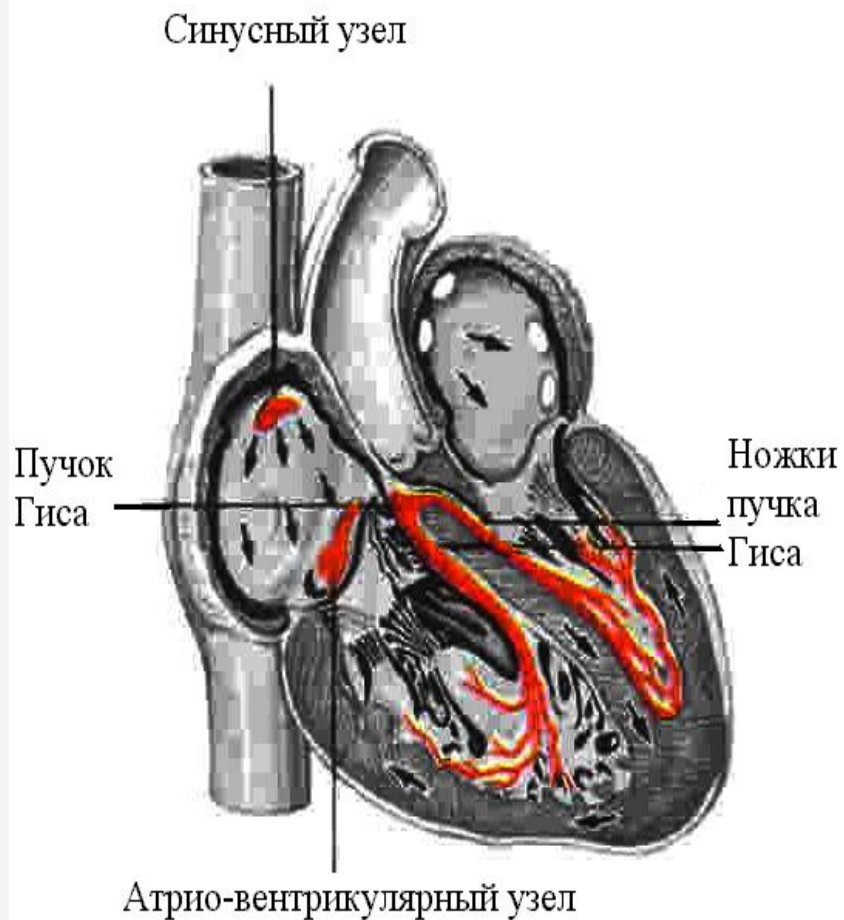
**Автоматия** - способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нём самом.

- Если изолировать сердце лягушки, поместить его на часовое стекло в физиологический раствор, то сердце продолжает сокращаться в течении нескольких часов. Это свойство называется автоматизмом – автоматия – способность органа ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нём самом. Если перерезать все нервы, подходящие к сердцу, то сердце все равно продолжает ритмически сокращаться, автоматизм не исключается. Поэтому имеется возможность оживлять сердце.

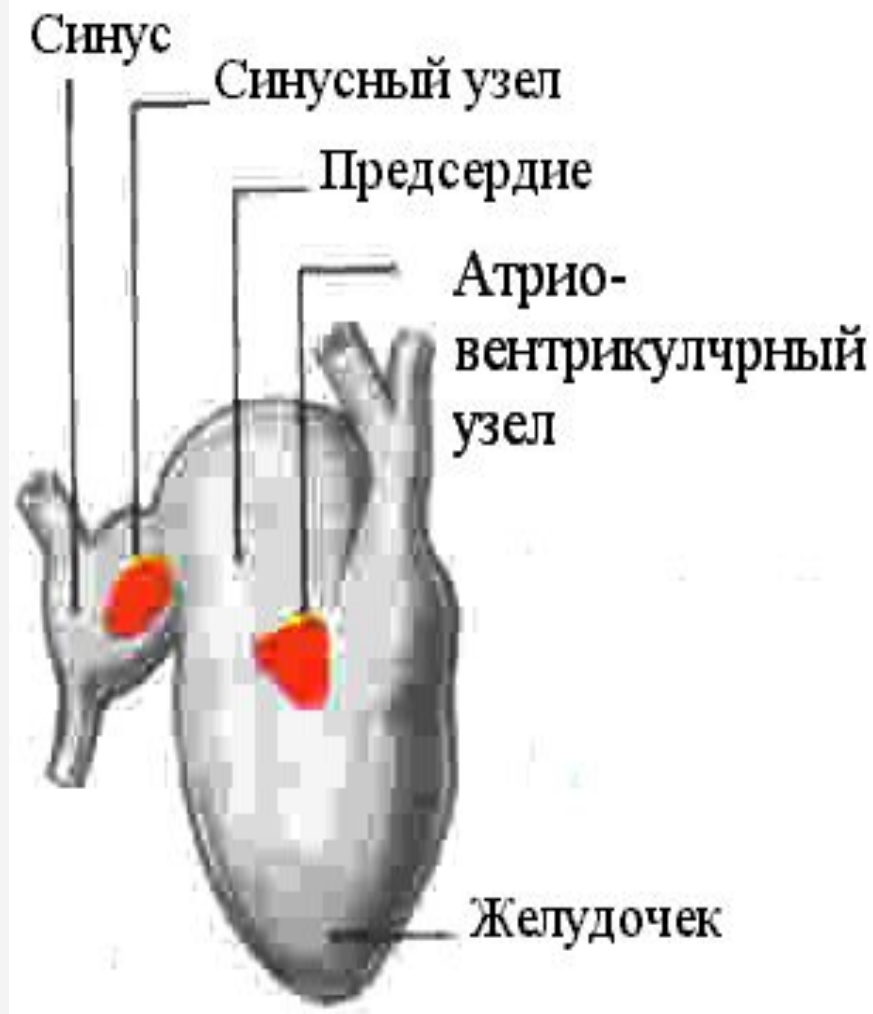
Впервые в 1895 году Лангендорф оживил сердце собаки. В 1902 году Кулябко оживил сердце ребёнка но через 12 часов после смерти. В норме ритмические импульсы генерируются только специализированными клетками проводящей системы сердца, которая представлена следующими узлами и волокнами:



## Проводящая система сердца человека



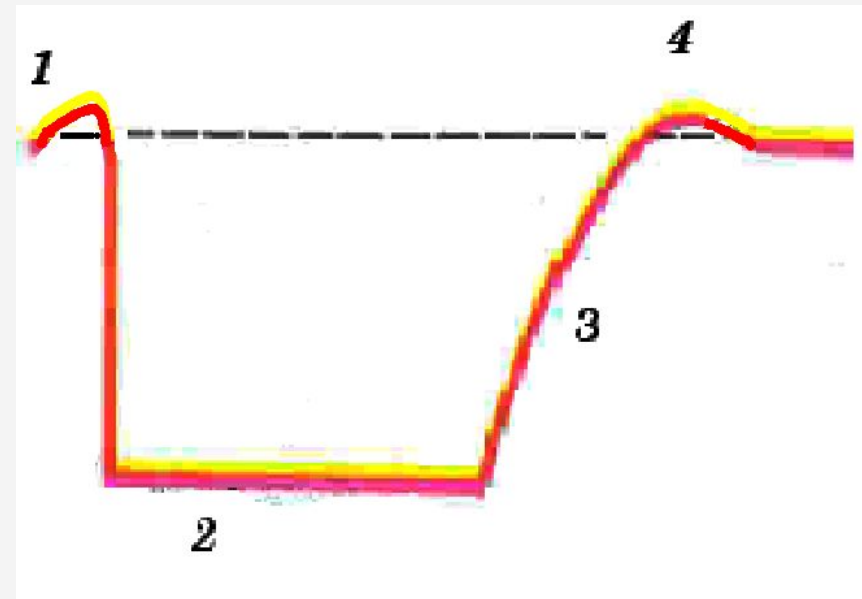
## Проводящая система сердца лягушки



**Возбудимость** - способность сердечной мышцы приходить в состояние возбуждения.

## Фазы возбудимости

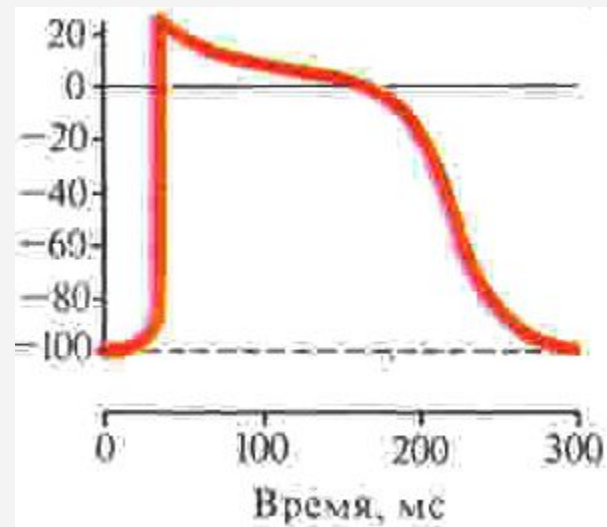
1. Первичная супернормальная возбудимость.
2. Абсолютный рефрактерный период (0,27 с).
3. Относительный рефрактерный период (0,03 с)
4. Супернормальная возбудимость (вторичная).



**Возбуждение** - это процесс, в результате которого возникает **потенциал действия (ПД)**

### **Фазы ПД:**

1. Деполяризация
2. Начальная быстрая реполяризация
3. Плато (медленная реполяризация)
4. Быстрая реполяризация - конечная



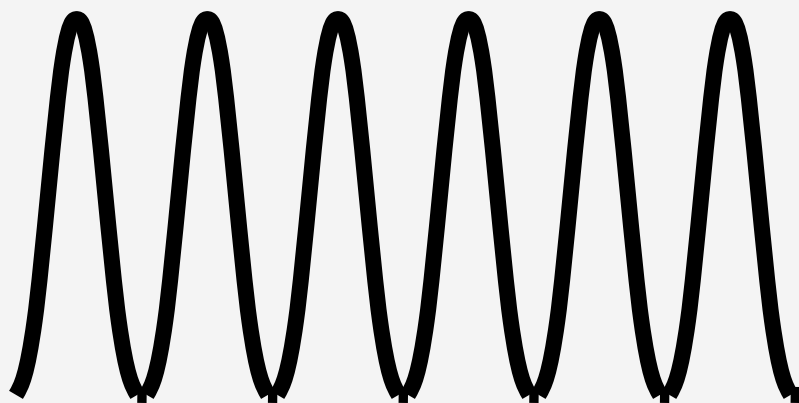
# Проводимость - способность проводить возбуждение

Скорость проведения по:

1. Предсердиям - 0,8-0,9 м/с
2. Желудочкам - 1 м/с
3. Пучкам Гиса и волокнам Пуркинье - 2-4м/с
4. Атриовентрикулярная задержка - 0,02-0,04 с

# Сократимость - способность изменять длину или напряжение мышцы

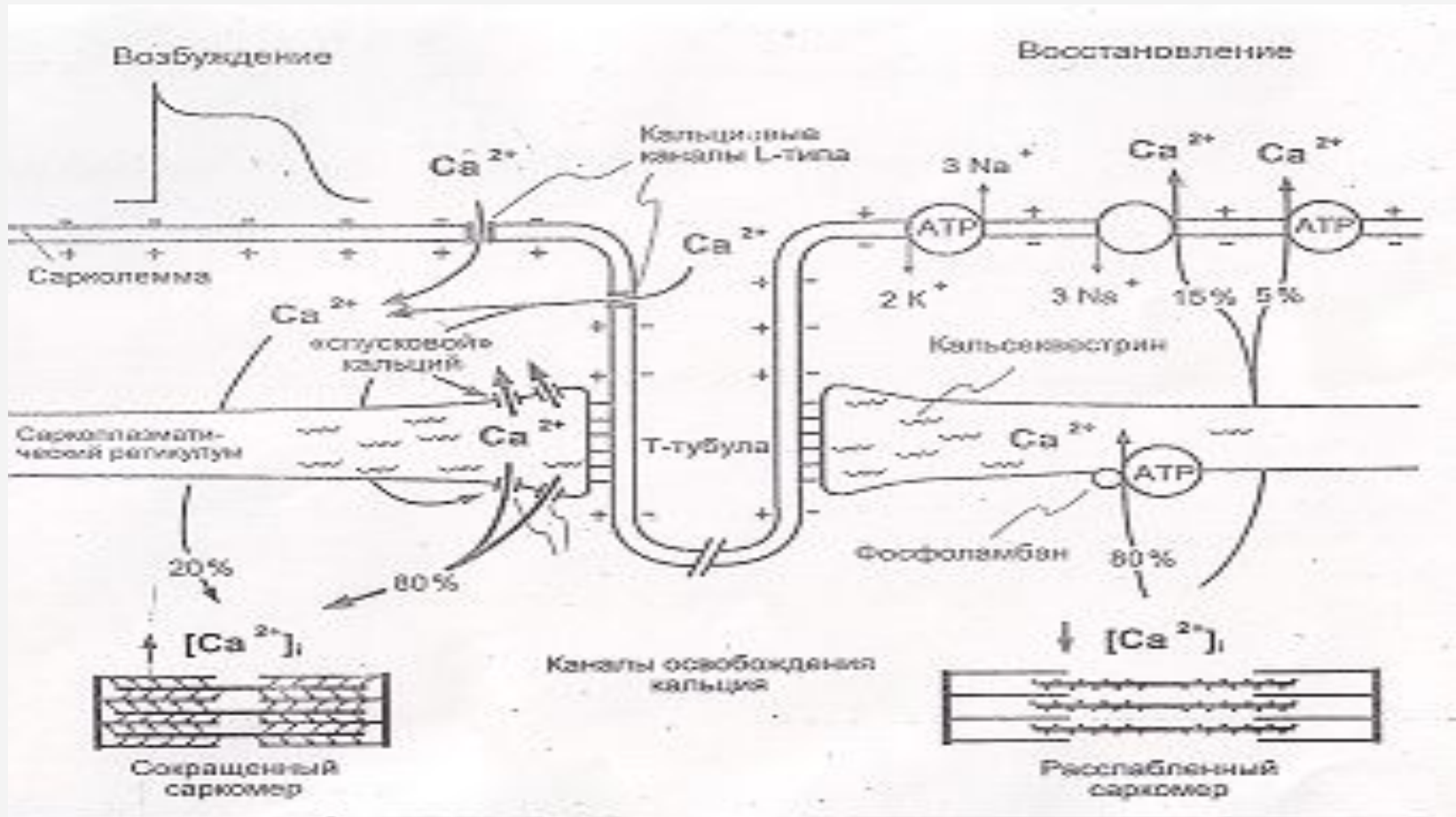
Закон «всё или ничего»

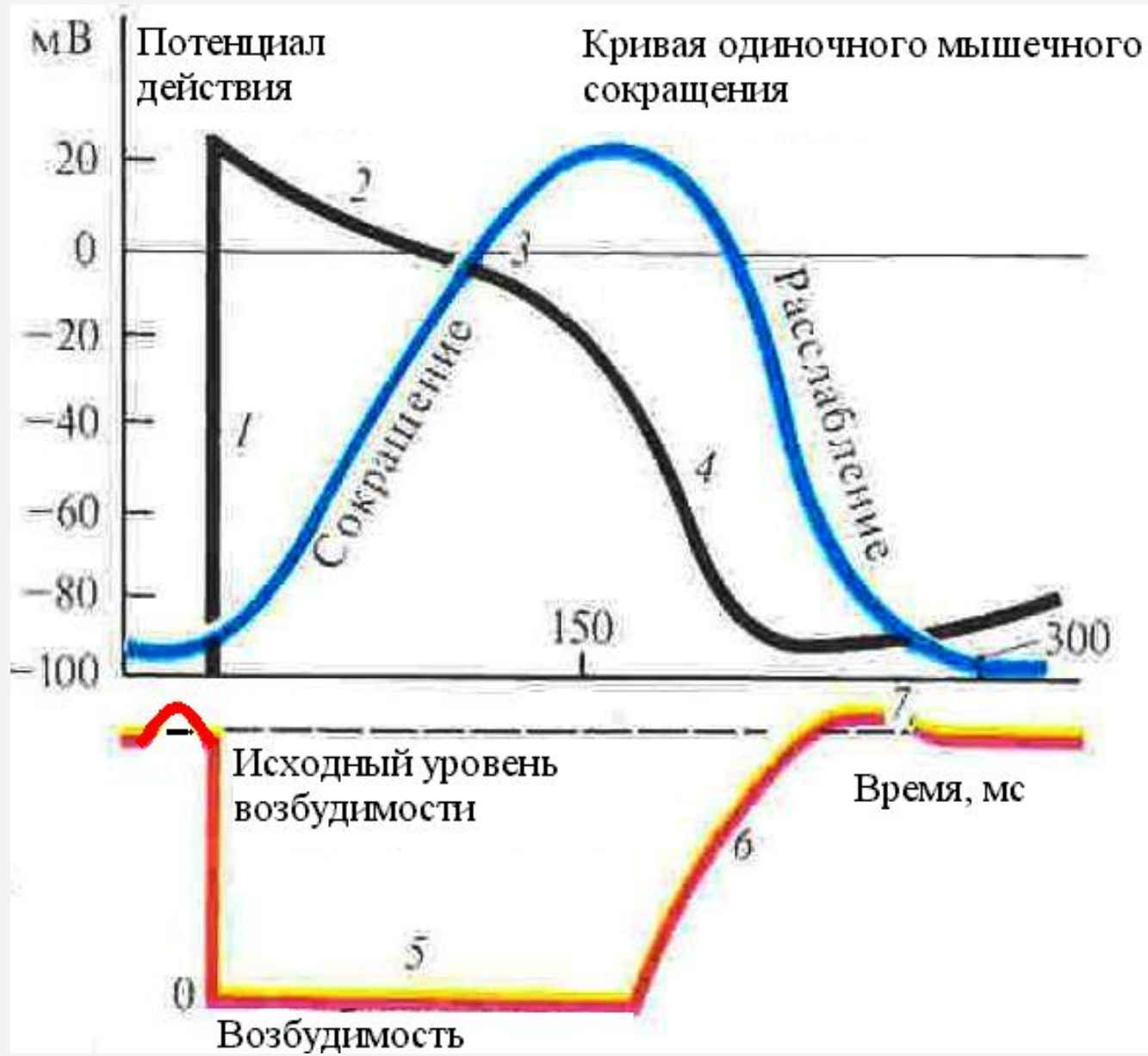


Лестница Боудича

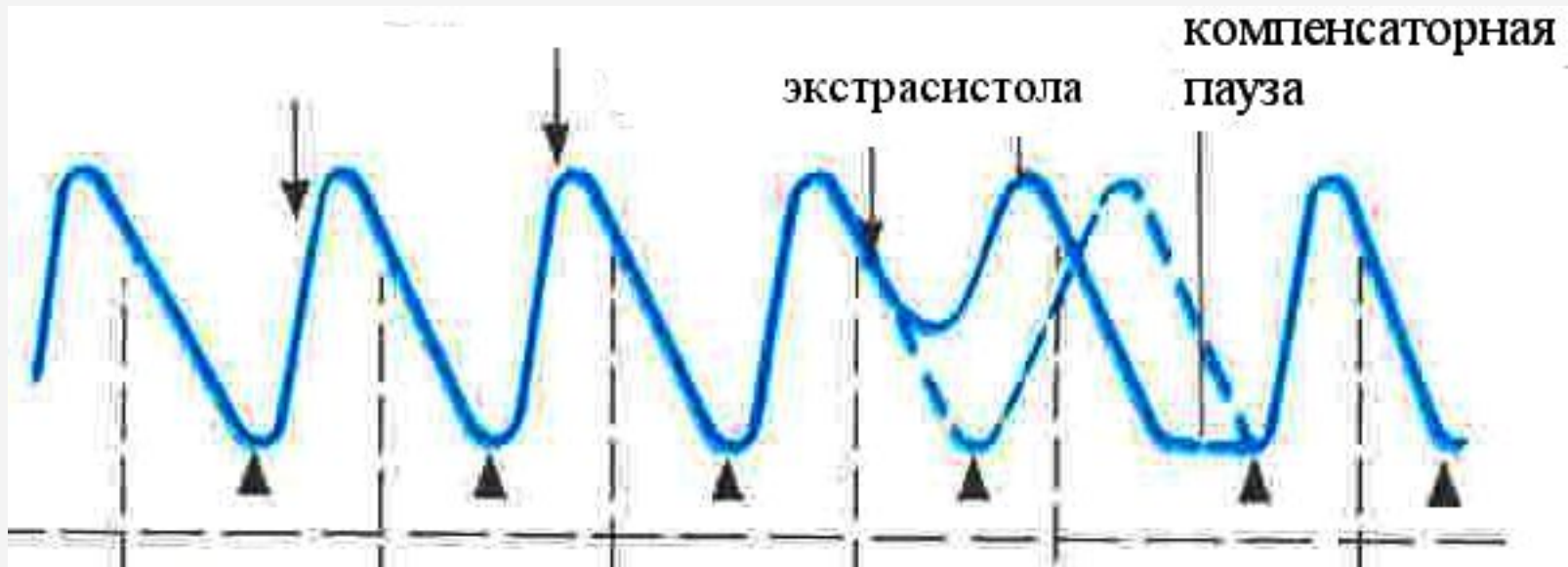


# Механизм мышечного сокращения





**Экстрасистола** - внеочередное сокращение, вызванное раздражением во время диастолы





**Эластичность** - способность после сокращения принимать первоначальную форму

Эластичность для миокарда малая, но совершенная т.к. нет остаточного растяжения. После расслабления миокард возвращается в прежнее состояние. При патологии эластичность нарушается.

Изменение эластичности может наступить после разовой тяжёлой непрерывной работы.

## Уровни регуляции сердечной деятельности

```
graph TD; A[Уровни регуляции сердечной деятельности] --> B(Внутри-клеточные); A --> C(Внутри-сердечные); A --> D(Внесердечные); B --> E[•изменения синтеза белков  
•изменения мембранной проницаемости  
•за счет нексусов]; C --> F[1. Периферические рефлексы  
2. Гетерометрические механизмы  
3. Гомеометрические механизмы  
4. Гидродинамическая ауторегуляция]; D --> G[1. Нервная регуляция сердечной деятельности  
2. Рефлекторная регуляция сердечной деятельности  
3. Гуморальная регуляция сердечной деятельности];
```

### Внутри-клеточные

- изменения синтеза белков
- изменения мембранной проницаемости
- за счет нексусов

### Внутри-сердечные

1. Периферические рефлексы
2. Гетерометрические механизмы
3. Гомеометрические механизмы
4. Гидродинамическая ауторегуляция

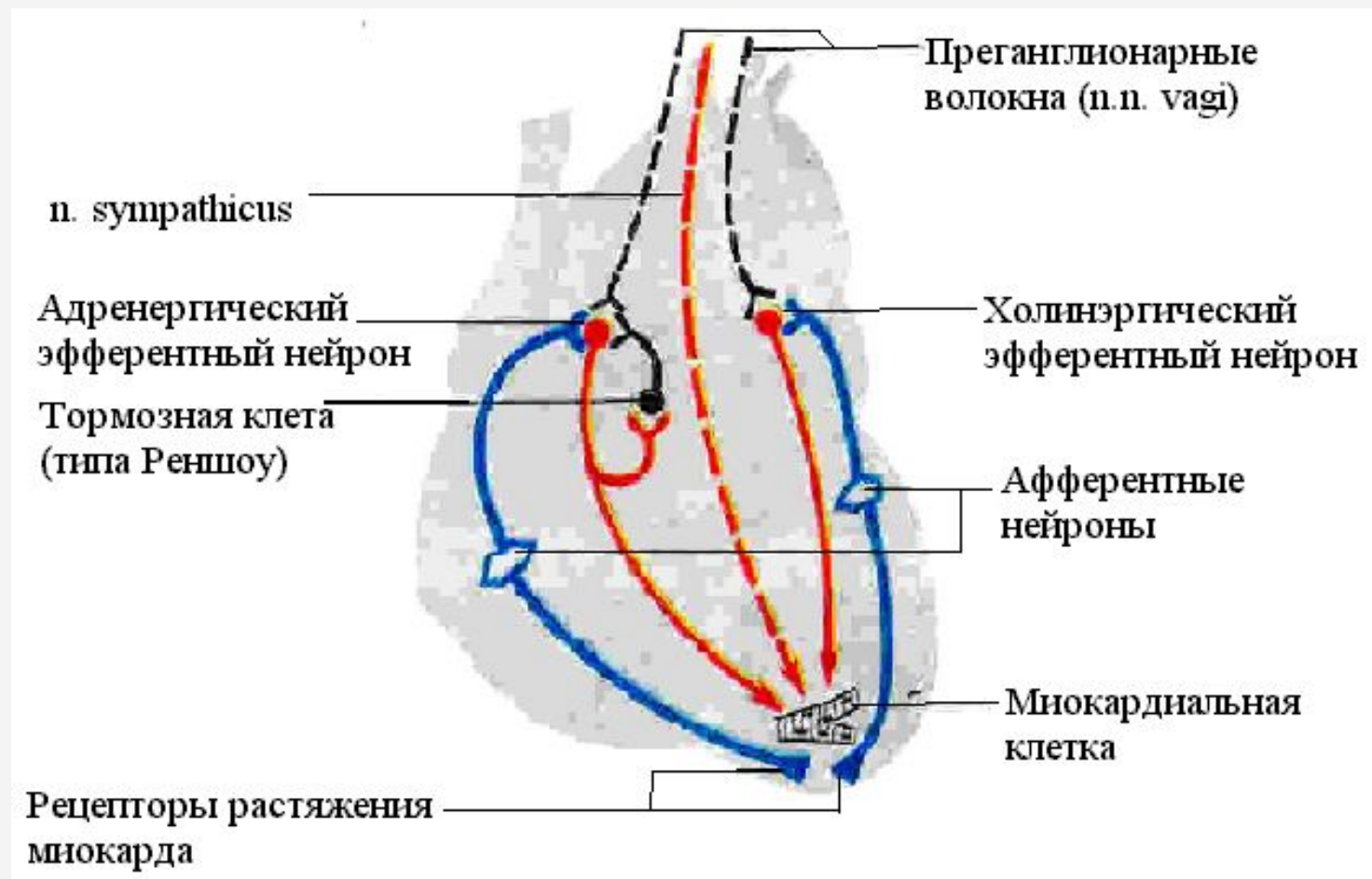
### Внесердечные

1. Нервная регуляция сердечной деятельности
2. Рефлекторная регуляция сердечной деятельности
3. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

## **Функции нексусов:**

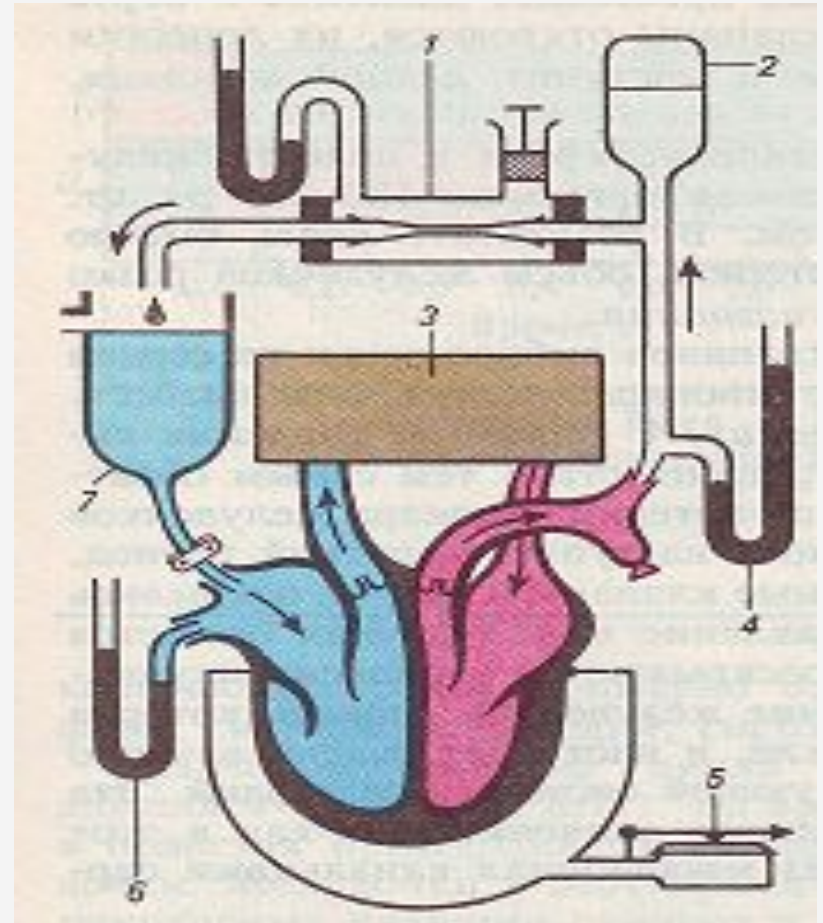
- транспортная;**
- опорная;**
- проведение возбуждения;**
- осуществление креаторных связей.**

Внутрисердечные периферические рефлексы, дуга которых замыкается не в ЦНС, а в интрамуральных ганглиях миокарда.



# Гетерометрический механизм регуляции сердечной деятельности:

Сила сокращения  
сердца зависит от  
исходной длины  
мышечного волокна во  
время диастолы (закон  
Франка - Старлинга).



# **Гомеометрический механизм регуляции:**

**Сила сердечного сокращения может  
изменяться без изменения длины  
мышечного волокна (эффект Анрепа).**

# **Гидродинамическая саморегуляция**

**(Шидловский А.П.):**

согласованная деятельность правого и  
левого сердца.





**Влияние блуждающего нерва на сердце  
изучено братьями Вебер в 1845 году, ими  
установлено**

**5 эффектов:**

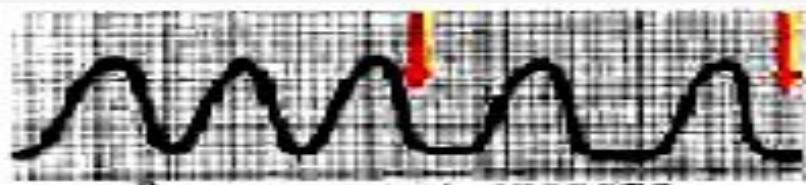
- отрицательный инотропный;
- отрицательный хронотропный;
- отрицательный дромотропный;
- отрицательный батмотропный;
- отрицательный тонотропный.

**При длительном раздражении блуждающего нерва наблюдаются эффект ускользания сердца из под влияния блуждающего нерва.**

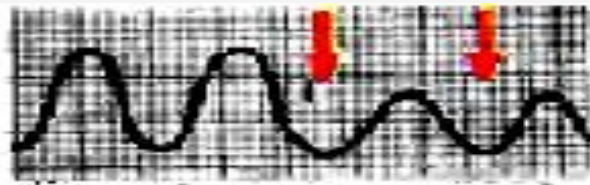
Влияние симпатических нервов было изучено Ционом в 1867 году, обнаружены те же эффекты, но противоположенные по знаку.

- положительный инотропный;
- положительный хронотропный;
- положительный дромотропный;
- положительный батмотропный;
- положительный тонотропный.

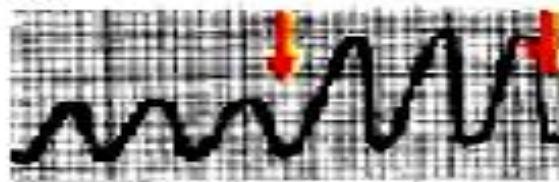
В 1887 году И.П.Павлов отпрепарировал отдельные веточки блуждающего и симпатического нервов, раздражал их, обнаружил монотипные эффекты.



Раздражение правого  
блуждающего нерва



Раздражение левого  
блуждающего нерва



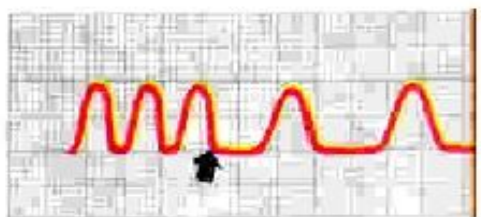
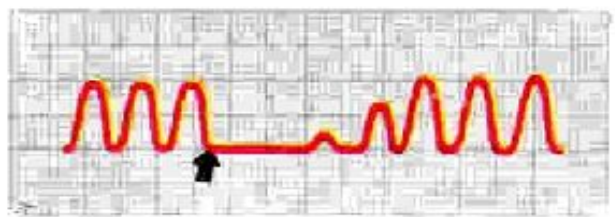
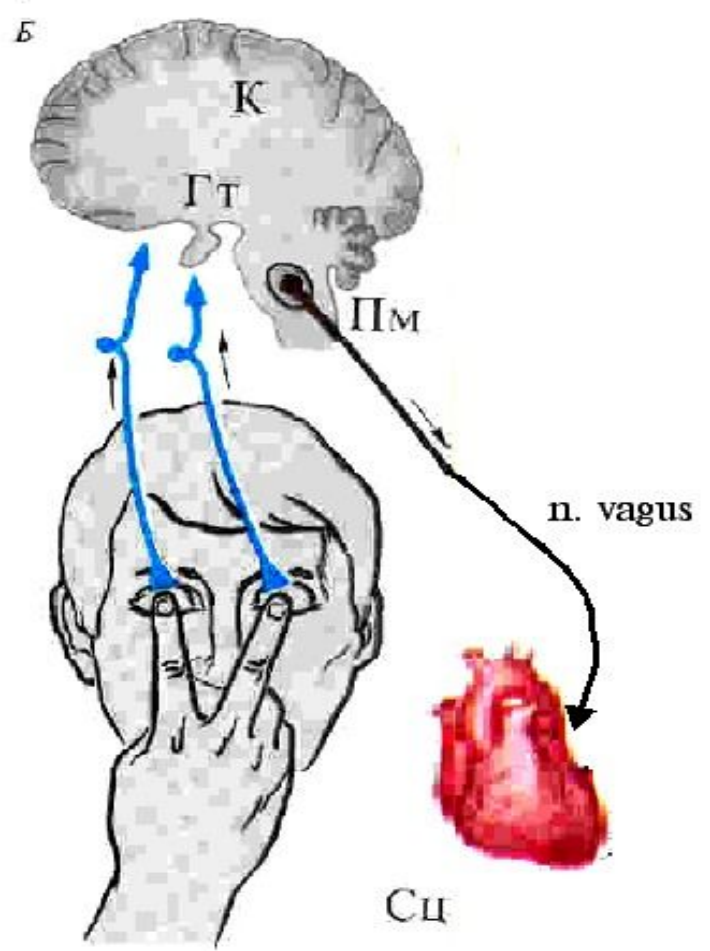
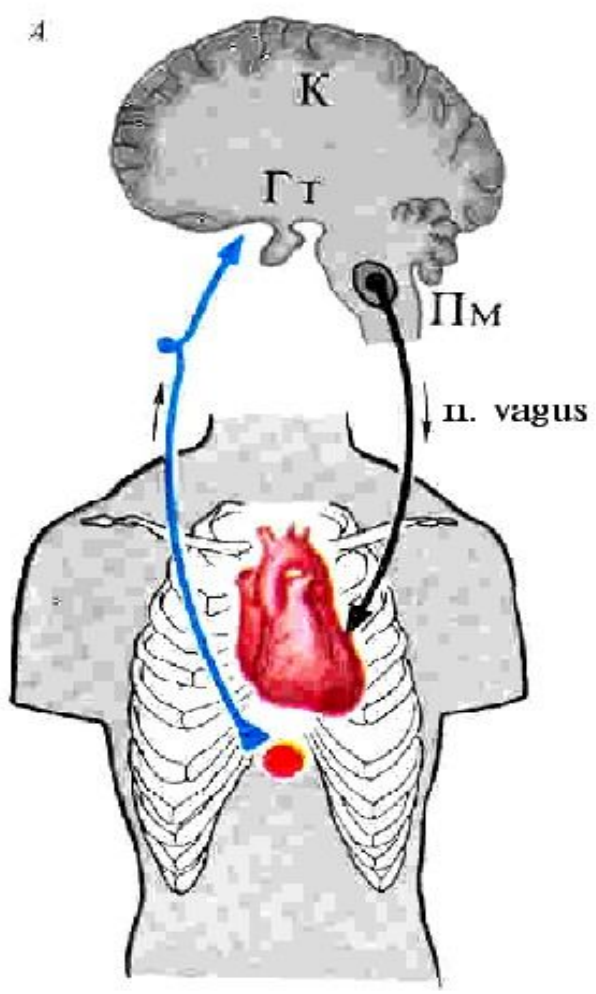
Раздражение  
усиливающего нерва



Раздражение  
ускоряющего нерва

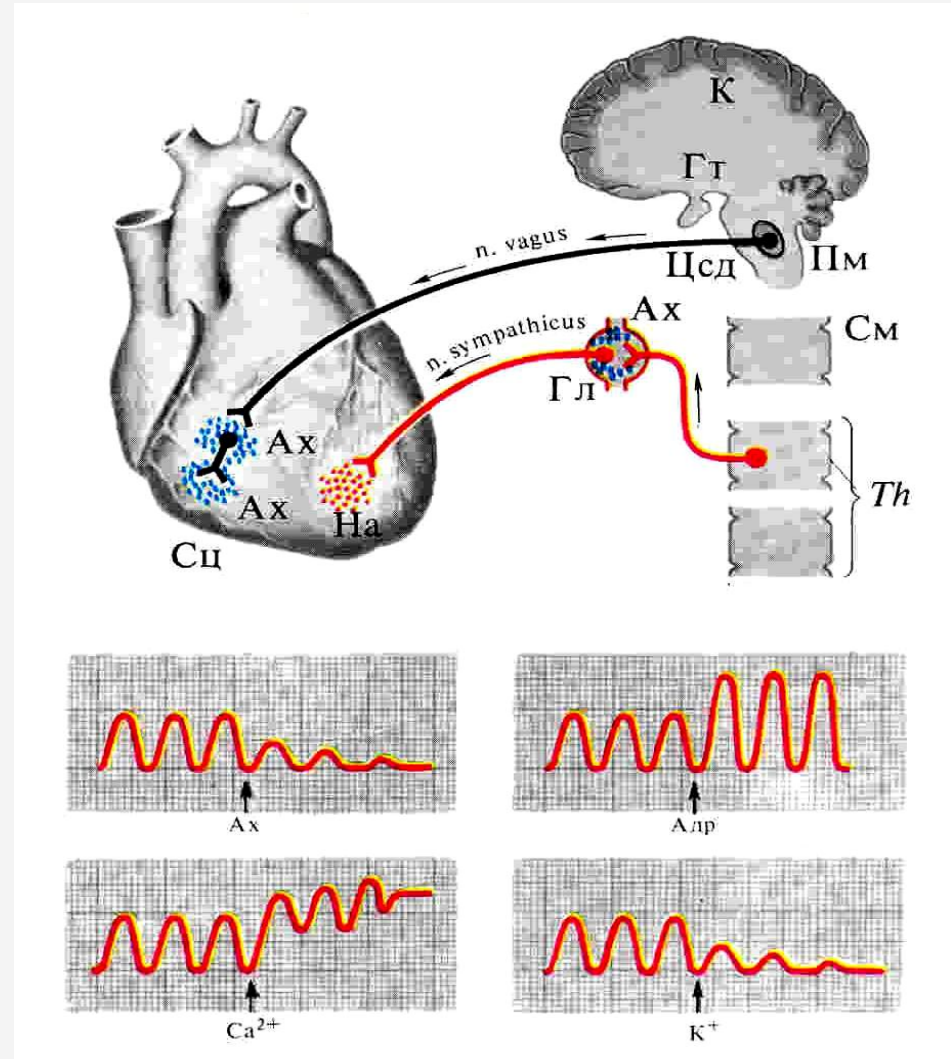
## 2. Рефлекторная регуляция сердечной деятельности

Осуществляется за счет изменения тонуса центров блуждающего и симпатического нервов. Тонус центров поддерживается за счет импульсов с экстрорецепторов, проприорецепторов, интерорецепторов, рефлексогенных зон (аортальная, сино-каротидная, легочная, зона Бейинбриджа).

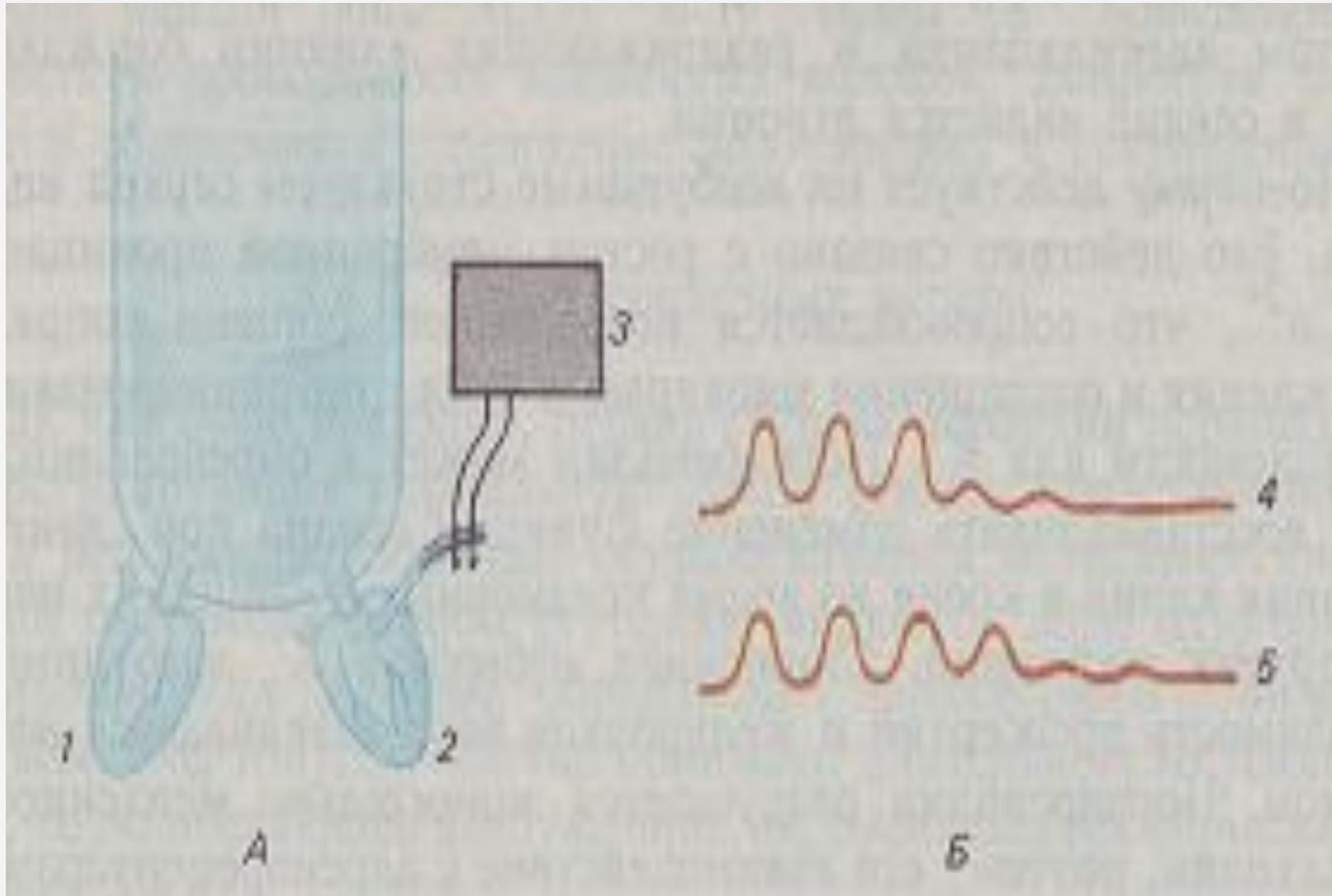


# 3. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

- осуществляется за счет веществ, циркулирующих в крови (ионов, гормонов и др).



**Единство нервно-гуморальной  
регуляции доказал О.Леви в1921 году.**



**Химические вещества,  
циркулирующие в крови,  
оказывают влияние на  
тонус центра блуждающего  
нерва, что доказано в опыте  
Гейманса.**

**Таким образом, сердце представляет  
собой саморегулирующуюся  
систему.**

**Механизм саморегуляции и  
осуществляется на клеточном,  
органным и на уровне целостного  
организма.**



Физиология человека  
2009-2010 учебный год  
КазНМУ



# ВОПРОС Ы



Лекция 9

Физиология человека  
2009-2010 учебный год  
КазНМУ



**КЛАССИФИКАЦИЯ СОСУДОВ.  
ПАРАМЕТРЫ ГЕМОДИНАМИКИ.  
СОСУДОДВИГАТЕЛЬНЫЙ  
ЦЕНТР.  
НЕРВНО-ГУМОРАЛЬНАЯ  
РЕГУЛЯЦИЯ ПРОСВЕТА  
СОСУДОВ.  
МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ.**

Лекция 10

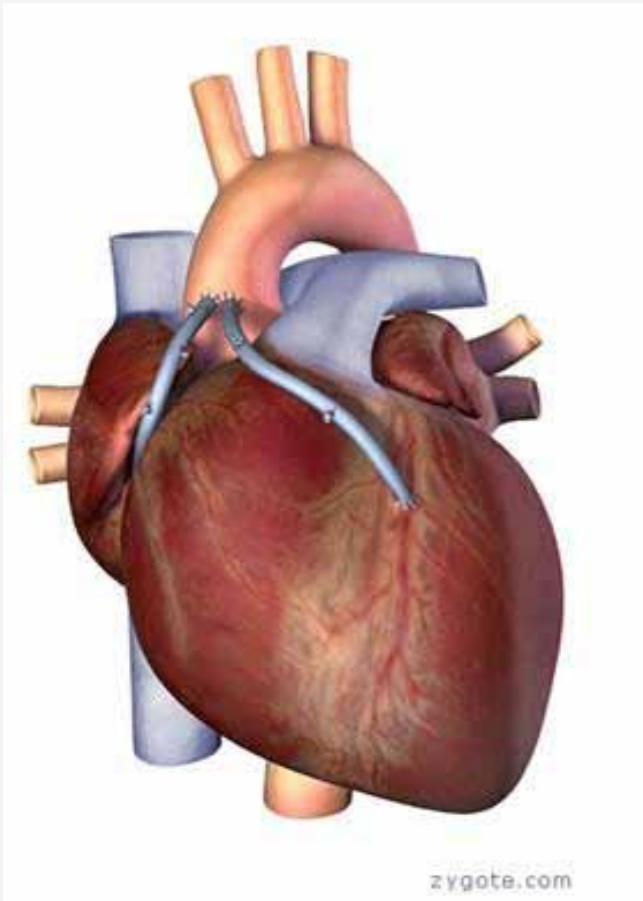
# План:

1. Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистой системы.
2. Параметры гемодинамики.
3. Кровяное давление.
4. Скорость кровотока.
5. Периферическое сопротивление (тонус сосудов).
6. Сосудодвигательный центр.
7. Гуморальная регуляция просвета сосудов.
8. Микроциркуляция.

# **Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистого русла**

**В настоящее время применяется  
классификация, разработанная  
проф. Б. Фолковым и Б.И. Ткаченко.**

# Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистого русла



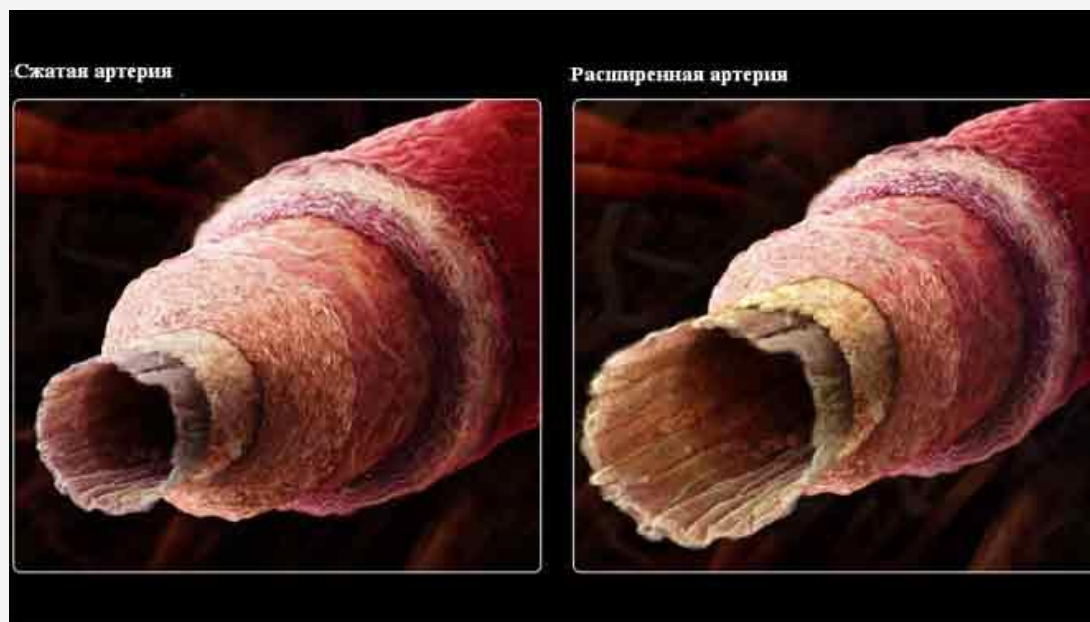
**1. Сердце – насос и генератор давления.**

Морфофункциональная классификация  
сердечно-сосудистого русла (продолжение)

**2. Компрессионная камера** – аорта и  
легочной ствол, обеспечивают  
непрерывность тока крови.

**3. Магистральные сосуды** – крупные  
артерии мышечно-эластического типа  
обеспечивают транспорт крови к  
органам.

## Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистого русла (продолжение)



**4. Резистивные сосуды (R)** – сосуды сопротивления – мелкие артерии, артериолы создают сопротивление току крови по артериальному руслу. Поддерживают артериальное давление, перераспределяют кровь между органами.

Морфофункциональная классификация  
сердечно-сосудистого русла (продолжение)

**5. Сфинктерные сосуды –**  
**прекапилляры, распределители**  
**капиллярного кровотока.**



## Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистого русла (продолжение)



**6. Сосуды обмена – истинные капилляры.**

## Морфофункциональная классификация сердечно-сосудистого русла (продолжение)

- 7. Сосуды сопротивления** венозного русла – посткапилляры, венулы.
- 8. Емкостные сосуды** или аккумулирующие вены крупного и среднего калибра.
- 9. Шунтирующие сосуды** – артерио-венозные анастомозы (не во всех органах).
- 10. Резорбтивные сосуды** (лимфатические сосуды и капилляры).

Резистивные сосуды

Капилляры

Емкостные сосуды



Артерии

Артериолы

Венулы

Вены

5

17

16

67

5

Содержание крови, % от общего количества

A

**Гемодинамика – это движение крови по сосудам.**

**Параметры гемодинамики:**

- 1. Кровяное давление (артериальное, венозное, капиллярное).**
- 2. Скорость кровотока (линейная, объемная, время полного кругооборота).**
- 3. Периферическое сопротивление сосудов (тонус сосудов).**

# Основная формула гидродинамики, применяемая в гемодинамике

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

Q – объем крови

$P_1 - P_2$  – разность давления в начале и конце сосуда

R – периферическое сопротивление

Если  $P_2 = 0$ , то  $Q = \frac{P_1}{R}$

Отсюда  $P = QR$

# **Факторы, определяющие артериальное кровяное давление:**

- 1. Работа сердца (систолический и минутный объемы крови).**
- 2. Периферическое сопротивление сосудов.**

## **Периферическое сопротивление сосудов зависит от:**

- эластичности стенок сосудов**
- просвета сосудов**
- вязкости крови**

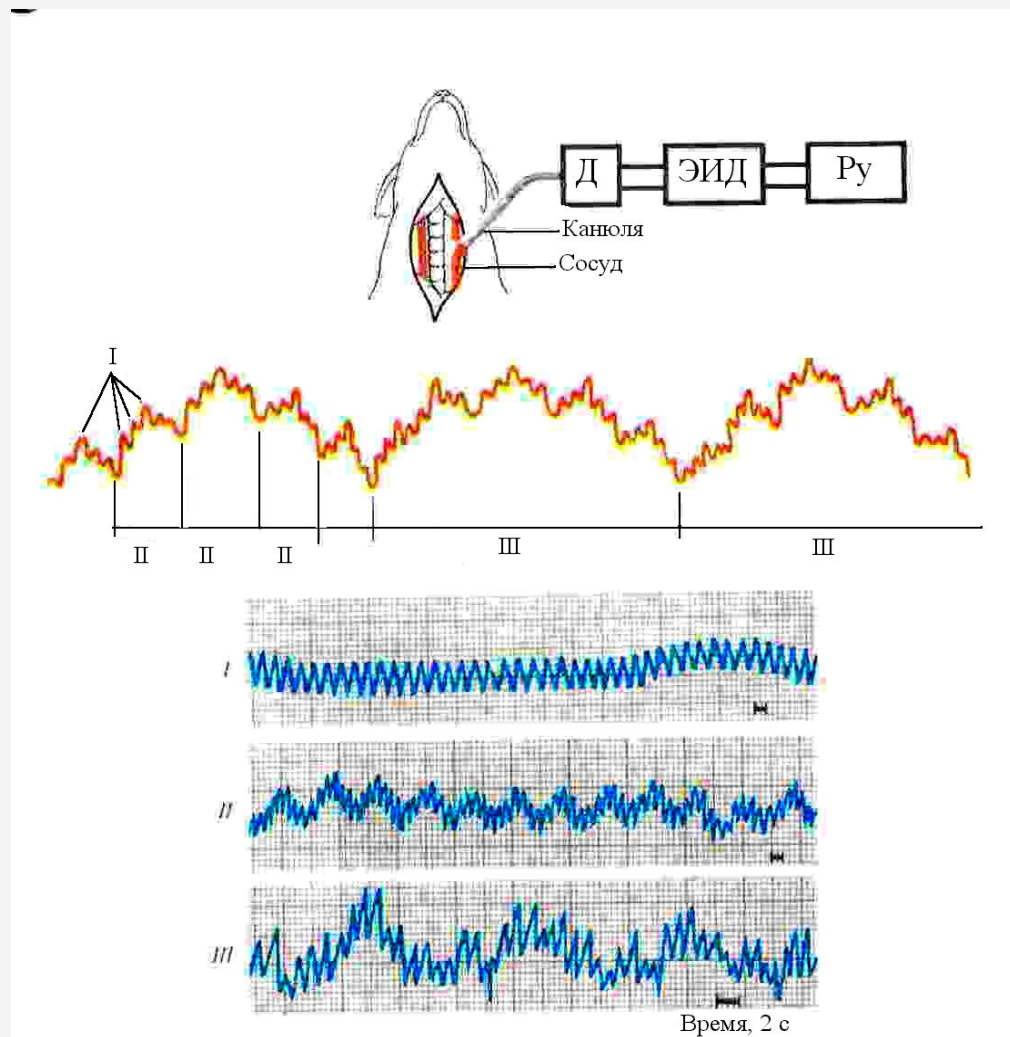
С. Хелс в 1733 году определил кровяное давление, а Карл Людвиг в 1848 году впервые записал кривую АД.

На кривой артериального давления различают волны 3-х порядков.

I – пульсовые

II – дыхательные

III – центральные



**У человека артериальное давление определяется косвенным, аускультативным методом, разработанным Коротковым.**

Различают:

1. систолическое или максимальное давление = 105-125 мм.рт.ст.
2. диастолическое или минимальное давление = 60-85 мм.рт.ст.
3. пульсовое давление = 35-40 мм.рт.ст.
4. среднее динамическое давление – это величина давления без пульсовых колебаний (90 мм.рт.ст.).



# **Венозное давление зависит от следующих факторов:**

- 1. Кардиальные (работа сердца).**
- 2. Экстракардиальные:**
  - отрицательное внутригрудное давление
  - внутрибрюшное давление
  - сокращения скелетных мышц
  - наличия клапанов в венах
  - тонус гладкой мускулатуры вен

# **Величина давления в венозных сосудах:**

- в мелких венах – 5-15 мм.рт.ст.**
- в средних венах – 9-12 мм.рт.ст. (60-120 мм. вод.ст.)**
- в крупных венах – 0 – ниже,  $\pm 2$  -  $\pm 5$  мм.рт.ст.**

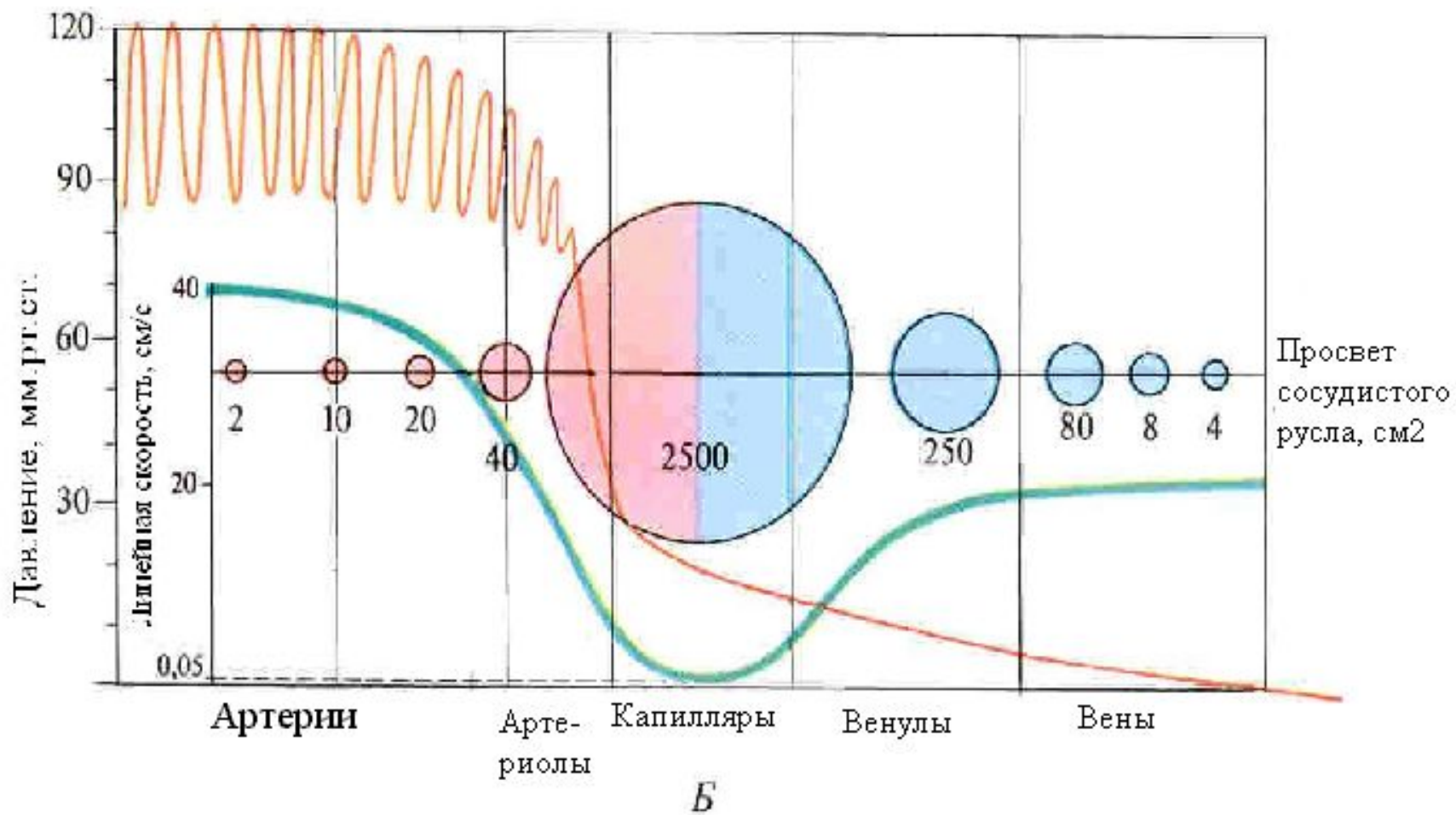
**Капиллярное давление  
определяют прямым способом  
под контролем бинокулярного  
микроскопа.**

**Давление:**

- на артериальном конце – 25-30 мм.рт.ст.**
- на венозном конце – 6-15 мм.рт.ст.**

# Скорость кровотока

1. Объемная скорость кровотока – это количество крови, протекающее через поперечное сечение сосуда в единицу времени. Выражается в мл/с.
2. Линейная скорость – это расстояние, которое проходит частичка крови за единицу времени. Выражается в см/с и зависит от суммарного просвета сосудов одного калибра.
  - в аорте – 30-50 см/с.
  - в полых венах – 15-25 см/с.
  - в капиллярах – 0,03-0,05 см/с.
3. Время полного кругооборота крови – это время, за которое частичка крови проходит большой и малый круги кровообращения. В норме = 23 с или 27 систол.



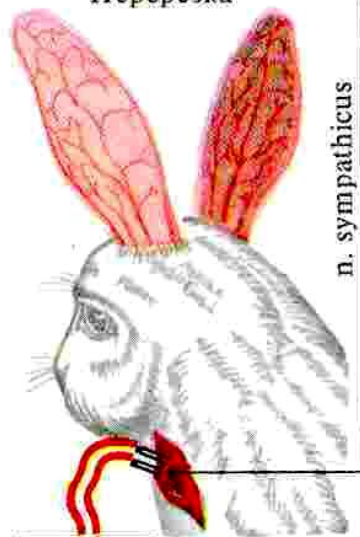
# **Тонус сосудов и его регуляция**

**Тонус – это напряжение гладкой мускулатуры стенки сосудов. Просвет сосуда зависит от его тонуса. При повышении тонуса сосуды суживаются и давление в них повышается.**

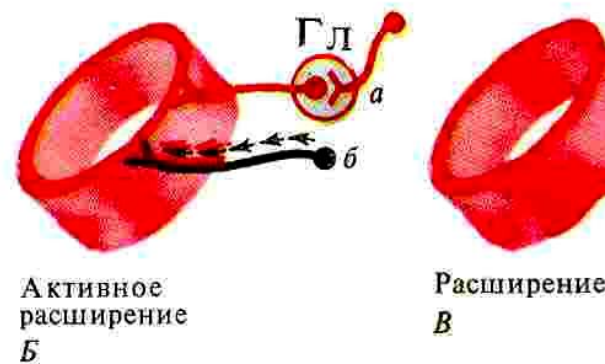
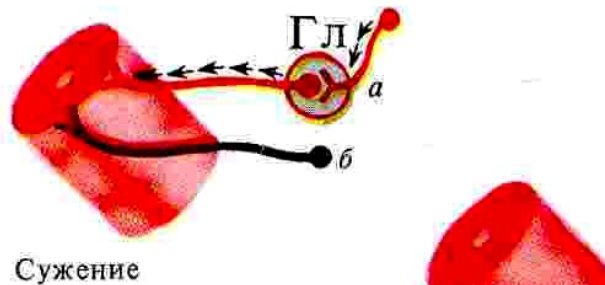
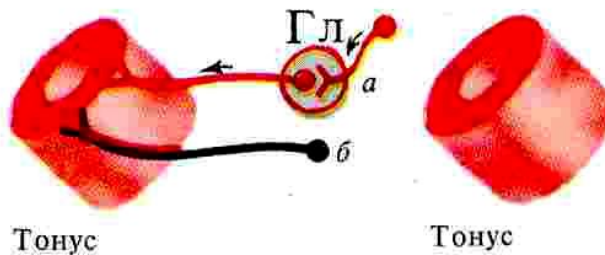
**Тонус сосудов регулируется нервно-рефлекторным и гуморальным путем.**

# Нервная регуляция

1. Симпатическая (вазоконстрикторы).
2. Парасимпатическая  
(вазодилататоры: lingualis, pelvicus,  
chorda tympani).
3. Сосудодвигательный центр.



II  
A



Тонус

Норадреналин  
Ангиотензин  
Вазопрессин  
и др.

Сужение

СО<sub>2</sub>  
Молочная  
кислота  
Гистамин  
Брадикинин  
и др.

Расширение  
B



# Рефлекторная регуляция

1. Собственные рефлексы.
2. Сопряженные рефлексы.

**Собственные рефлексы** – это рефлексы с сосудистых рефлексогенных зон:

1. Аортальная.
2. Синокаротидная.
3. Сердечная (зона Бейнбриджа).
4. Легочная (зона Парина).

**Сопряженные рефлексы** – это рефлексы с внесосудистых рецепторов.

# Гуморальная регуляция

## Вазоконстрикторы:

1. Адреналин, норадреналин.
2. Вазопрессин.
3. Серотонин.
3. Ренин-ангиотензиновая система.

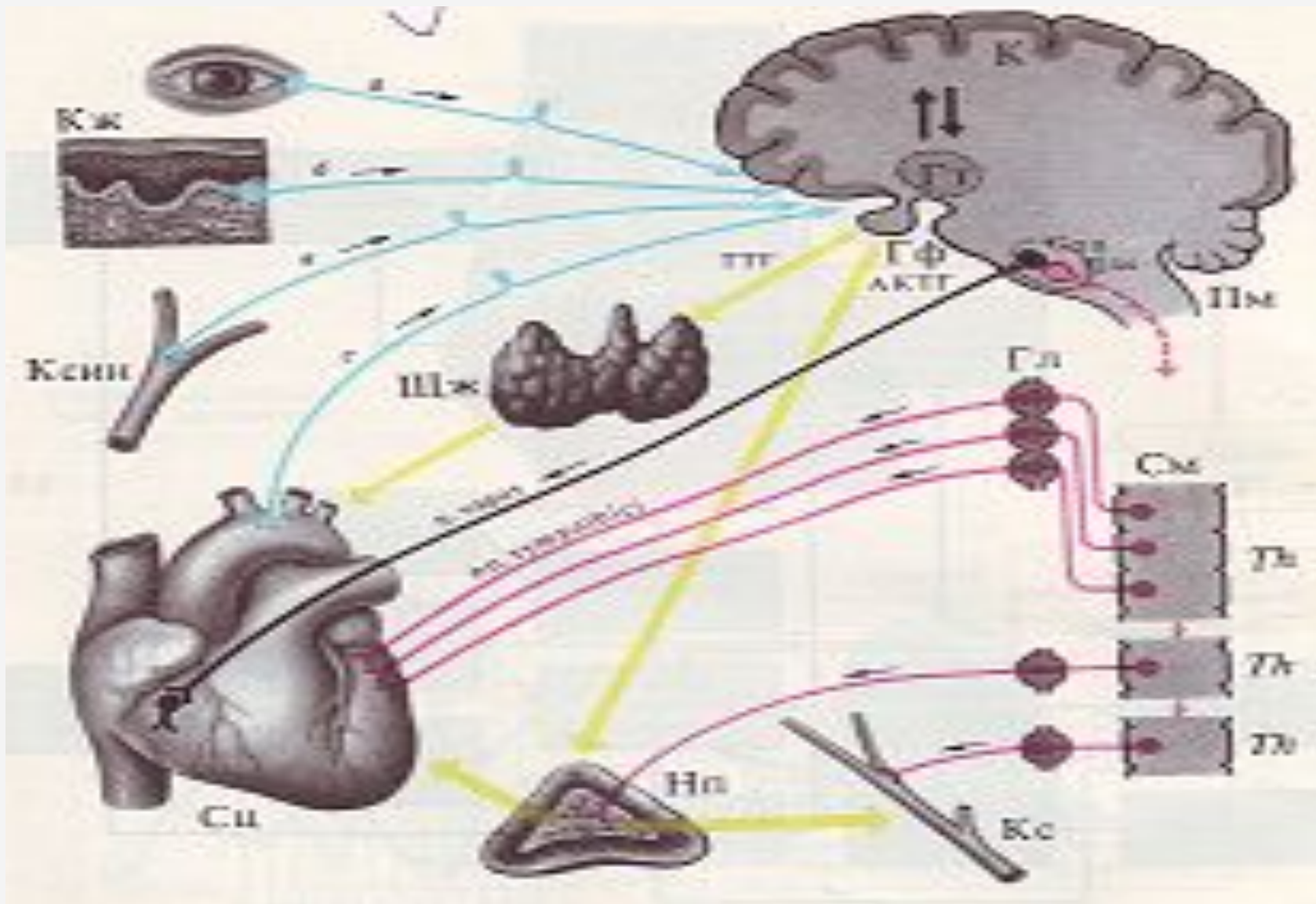
## Вазодилататоры:

1. Гистамин.
2. Ацетилхолин.
3. Медуллин (почки).
4. Простагландины.
5. Брадикинины.
5. Продукты обмена ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^+$ , АТФ, АДФ, АМФ, молочная кислота,  $\text{K}^+$ ).

# **Эндокринная функция эндотелия сосудов**

**Исследованиями последних лет показано, что эндотелий кровеносных сосудов является обширной эндокринной системой. Физиологически активные вещества обеспечивают химическую саморегуляцию тонуса сосудов (монооксид азота, простагландины, простациклины, тромбоксан, брадикинины, ацетилхолин). Из всех перечисленных факторов наибольшее значение играет монооксид азота. Спазм коронарных и других сосудов, связан с недостатком его образования или усилением разрушения. Установлено, что монооксид азота так же играет большую роль в регуляции функций нервной, пищеварительной и др. систем, а также в осуществлении иммунных реакций.**

# Регуляция кровообращения



**Артериальный пульс - это ритмические колебания стенки артерий, обусловленные изменением внутрисосудистого давления во время работы сердца. Пульс определяется пальпаторным методом на лучевой, височной, сонной артериях и наружной артерии стопы.**

**Пульсовая волна - это изменение диаметра или объема артериальных сосудов, связанное с повышением давления в аорте во время изгнания крови из желудочка.**

**Скорость распространения пульсовой волны**

**5,5-8 м/с в аорте;**

**В периферических артериях - 6-9,5 м/с.**

# Характеристика пульса



**1) Частота (частый, редкий)**

**В норме частота 60-80 уд. в мин.**

**2) Ритм (ритмичный, аритмичный)**

**3) Напряжение (твердый, мягкий)**

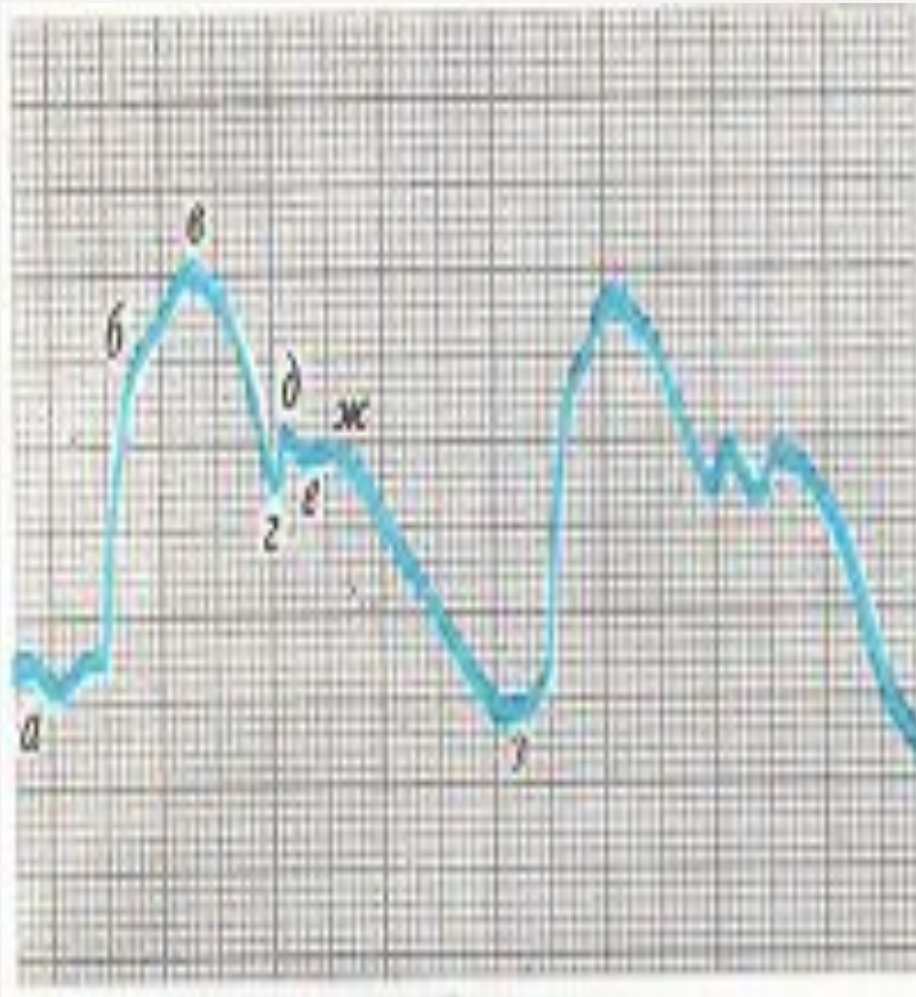
**4) Наполнение (полный, неполный)**

**При записи кривой артериального пульса  
устанавливают:**

**5) Величину (большой, малый)**

**6) Быстроту (быстрый, медленный, пологий)**

# Сфигмография - метод регистрации кривой артериального пульса.

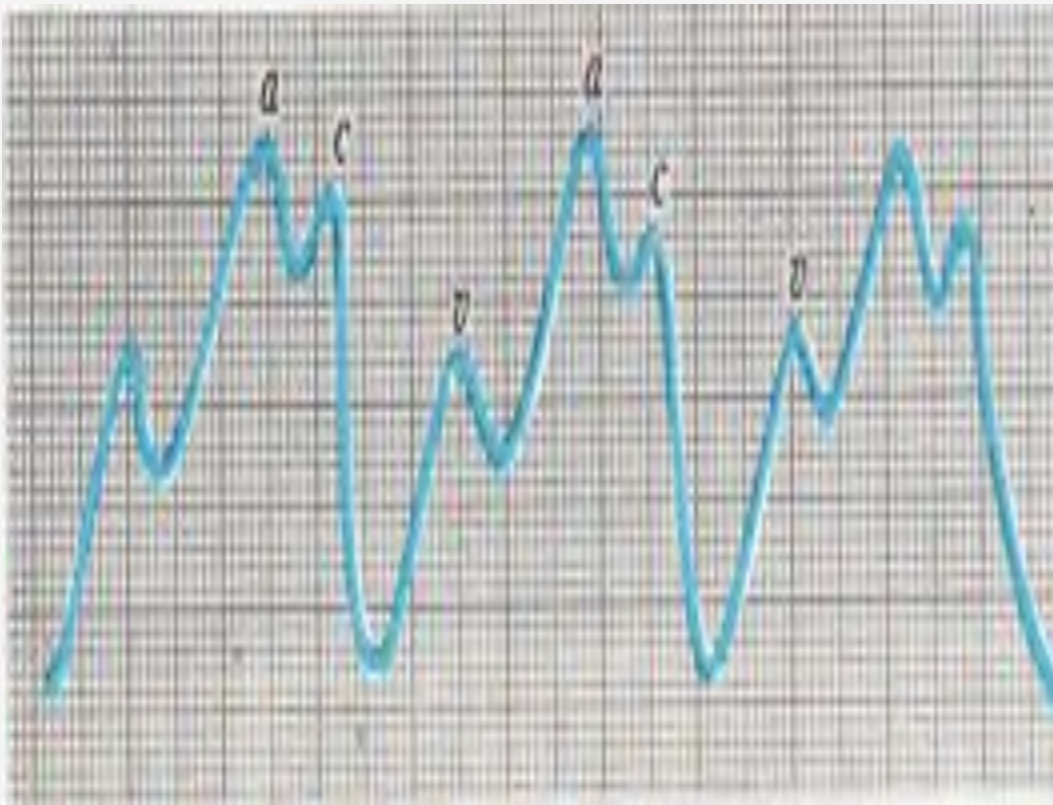


1. Анакрота
2. Катакрота
3. Инцизура
4. Дикротический зубец.



# Венный пульс- колебания стенок крупных вен, связанные с затруднением притока крови из вен к сердцу.

Флебография - клинический метод регистрации венного пульса.



**Флебограмма:**  
**A - артериальный**  
**зубец.**  
**C - каротидный.**  
**V - объемный.**

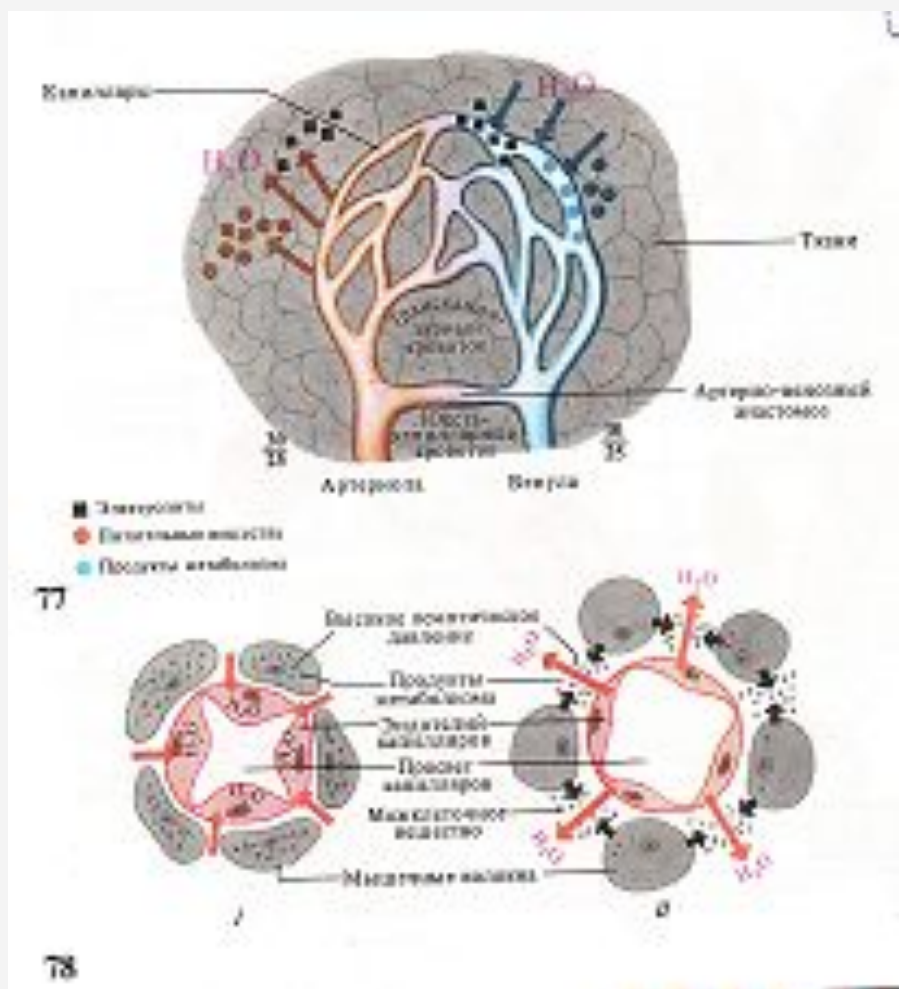


# Микроциркуляция

Термин введен в 1954 г.

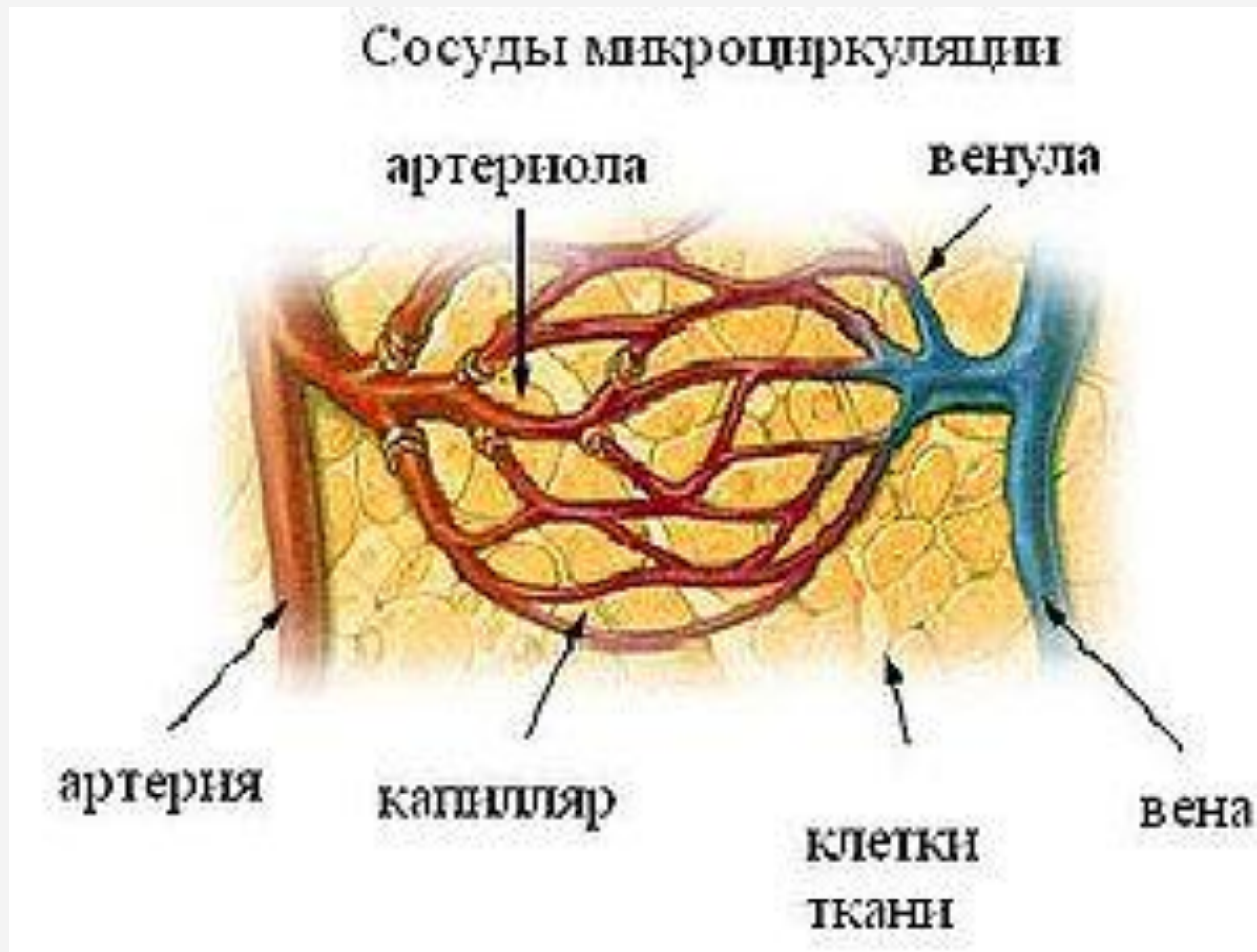
*Микроциркуляция* – сложные процессы, протекающие в зоне мельчайших кровеносных и лимфатических сосудов диаметром от 2 до 250 мкм.

# Зона микроциркуляции (по Колбу)



1. Артериолы (метартериолы)
2. Прекапилляры
3. Прекапиллярные сфинктеры
4. Истинные капилляры с открытым просветом.
5. Капилляры венозные
6. Посткапилляры
7. Посткапиллярные сфинктеры
8. Венолы
9. Артерио-венозные анастомозы

# Зона микроциркуляції (по Колбу)



# **Морфофизиологические особенности микроциркуляторного русла**

- 1. Стенка капилляров однослойная.**
- 2. Линейная скорость кровотока составляет 0,5-1 мм/сек**
- 3. Иннервируются симпатическими постганглионарными волокнами.**
- 4. Прерывистый ток крови.**

- 5. Наличие 2 видов функционирующих капилляров (магистральные и боковые ответвления, "дежурные" капилляры)**
- 6. Гуморальная регуляция имеет доминирующее значение в прекапиллярах, истинных капиллярах и венулах.**
- 7. Общественные терминали.**
- 8. Давление на артериальном конце капилляров 25-30 мм рт. стб. на венозном 12-15 мм рт. стб.**

**Для оценки параметров движения крови в микрососудах применяется метод лазерной доплеровской флометрии (Оптическое зондирование ткани монохроматическим сигналом).**

Физиология человека  
2009-2010 учебный год  
КазНМУ



# ВОПРОС Ы

Лекция 10