

# Физиология сосудистой системы

Профессор Р. П.Борисова

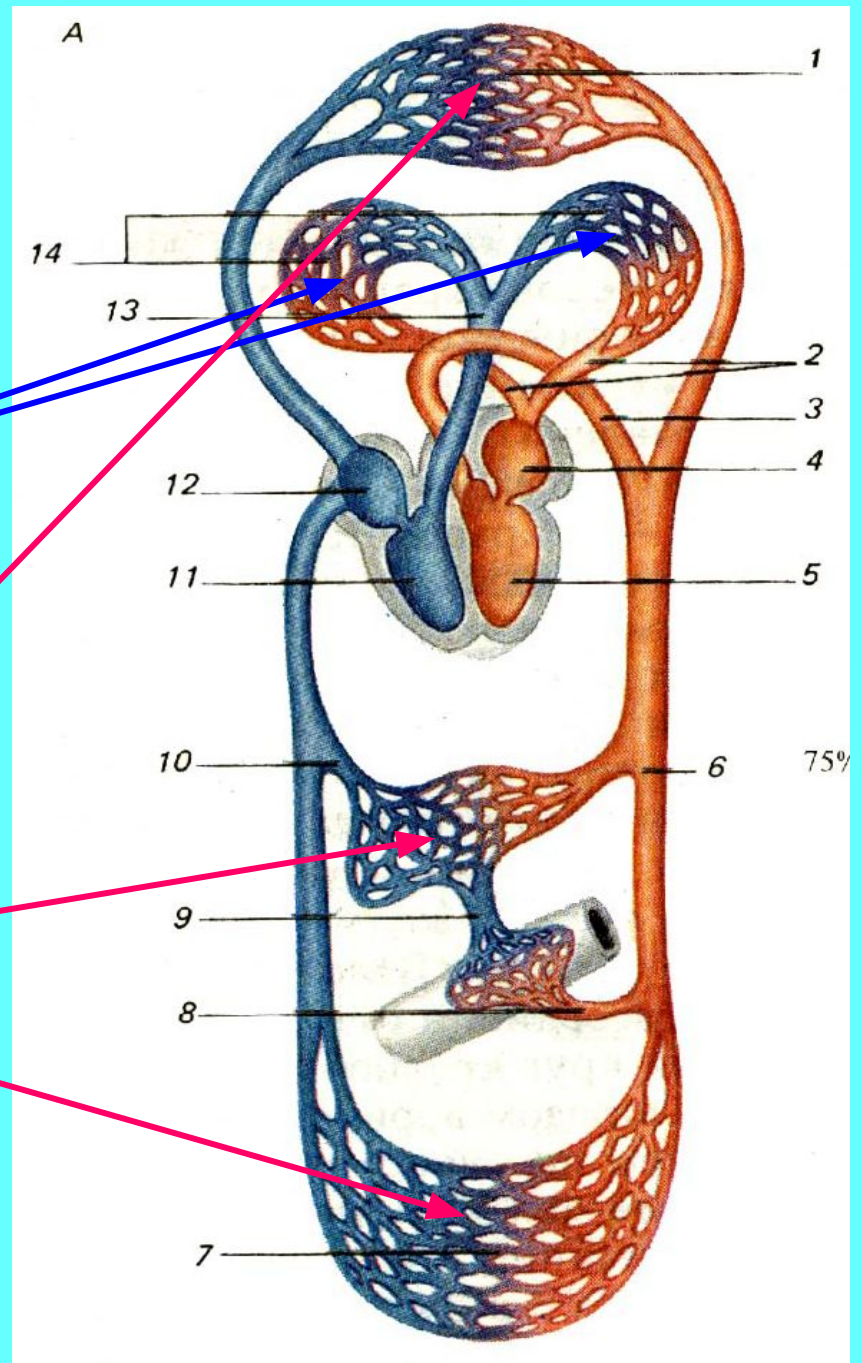
2011 г.

- ❖ Классификация сосудов
- ❖ Факторы движения крови по сосудам
- ❖ Показатели кровотока
- ❖ Тонус сосудов,
- ❖ Регуляция сосудистого тонуса

# Круги кровообращения.

Малый круг  
кровообращения.

Большой круг  
кровообращения.



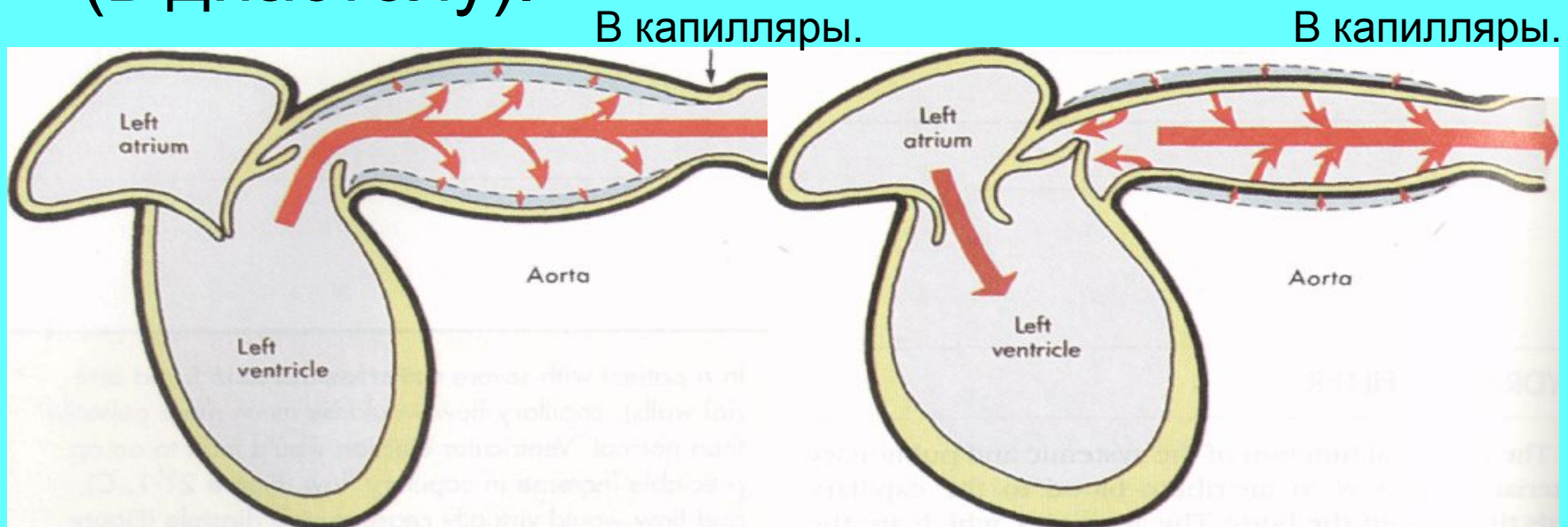
# Классификация кровеносных сосудов.

В зависимости от выполняемых функций и структурно-функциональных особенностей выделяют 6 групп сосудов:

# I. Сосуды эластического типа. (Аорта, крупные артерии)

## Функции:

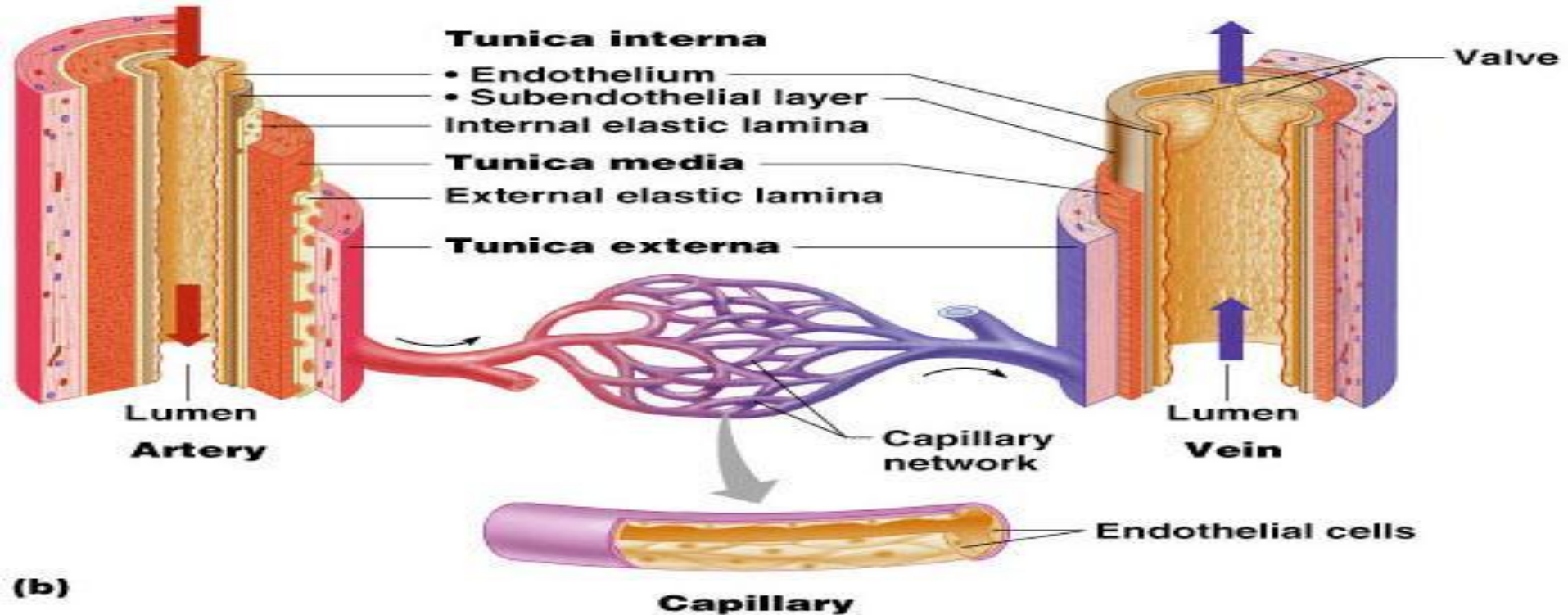
- амортизирующая функция ( в систолу);
- обеспечение непрерывного тока крови (в диастолу).



Систола.

Диастола.

# Классификация сосудов



2  
Резистивные =  
сосуды  
сопротивления =  
сосуды  
мышечного типа:

Создают ОПС и  
регулируют АД

3  
Прекапилля  
рные  
сфинктеры

4  
Обменные  
сосуды

Обеспечивают  
гомеостаз  
интерстиция

5  
Сосуды  
емкостного  
типа

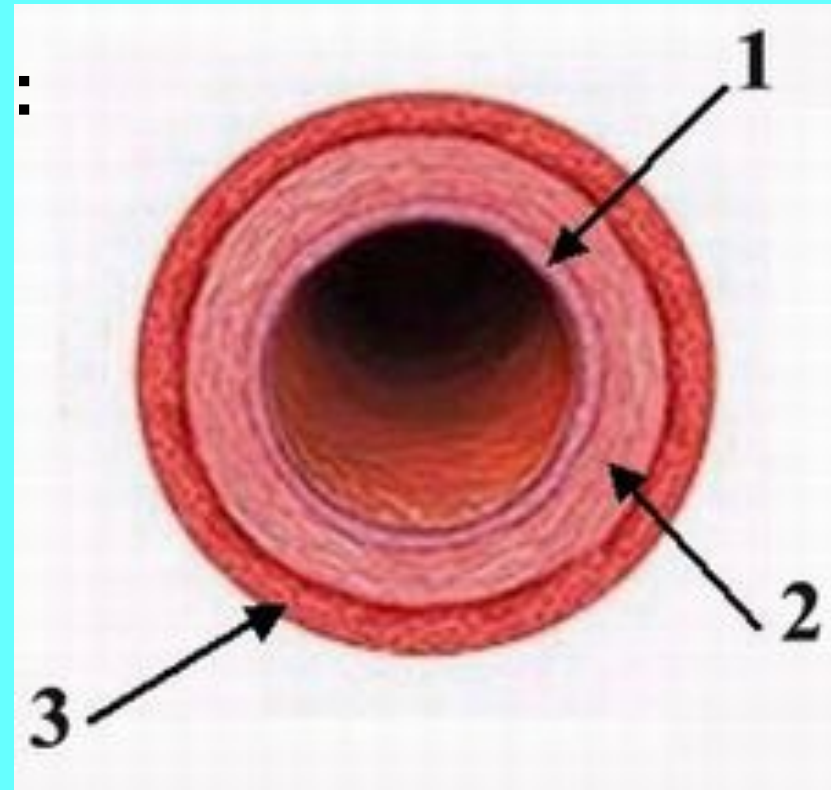
Регулируют  
венозный возврат  
крови к сердцу,  
депонируя ее часть.

6  
шунты

## 2. РЕЗИСТИВНЫЕ СОСУДЫ : АРТЕРИИ И АРТЕРИОЛЫ.

### Функции:

- Регуляция системного АД
- Регуляция регионального кровотока.



Давление крови –  
110 – 35мм рт. ст.

Скорость кровотока –  
400 – 1 мм/сек

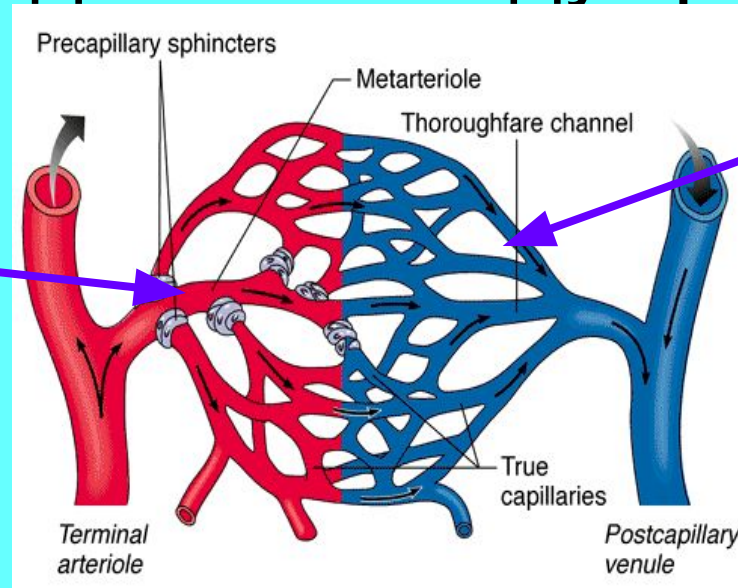


# 3. Сосуды-сфинктеры (пре- и посткапиллярные сфинктеры)

## Функции:

- регуляция кровотока в сосудистых модулях.
- регуляция давления внутри капилляра и обмена жидкости между кровью и тканями.

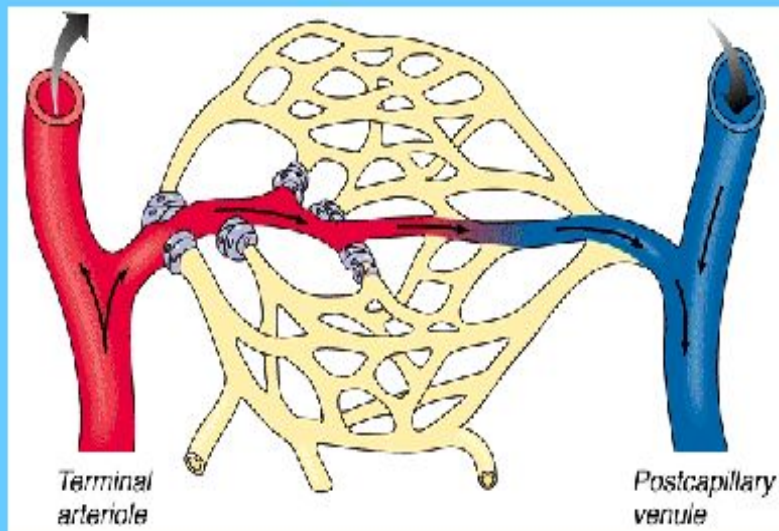
Прекапиллярные сфинктеры



Посткапиллярные сфинктеры

**Вазомоции** – ритмические попеременные сокращения и расслабления артериол и, соответственно, прекращение и возобновление кровотока в отдельных модулях системы микроциркуляции. Соотношение «дежурных» и «резервных» модулей зависит от уровня активности ткани.

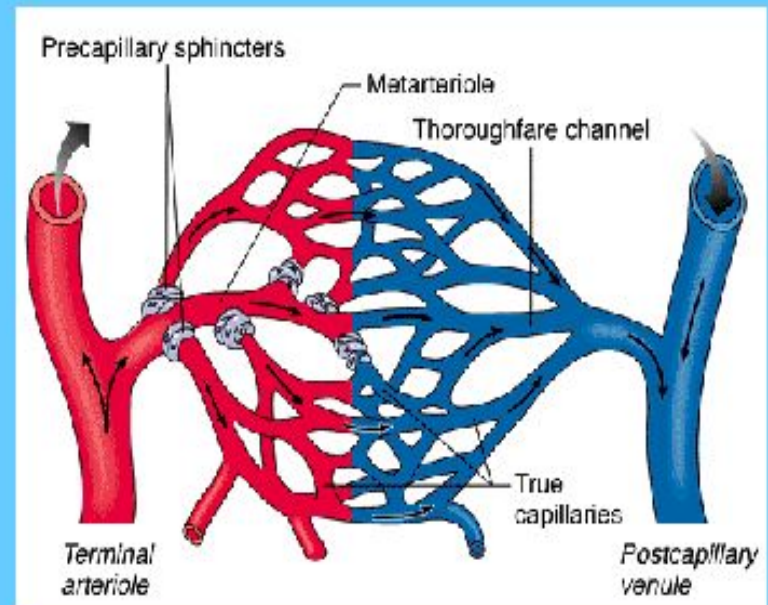
### Capillary bed



Precapillary sphincters closed

**Резервный**

### Capillary bed



Precapillary sphincters open

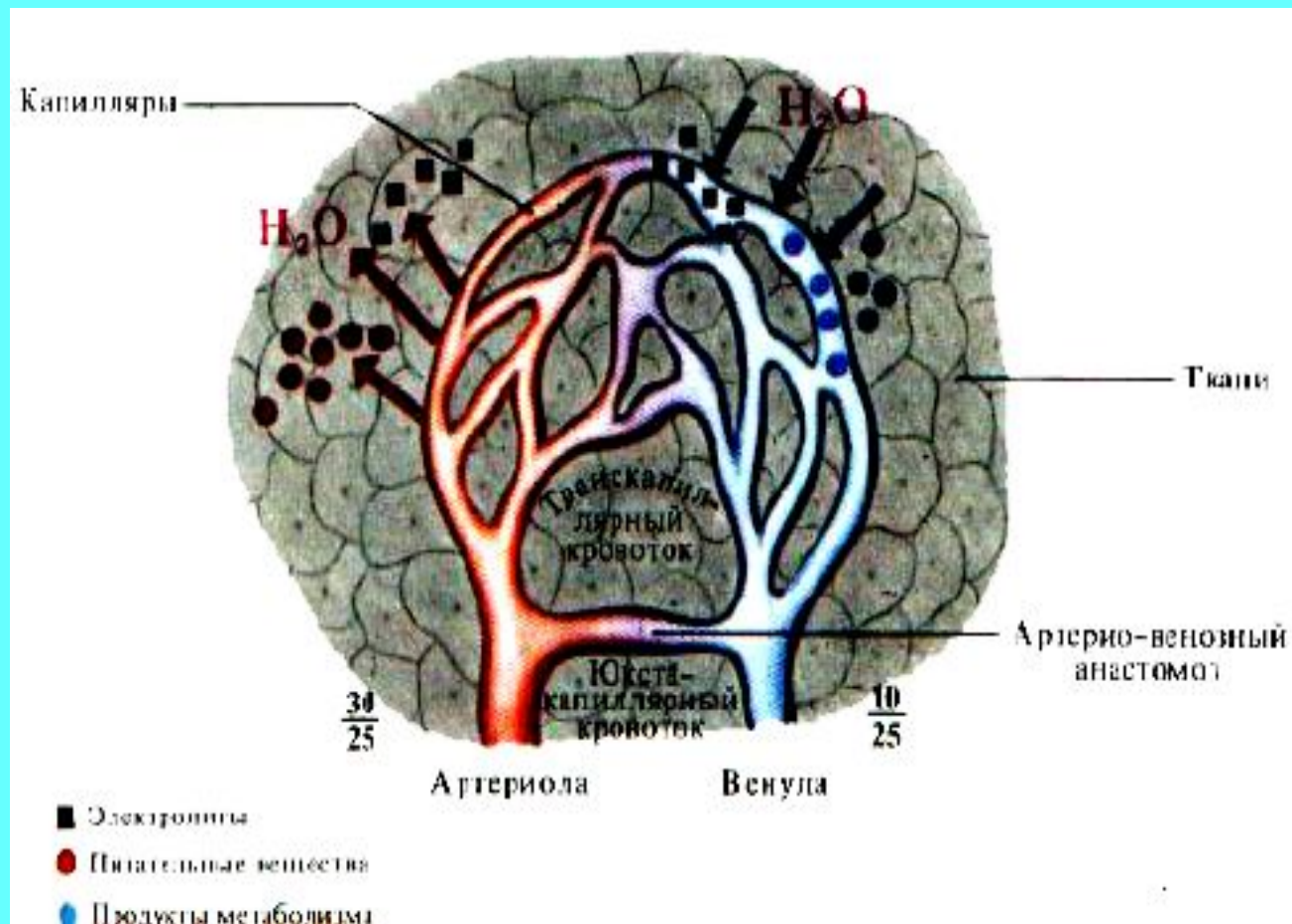
**Дежурный**



## 6. Сосуды шунтирующего типа (артерио-венозные шунты)

### Функции:

- регуляция АД.
- участие в терморегуляции.



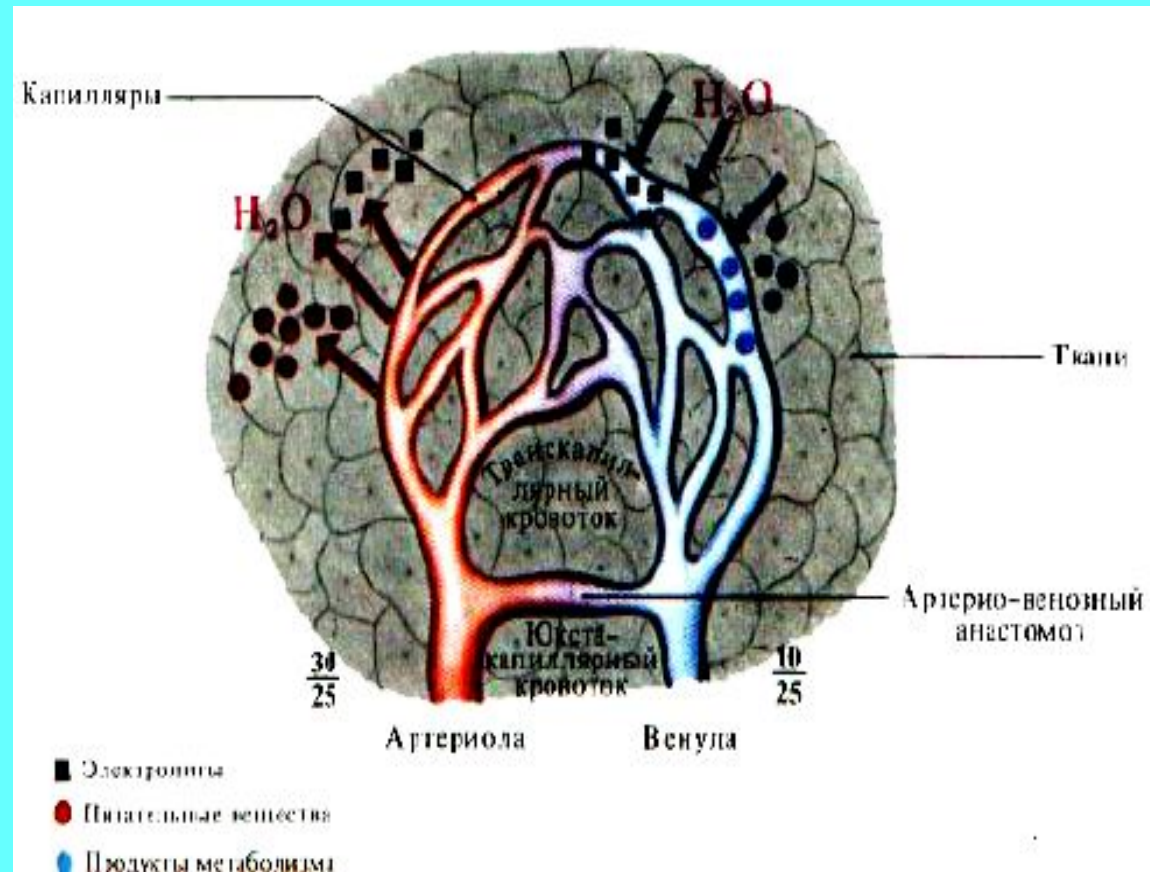
## 4. Сосуды обменного типа (капилляры)

### Функции:

- обмен в-в, газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) и жидкости.

**Давление крови –  
35 – 15 мм рт. ст.**

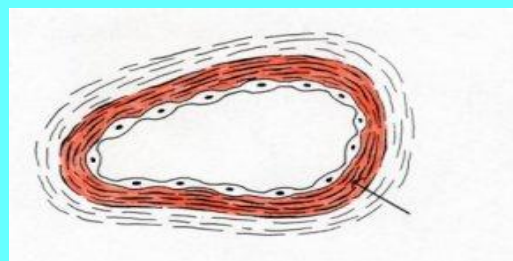
**Скорость  
кровотока –  
0.5 мм/сек.**



# 5. Сосуды ёмкостного типа (вены).

## Функции:

- ёмкостная функция.
- депонирующая функция.

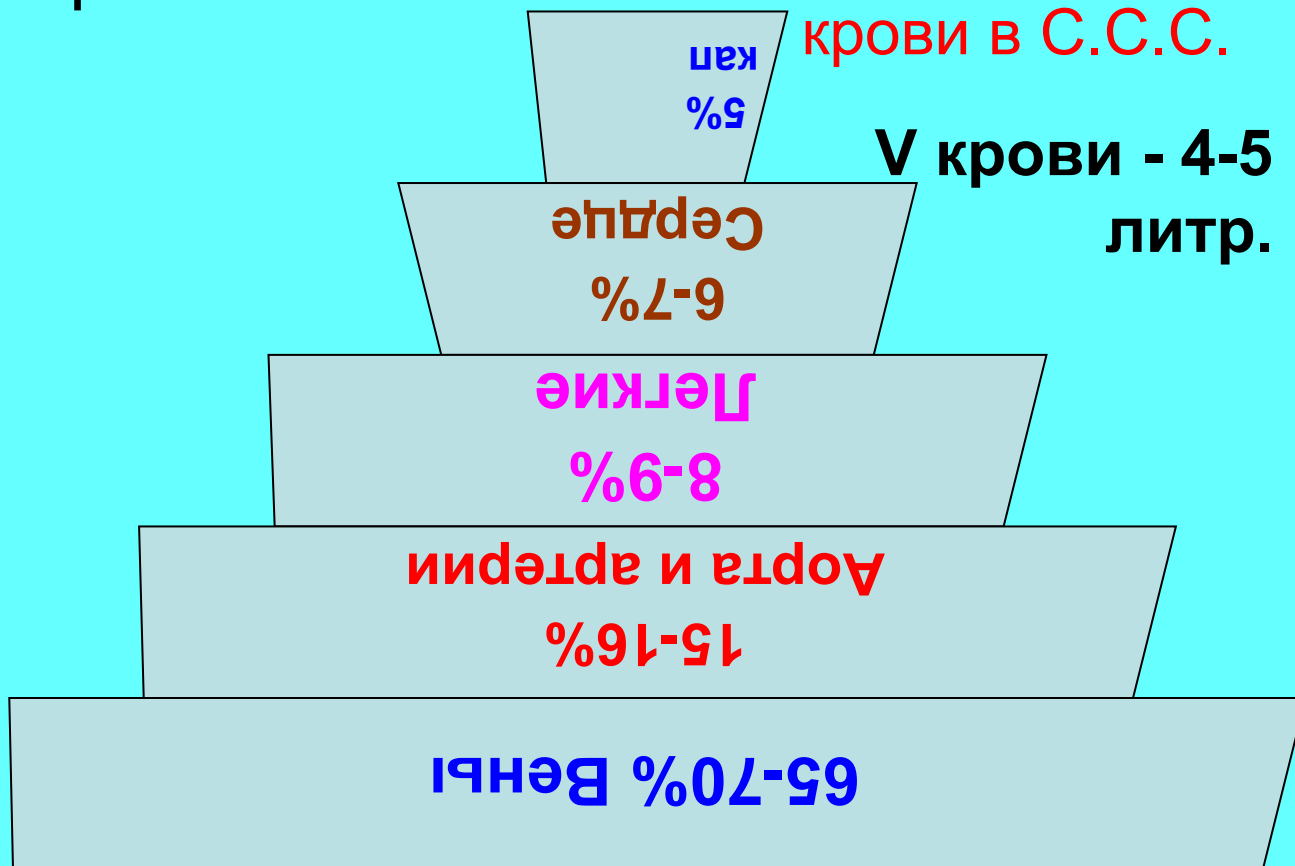


**Давление крови – 15 – 0 мм рт.ст.**

**Скорость кровотока – до 250 мм/сек**

**% распределение крови в С.С.С.**

**V крови - 4-5 литр.**



# Показатели кровотока.

I. **Объемная скорость кровотока** – количество крови, протекающей через поперечное сечение сосуда за единицу времени (покой – 5-6 л/мин, работа – до 20-25 л/мин).

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

РАЗНИЦА ДАВЛЕНИЙ В КОНЦАХ СОСУДА

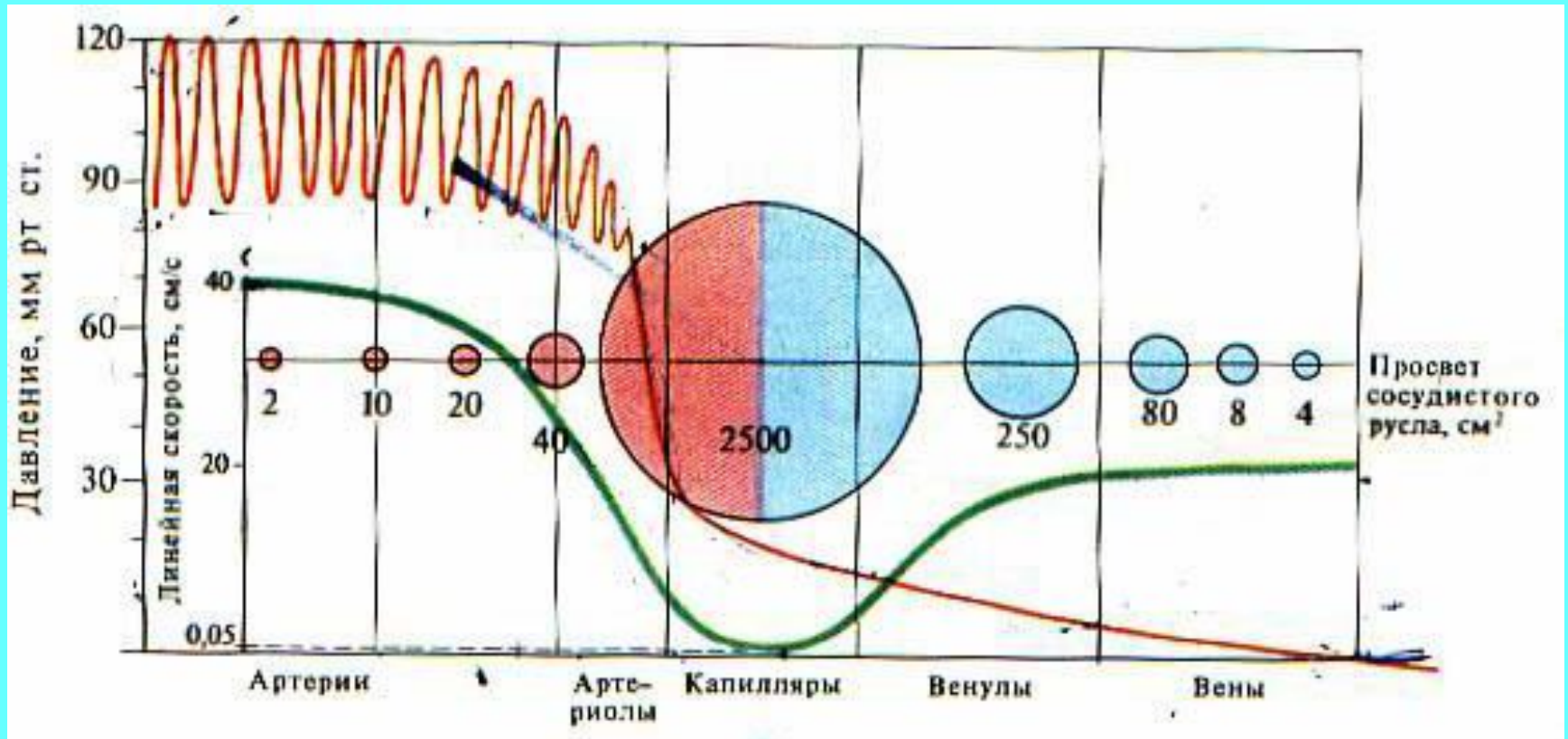
СОПРОТИВЛЕНИЕ КРОВОТОКУ

Для аорты объемная скорость кровотока равна МОС

Для остальных сосудов – суммарная скорость кровотока равна МОС

# Линейная скорость кровотока –

расстояние, которое проходит частица крови вдоль сосуда за единицу времени.

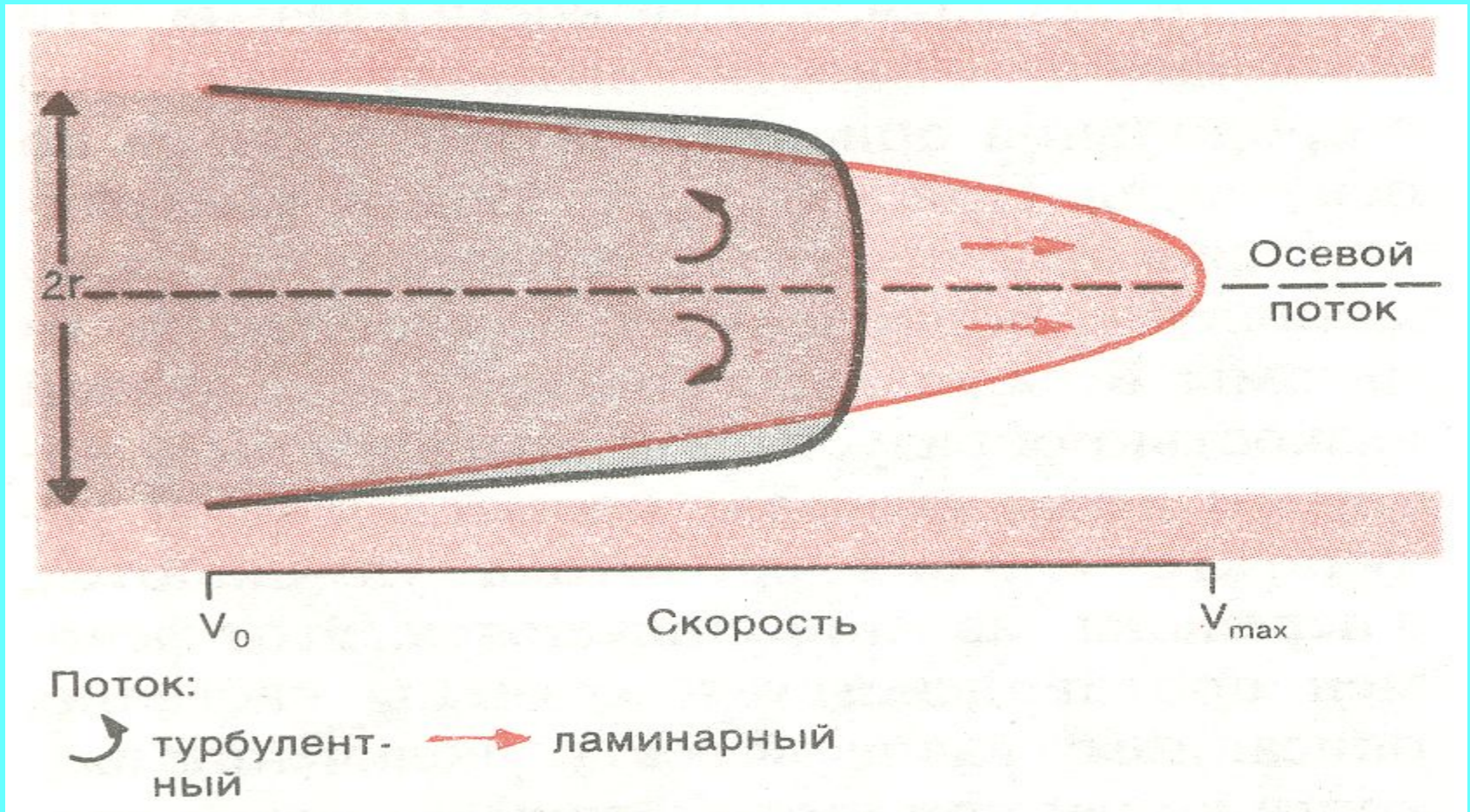


$$v = \frac{Q}{S}$$

Чем больше суммарный просвет сосудистого русла, тем меньше скорость



# Виды тока крови.



ТУРБУЛЕНТНЫЙ = ВИХРЕВОЙ

Ламинарный = СЛОИСТЫЙ

**Время кругооборота крови** – время, за которое частица крови проходит большой и малый круг кровообращения.

В норме оно равно 23-25сек.

Например, лекарственное вещество, всасывающееся из ротовой полости, достигнет сердца через 25 сек.

При патологии ССС может возрасти до 60сек.

# Гидродинамическое сопротивление сосудов зависит от:

- Вязкости крови;
- Длины сосуда;
- Радиуса сосуда.

Рассчитывается по формуле Пуазейля:

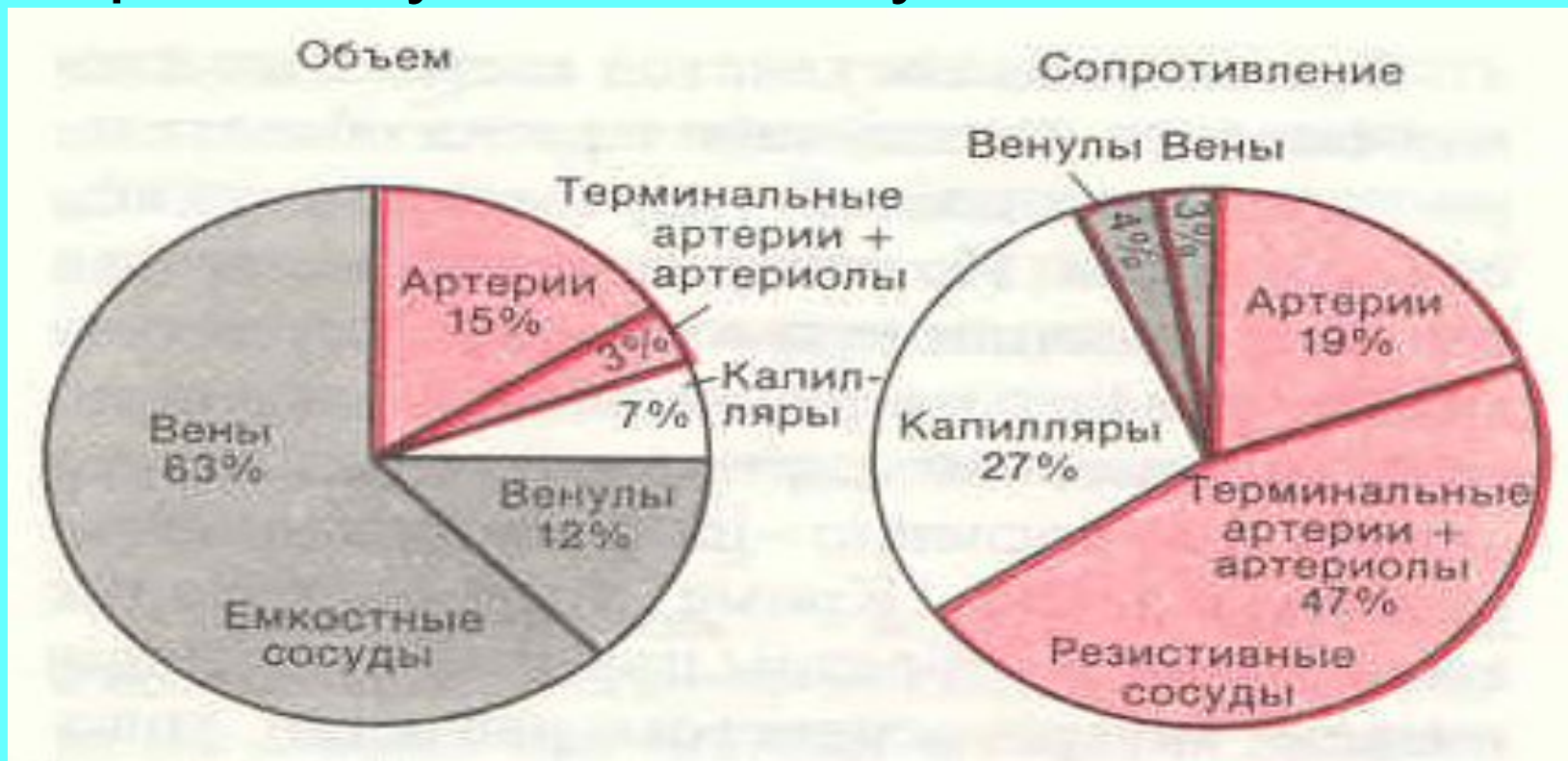
$$R = \frac{8l\eta}{\pi r^4}$$

L – длина сосуда  
N - вязкость крови

**Гидродинамическое сопротивление** – сопротивление току крови стенки сосуда и трение слоёв крови относительно друг друга.

Общее периферическое сопротивление (ОПС) – сопротивление всех сосудов большого круга кровообращения. Общее легочное сопротивление \ сосудов малого круга в 7 РАЗ МЕНЬШЕ.

# Соотношение объемов и сопротивления в разных участках сосудистой системы

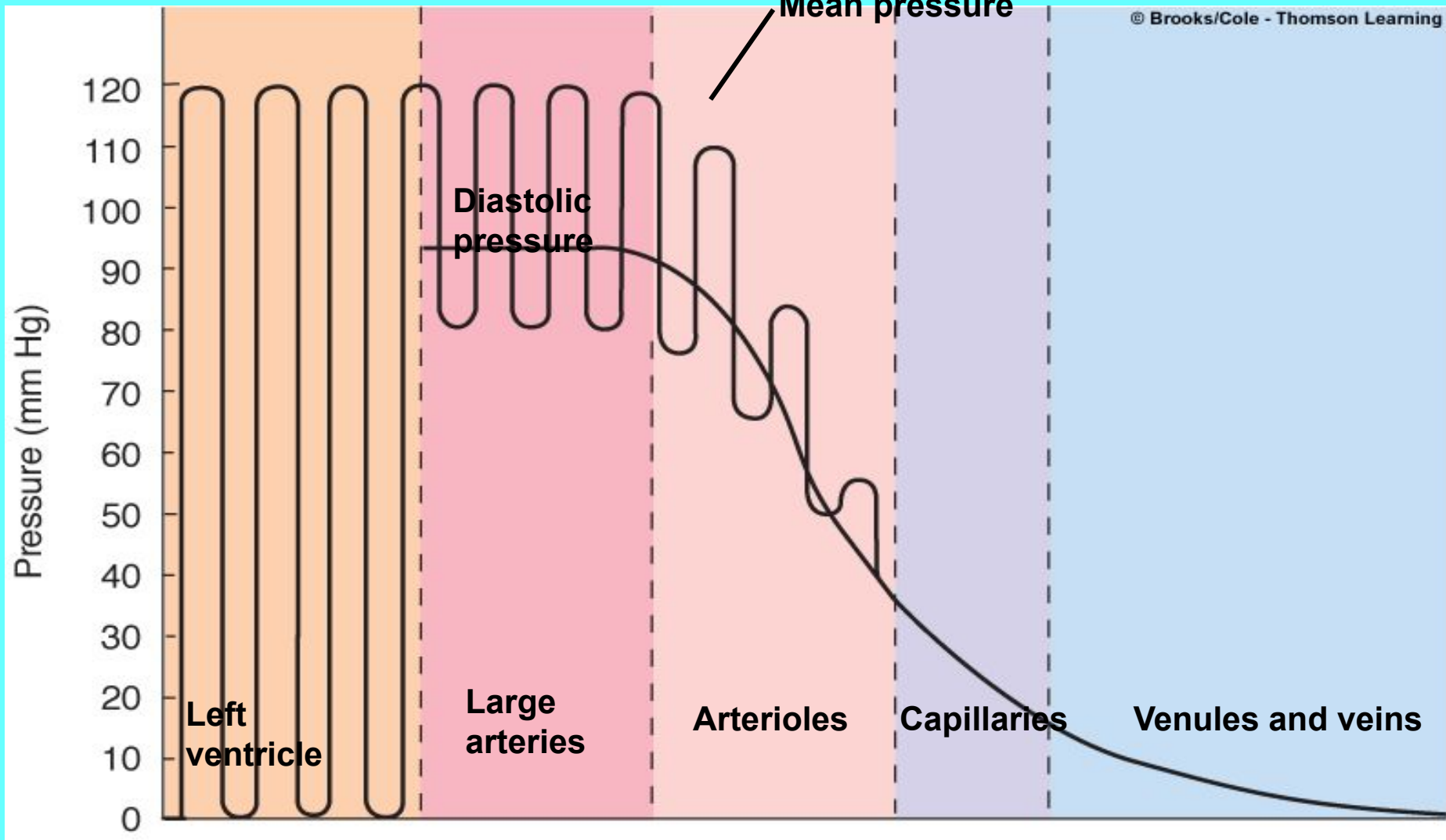


**Наибольшую емкость имеют венозные сосуды**

**Наибольшее сопротивление току крови создают резистивные сосуды – мелкие артерии и артериолы**



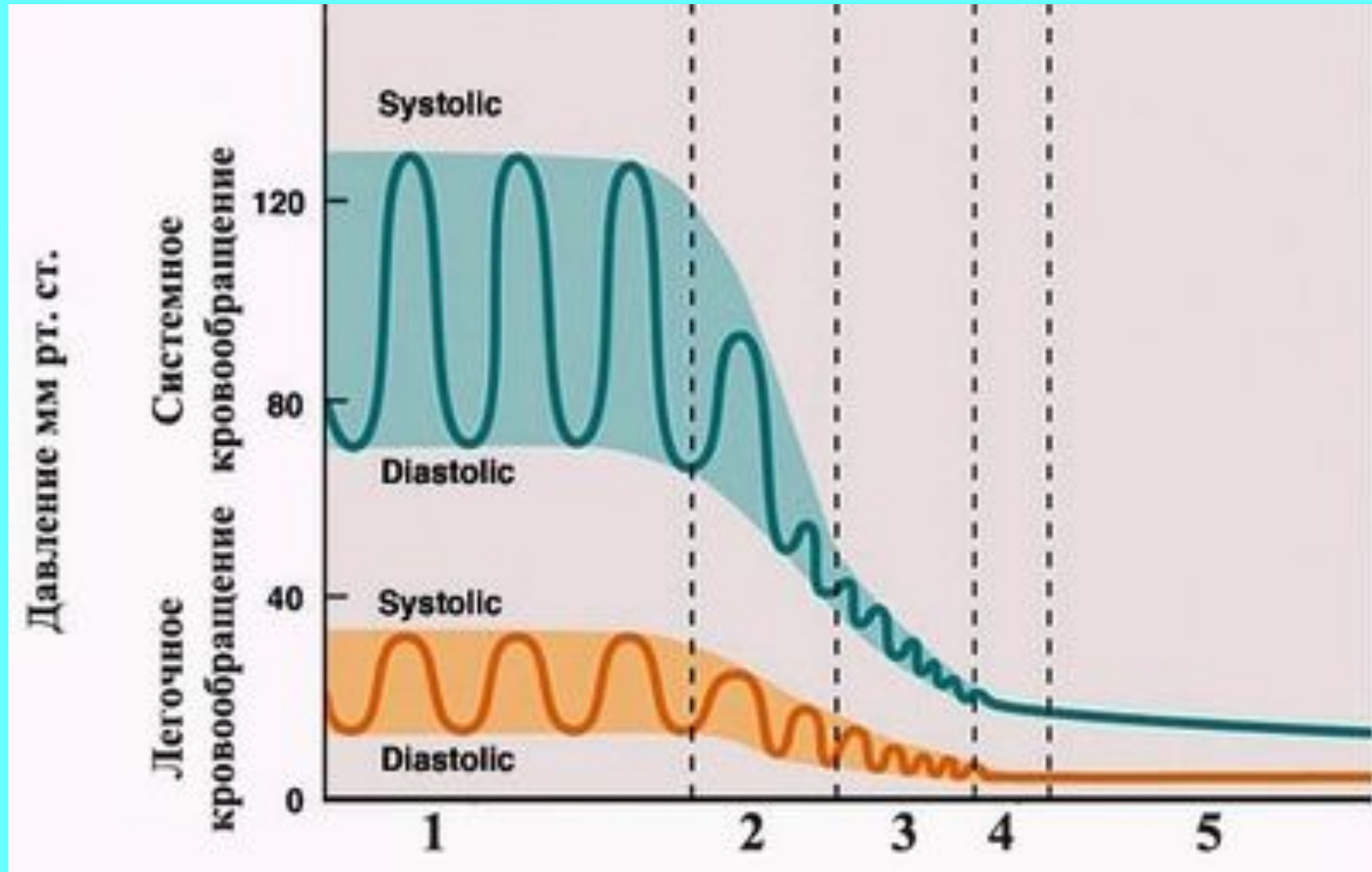
# Давление крови в сосудах большого круга кровообращения (артериальное, капиллярное, венозное)





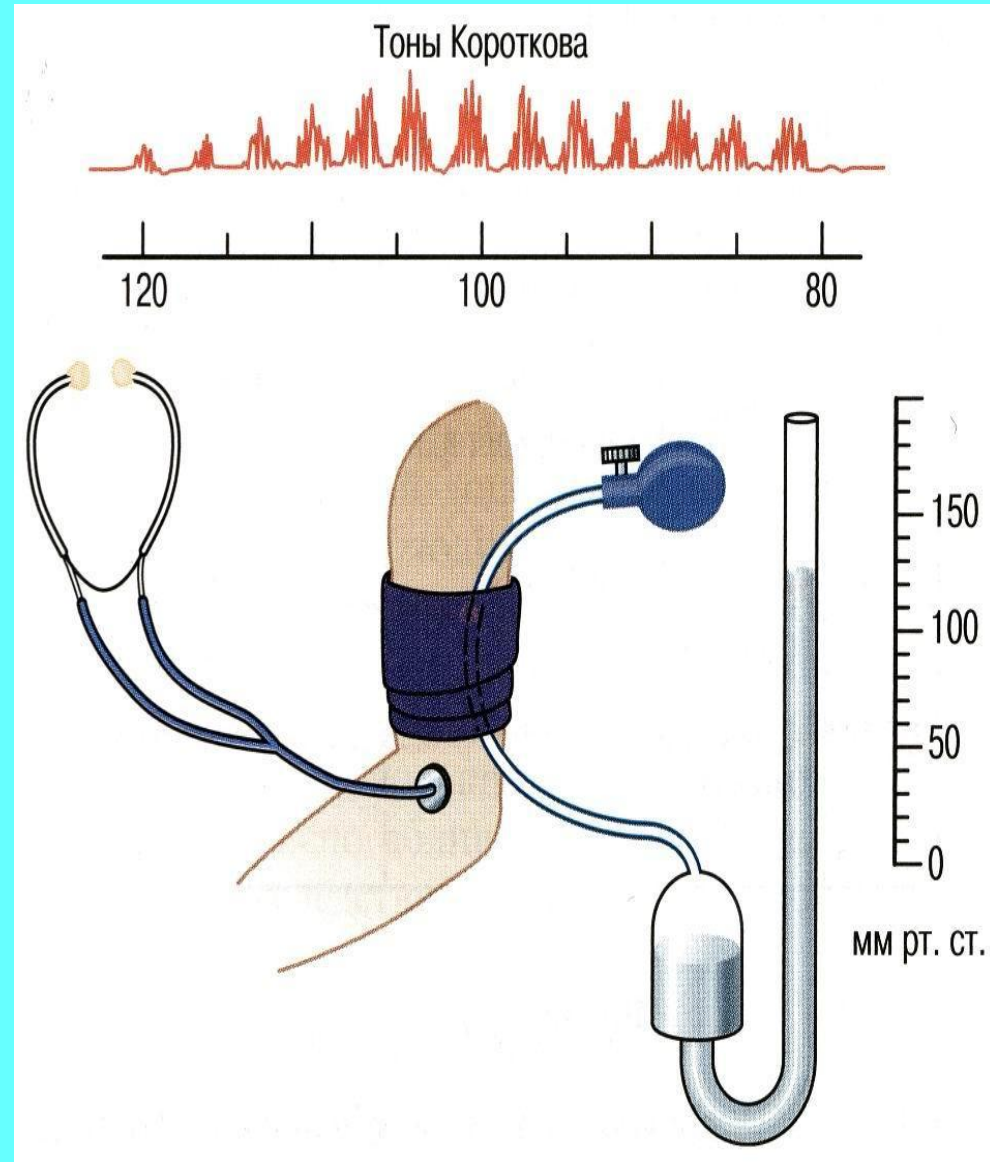
# Давление в сосудах большого и малого круга кровообращения

Давление – сила, с которой кровь действует на стенку сосуда.



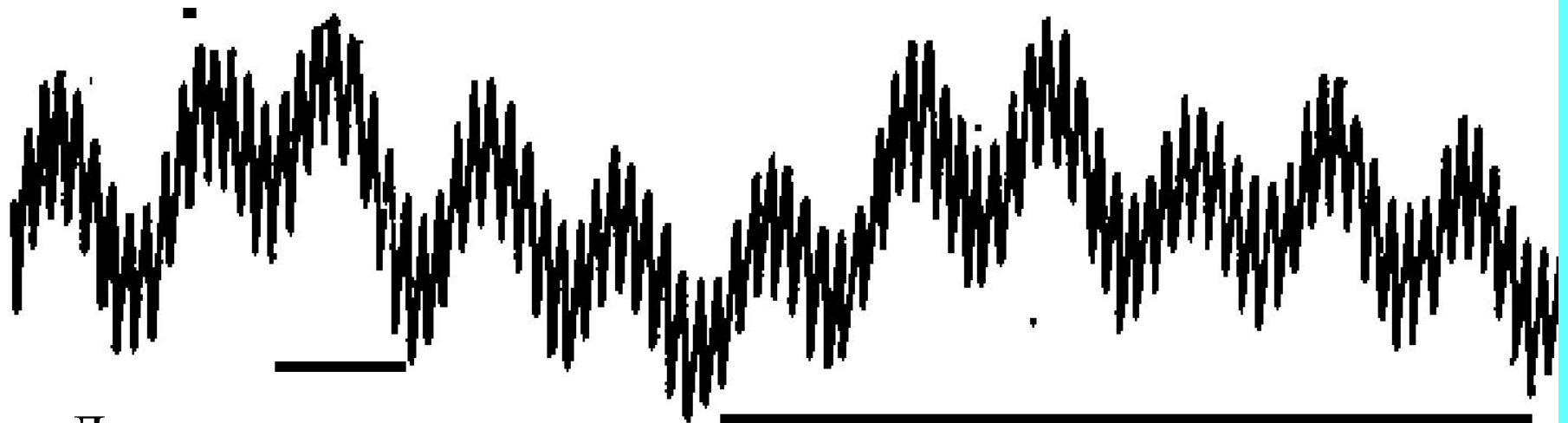
# Способы определения АД:

- Кровавый способ.
- Бескровный способ.



# Кривая артериального давления

Пульсовые волны  
(1-го порядка)



Дыхательные волны  
(2-го порядка)

Волны Траубе-Геринга (3-го  
порядка)

# Показатели АД:

- **СД** давление в артерии в систолу, норма – 110-125 мм.рт.ст.
- **ДД** давление в артерии в диастолу, норма – 70-80 мм.рт.ст.
- **ПД** пульсовое давление = СД – ДД, норма 40-50мм.рт.ст.
- **Среднее артериальное давление** – средняя величина артериального давления, создающая в отсутствие пульсовых колебаний такой же гемодинамический эффект, как и при естественном колебании давления.

$$\text{САД (СДД)} = \text{ДД} + \text{ПД}/3.$$

# Факторы, влияющие на величину АД:

- ◆ **Насосная функция сердца**
- ◆ **Тонус резистивных сосудов**
- ◆ **Объём циркулирующей крови**
- ◆ **Вязкость крови**

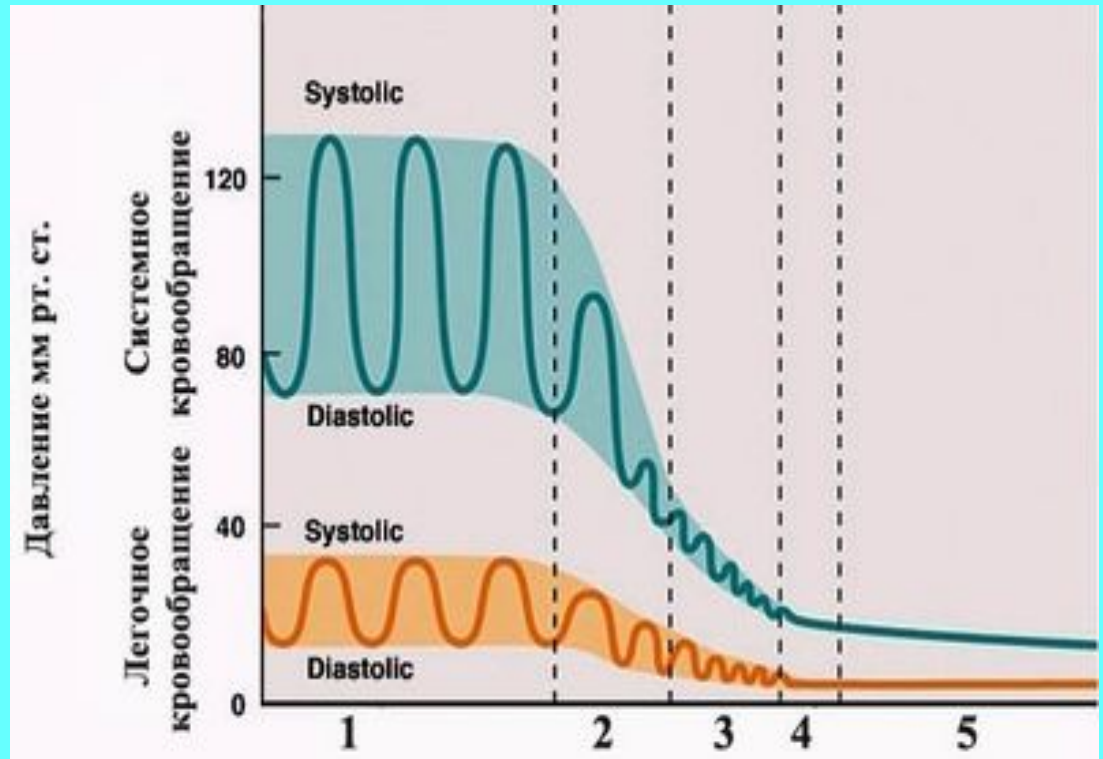
**Зависимость прямо-пропорциональная:  
чем больше фактор, тем выше давление.**



# Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам.

1. Главной движущей силой кровотока является **градиент давления**. Кровь течёт из области высокого давления в область низкого, преодолевая гидродинамическое сопротивление сосудов.

$$P_{\text{артерий}} \rightarrow P_{\text{вен}}$$



Дополнительные факторы, действующие в венах:

- **2. Присасывающее действие грудной клетки (дыхательный насос).**

Во время вдоха:

Расширение грудной клетки



Падение давления в полых венах  
до 2 мм рт. ст.



Растяжение вен



Поступление крови из нижележащих вен в  
полые вены.

### 3. Присасывающее влияние сердца.

**В систолу желудочков:**

АВ-перегородка опускается вниз



Объем предсердий увеличивается



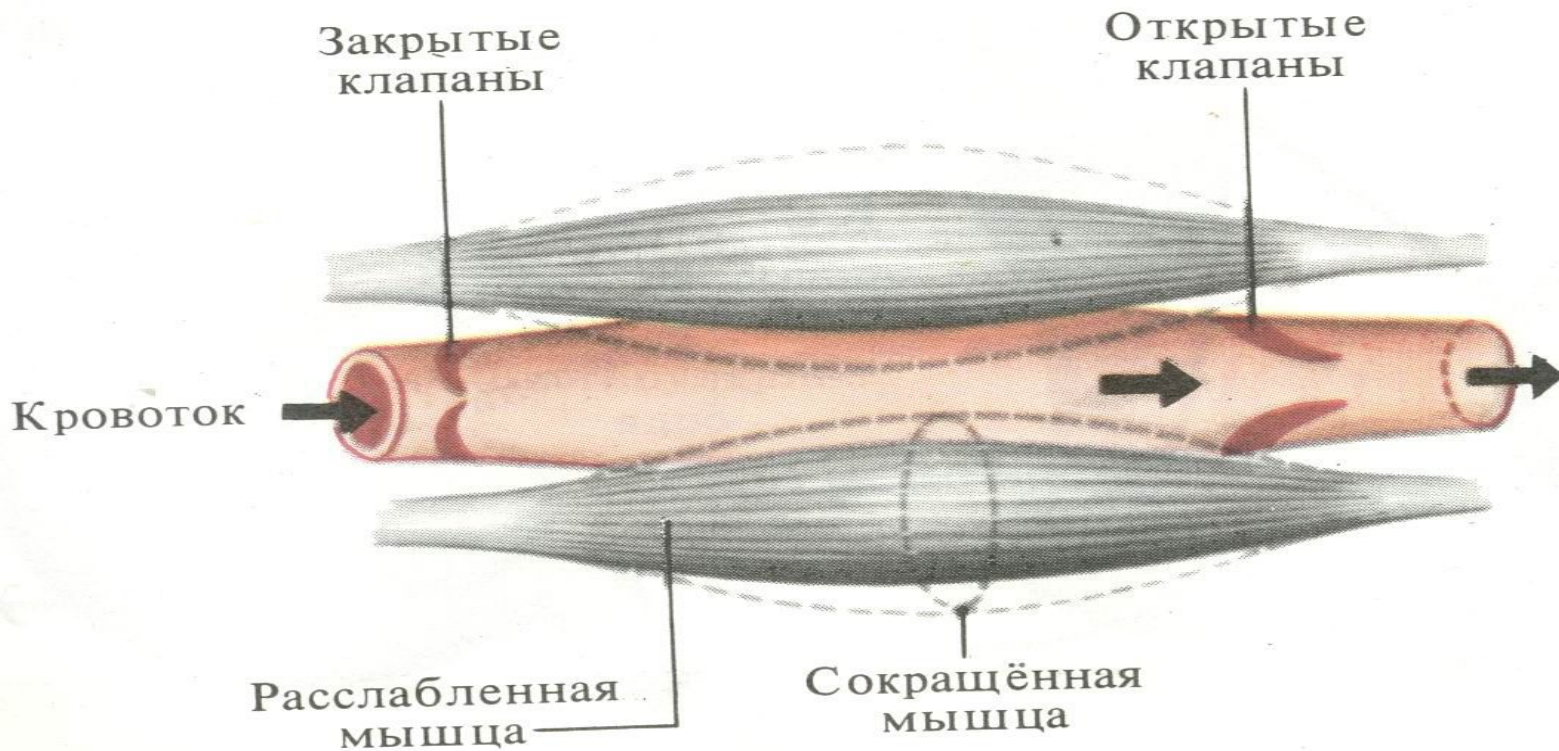
Давление в предсердиях падает до -2-3 мм рт. ст.



Кровь из вен поступает в предсердия.

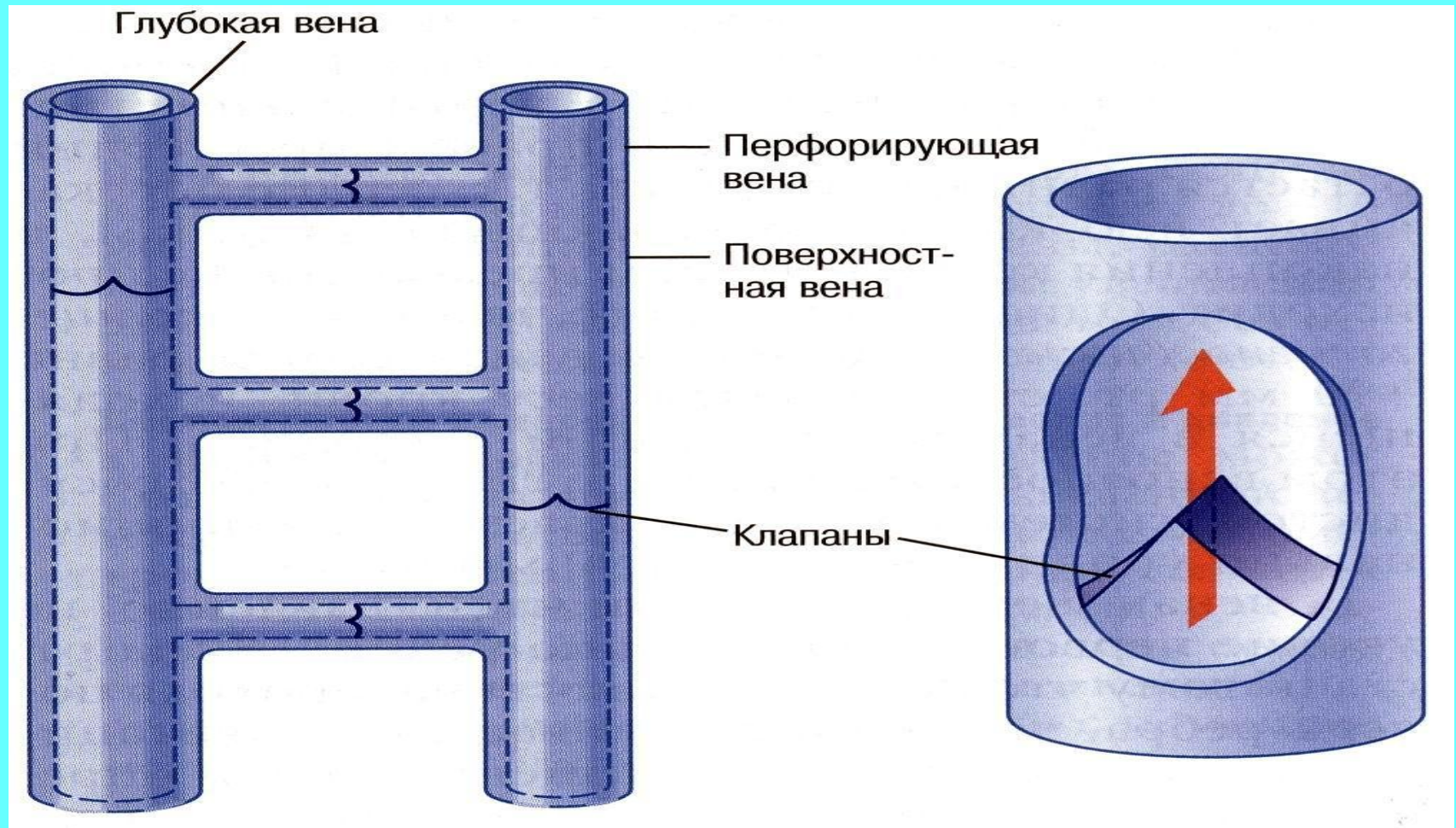
# 4. Мышечный насос:

СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ СДАВЛИВАЮТ ВЕНЫ И ПРОДВИГАЮТ КРОВЬ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ. Клапаны препятствуют обратному току крови.



# Клапаны вен создают однонаправленный ток крови – к сердцу.

Тонус ГМК обеспечивает состоятельность клапанов



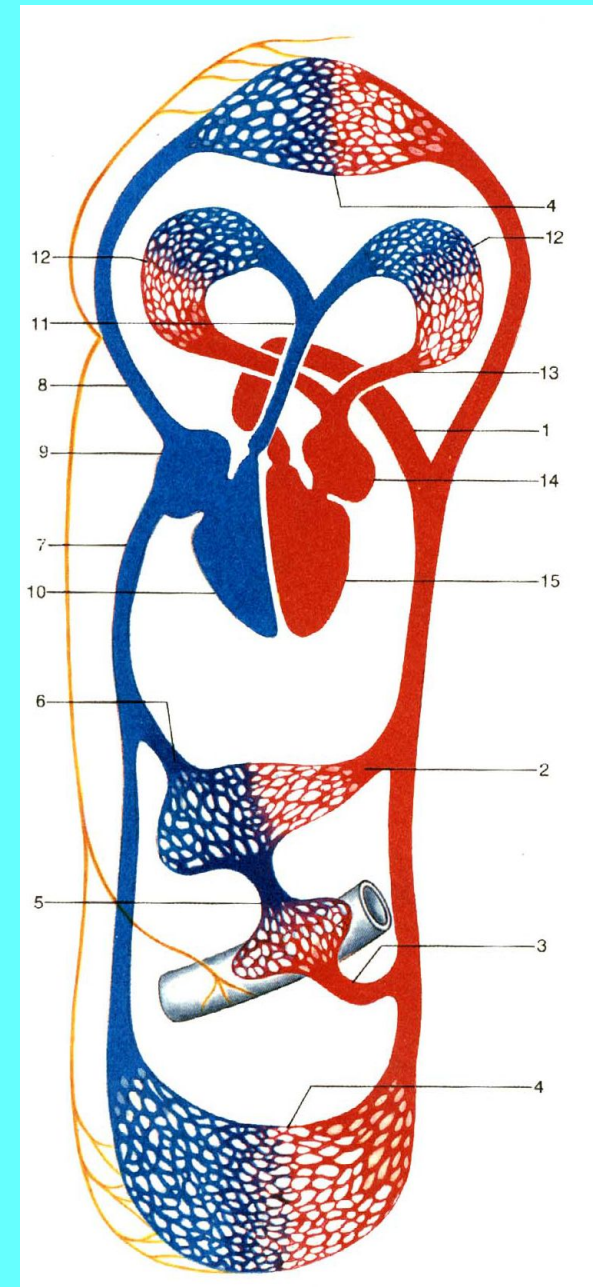


# Функции вен

□ Обеспечивают **отток крови** из капилляров органа и баланс жидкости в интерстиции и крови.

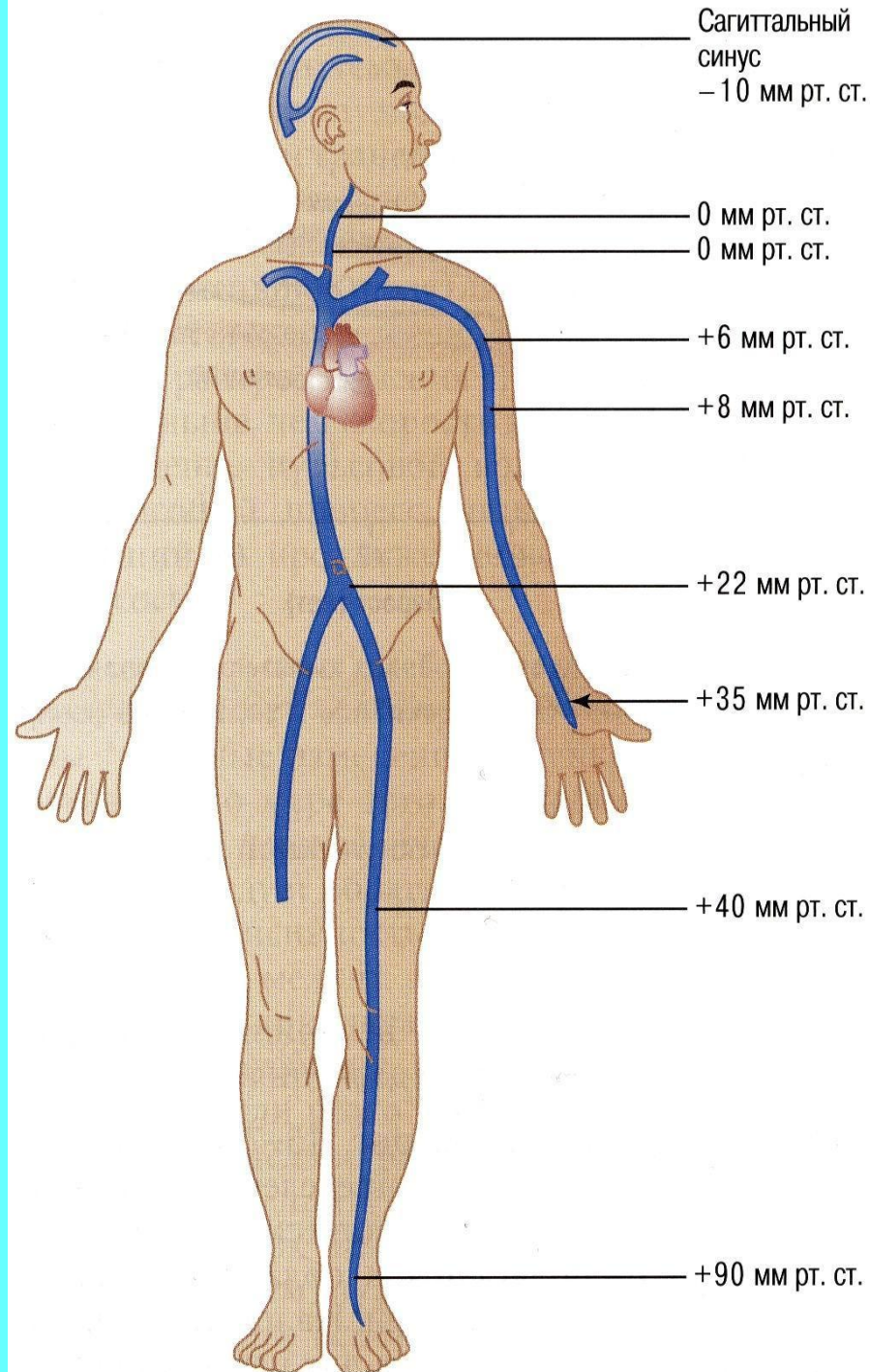
□ Регулируют **собственную емкость и возврат крови к сердцу**.

Уменьшение емкости вен добавляет к ОЦК до 1 л крови и позволяет сохранить кровоток при потере до 20% крови.



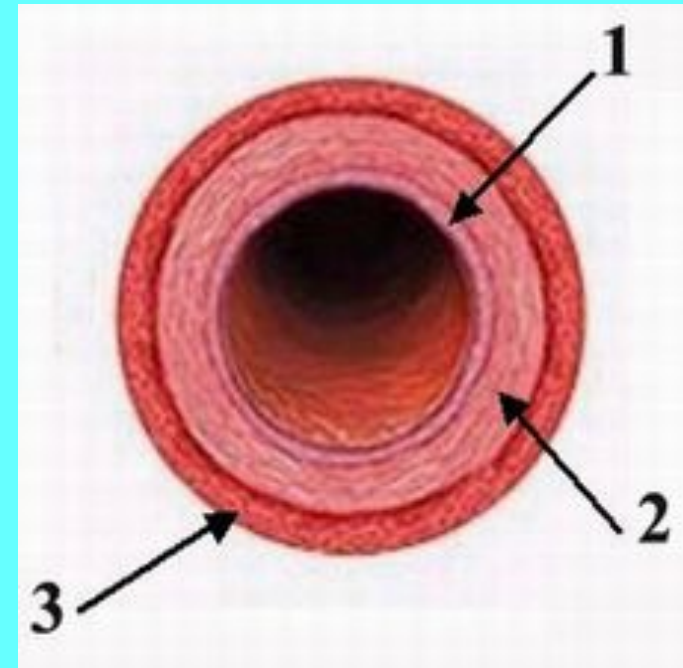
# Факторы, препятствующие венозному возврату:

- Вертикальное положение.
- Неподвижность.
- Сдавление вен.
- Снижение тонуса и недостаточность клапанов.
- Патология вен.



# Тонус сосуда:

- Регулирует **внутрисосудистое давление**: чем он больше, тем давление выше.
- Регулирует **объемную скорость кровотока**: чем тонус больше, тем она ниже.

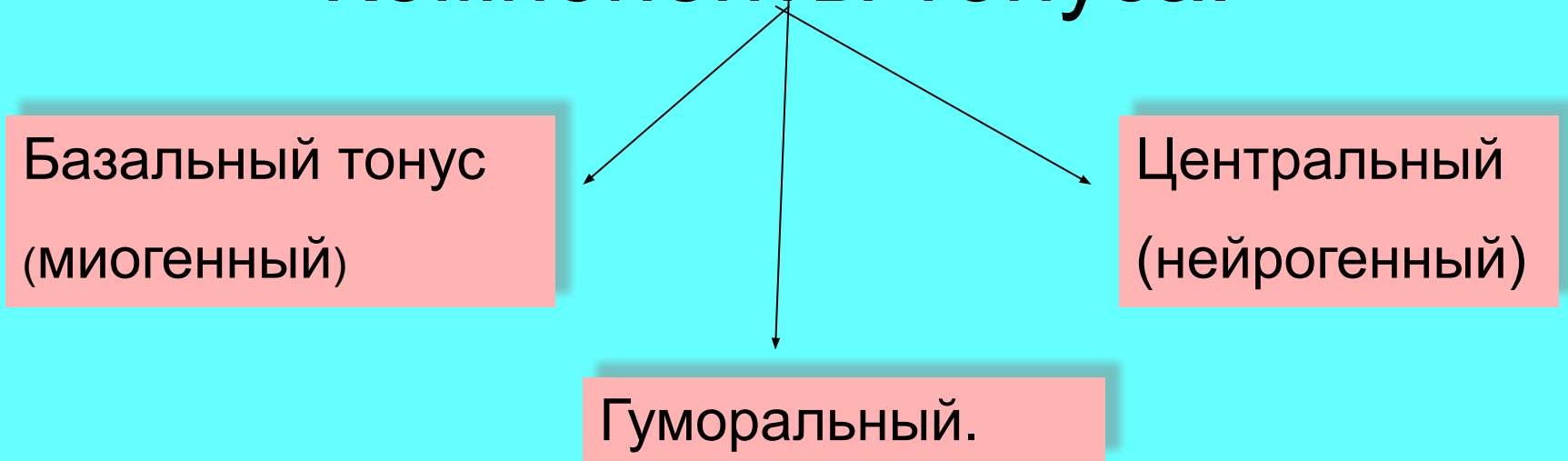


Регулирует распределение кровотока в организме в покое и при нагрузках.

# Тонус сосудов

**Тонус** – напряжение мышечного слоя стенки сосуда, создаваемое асинхронным сокращением ГМК, обладающих автоматией.

## Компоненты тонуса.





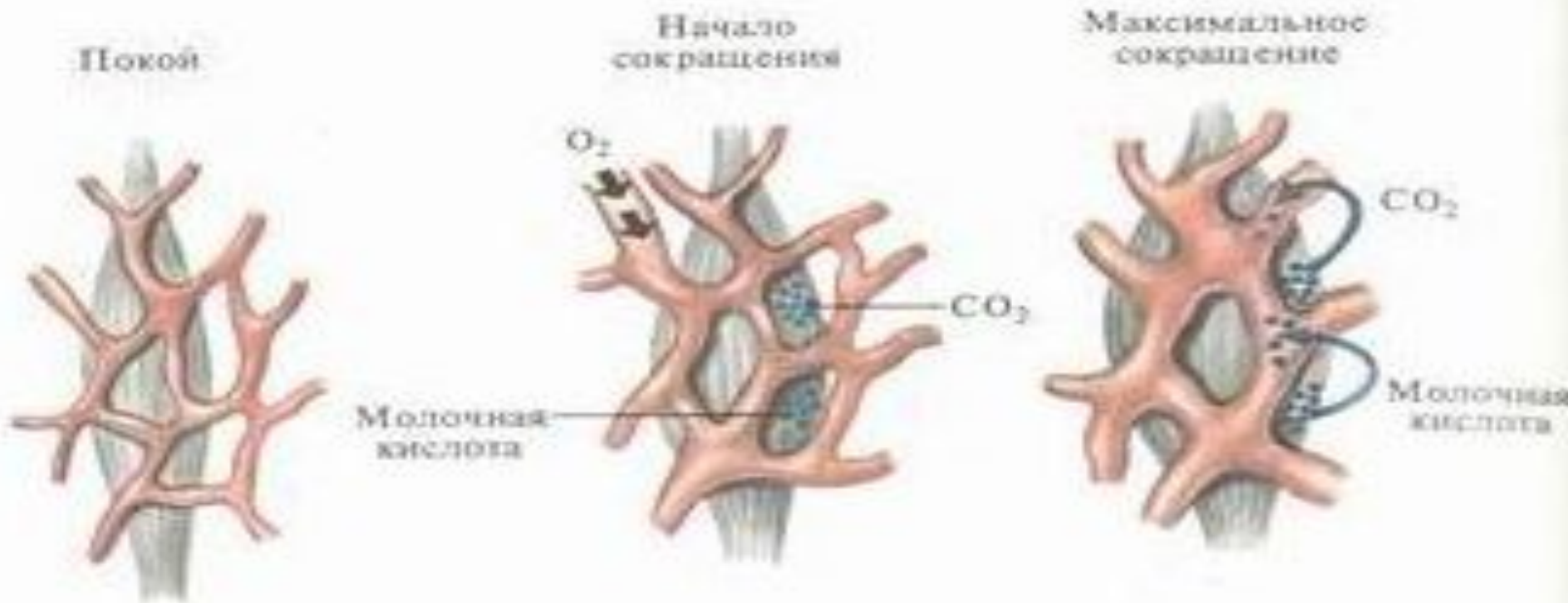


# Местные механизмы регуляции базального тонуса.

- **Миогенная ауторегуляция** базального тонуса (сосуды мозга, почек): **повышение АД** → растяжение стенки сосуда → активация механочувствительных каналов, вход  $Ca^{**}$  → сокращение ГМК сосудов → повышение тонуса – **сохранение данного уровня кровотока.**
- **Гипоксическая вазодилатация** (сосуды сердца) – снижение тонуса сосудов при снижении  $P_{O_2}$  в крови – увеличение кровотока.
- **Гипоксическая вазоконстрикция** (сосуды малого круга) – повышение тонуса сосудов при снижении вентиляции альвеол – снижение кровотока в данных альвеолах.
- **Метаболическая ауторегуляция**

**Метаболическая ауторегуляция** (сосуды мозга, скелетных мышц). Тонус сосудов снижается при  $\downarrow P_{O_2}$ ,  $\uparrow P_{CO_2}$ ,  $\uparrow H^+$ ,  $\uparrow C_3H_6O_3$ ,  $\uparrow t^\circ$ .

**При увеличении нагрузки кровотоки увеличиваются**



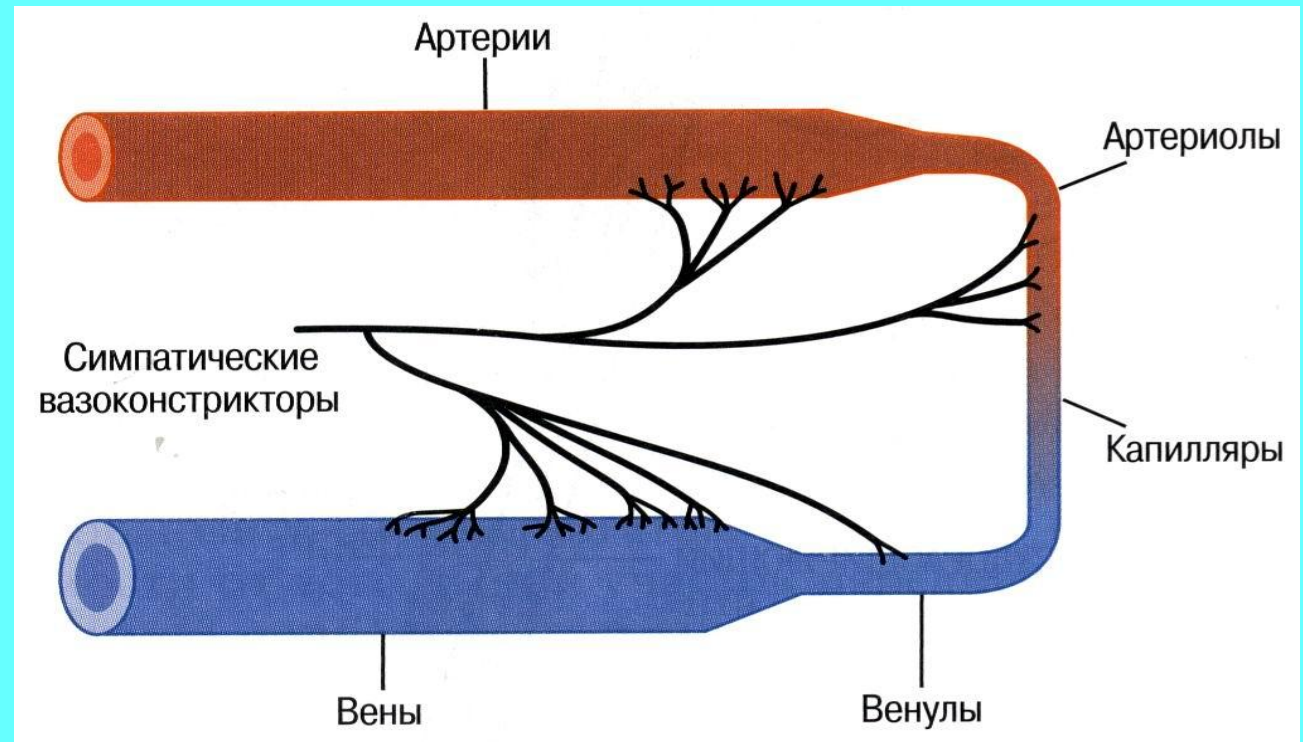
# Нейрогенный тонус –

повышение базального тонуса, поддерживаемое влиянием симпатических нервов. Медиатор – **НОРАДРЕНАЛИН** воздействует на **альфа-адренорецепторы** ГМК и вызывает их сокращение.

Тонус симпатических нервов регулируется тонусом **сосудодвигательного центра**.

Тонус артерий

Тонус вен



# Нейрогенная вазодилатация:

- Уменьшение тонуса симпатического нерва (и концентрации НА).
- Активация преимущественно бета-адренорецепторов (в сосудах сердца и мозга).
- Активация симпатических холинергических нервов (в скелетных мышцах).
- Активация парасимпатических нервов и выделение АХ (в сосудах слюнных желез, органов малого таза, половых органах).

# Гуморальная регуляция тонуса сосудов.

## Сосудосуживающие вещества:

- Адреналин, норадреналин;
- Вазопрессин
- Ангиотензин;
- Серотонин;
- Эндотелин – при раздражении и повреждении эндотелия.

### Типы рецепторов –

**А – на мембране ГМК – сокращение сосуда,**

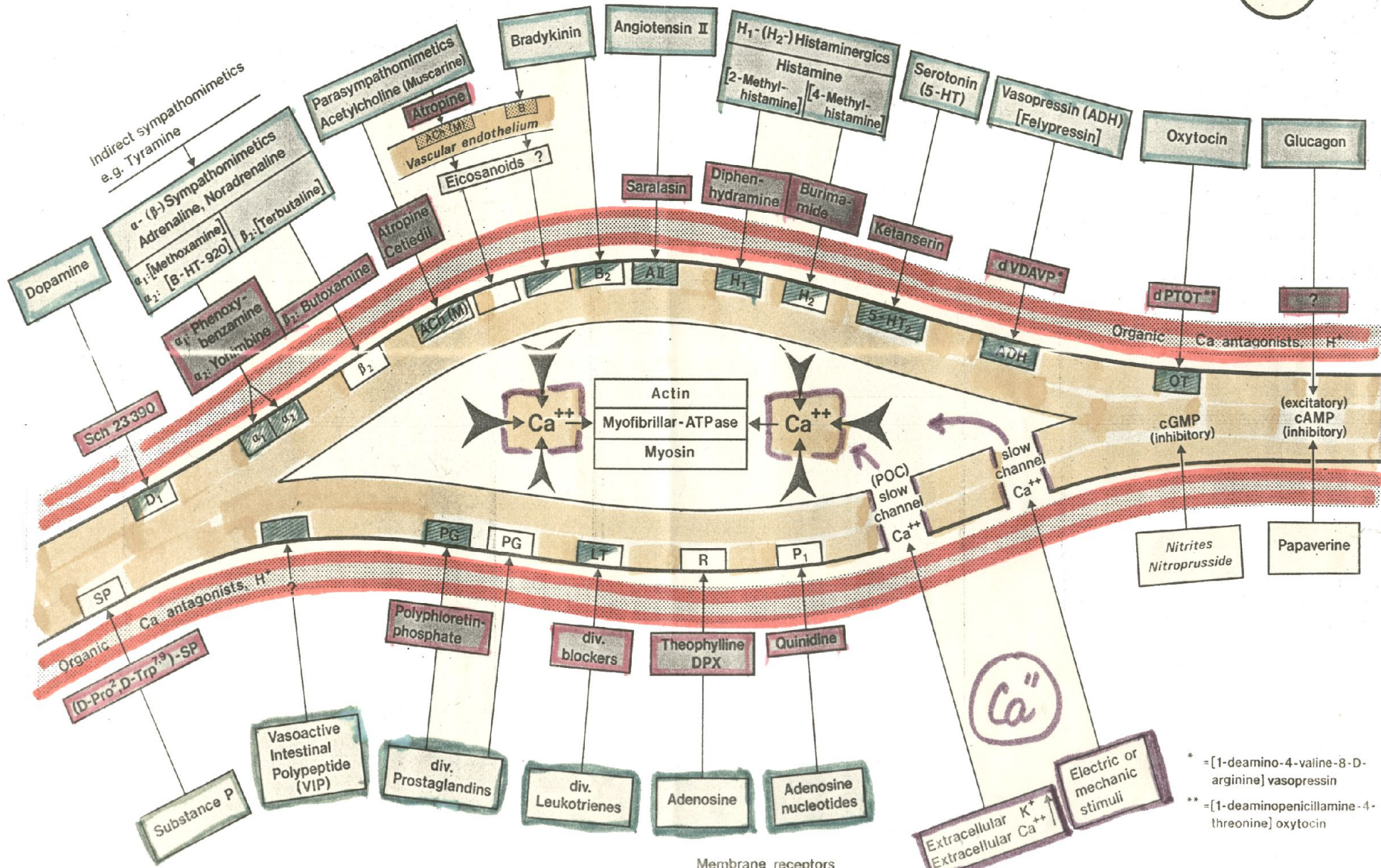
**В – на мембране эндотелия – выделение NO -  
расслабление сосуда.**



# **Сосудорасширяющие вещества**

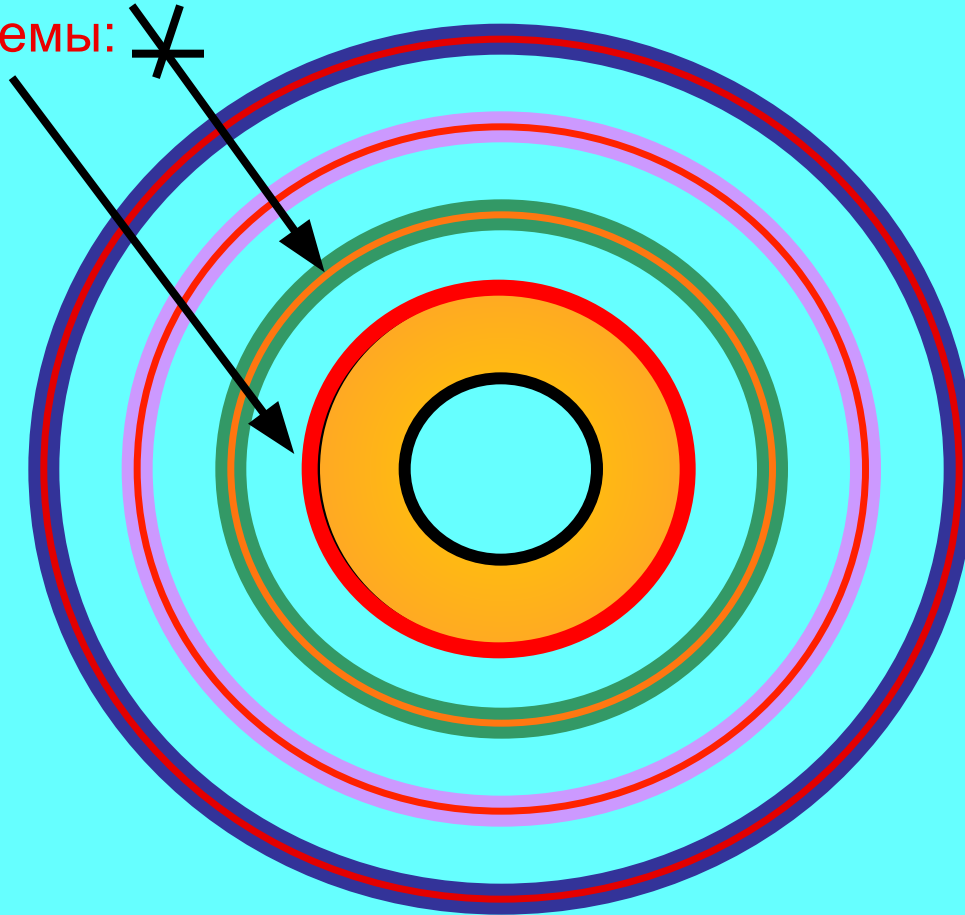
**Гистамин;  
Кинины (брадикинин; каллидин)  
Простагландины группы А;  
Атриопептид,  
АТФ, АДФ, АМФ, аденозин,  
Оксид азота (NO).Образуется при  
напряжении сдвига, гипоксии, воздействии  
CO<sub>2</sub>, АХ, гепарина и др.**

# Pharmacology of the Smooth Muscle Cell



# Тонус сосуда

Импulseзация  
симпатической  
нервной системы:  
Нейрогенный  
тонус



Просвет  
сосуда.

~~Максим.  
Сокращ.~~

Баз.  
тонус  
Макс.  
расшире  
н.

Чем выше тонус, тем меньше просвет и кровоток в органе.  
Чем выше тонус, тем выше общее периферическое сопротивление (ОПС)  
и тем выше системное АД.

# Патология сосудов

- Сердечно-сосудистые заболевания занимают 1 место по уровню смертности и инвалидизации населения.
- **Артерии:** спазм, облитерация, атеросклероз – ишемия, некроз ткани
- **Вены:** венозная недостаточность, варикозная болезнь, тромбофлебит, тромбоэмболия.
- **Капилляры:** повышение проницаемости при воспалении, аллергии – отеки. Повреждение эндотелия – тромбобразование.

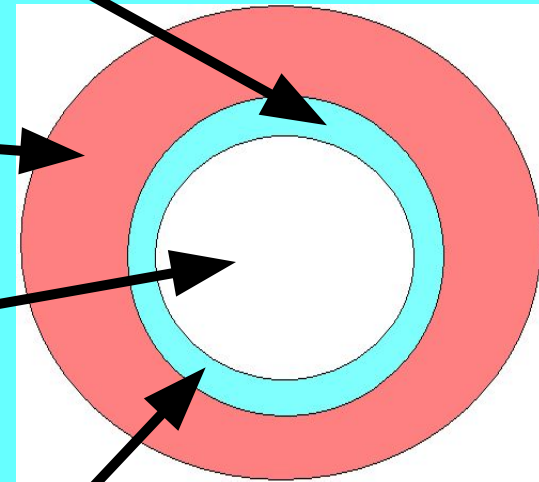
# Атеросклероз. Основные факторы:

Повреждение эндотелия, снижение его регуляторных функций.

Вазоконстрикция, повышение АД,  
тромбообразование.

Повышенное  
содержание в крови  
холестерина в форме  
ЛПНП.

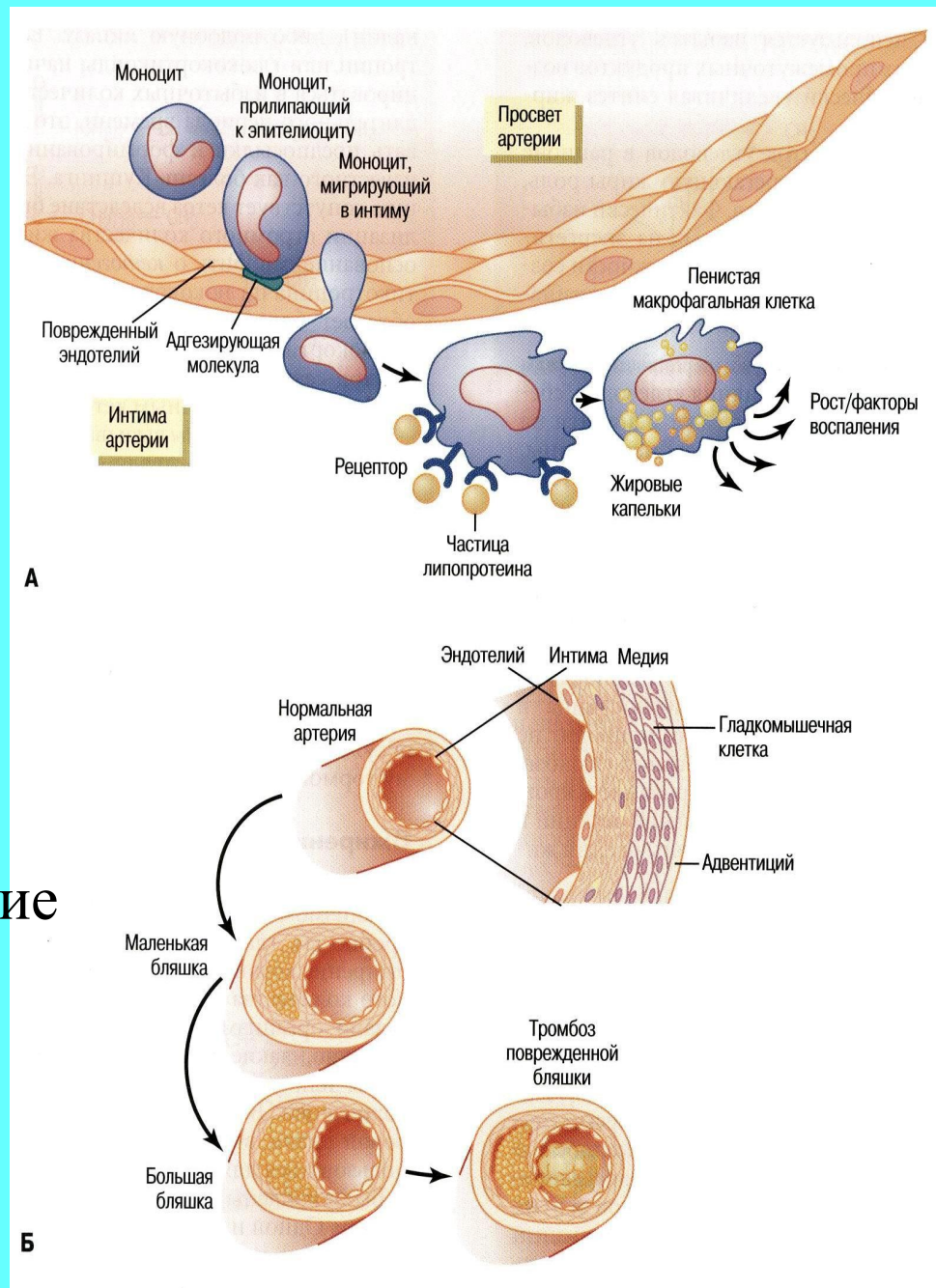
Образование атеросклеротической бляшки.  
Воспаление.  
Кальцификация.  
Тромбообразование.



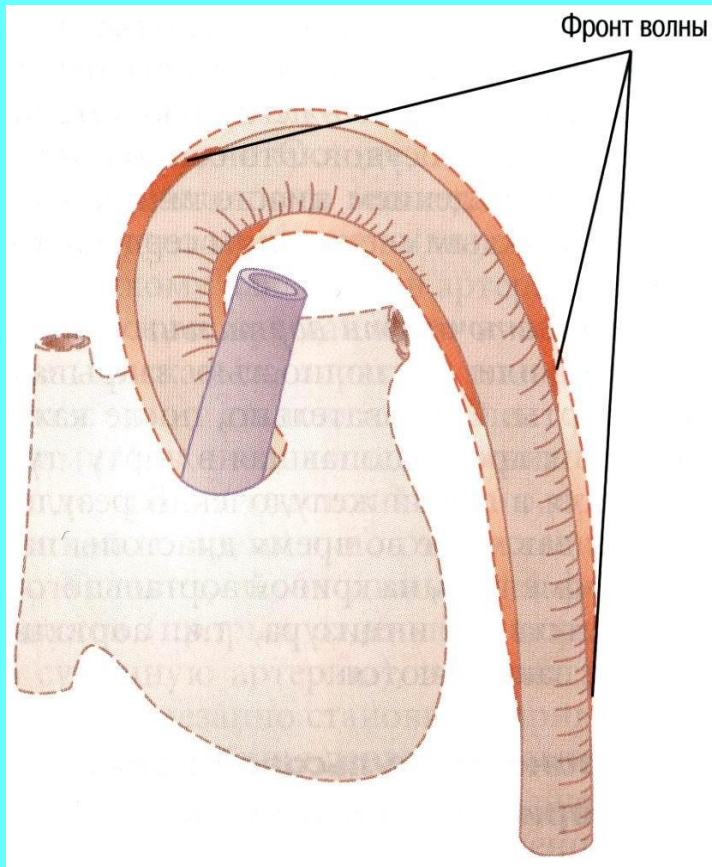


# Развитие атеросклеротической бляшки

Повреждение эндотелия.  
Адгезия моноцита.  
Миграция в интиму.  
Поглощение липопротеинов.  
Воспаление  
Разрастание бляшки.  
Накопление холестерина.  
Окклюзия сосуда, прекращение кровотока.  
Разрушение бляшки, тромбообразование.



# Повреждение аорты при атеросклерозе



1. Атеросклеротические бляшки.
2. Склероз (фиброз) стенки.  
Увеличение жесткости стенки.  
Утрата эластичности.
3. Кальцификация стенки .

## Риски:

Расслоение стенки и разрыв аорты.  
Травмирование форменных элементов  
Повышение свертываемости крови,  
тромбоз, эмболия сосудов.

# Классификации венозной патологии:



Хроническая венозная недостаточность (ХВН).

Встречается у 60-75% населения,

Характеризуется нарушением венозного оттока и повышением венозного давления.

Преимущественный возраст -50 лет и выше, однако, выявлена в 10-15% и у школьников 12-13 лет.

## Осложнения:

Варикозное расширение вен н.к.

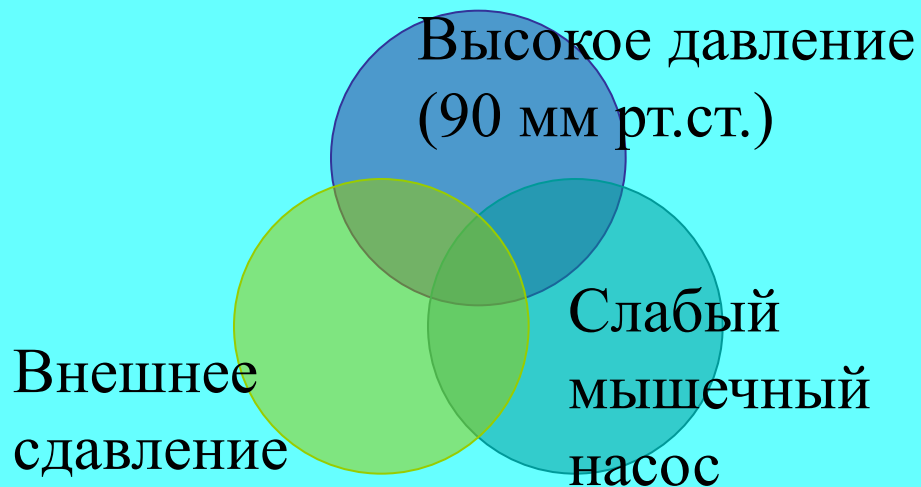
Тромбофлебит поверхностных вен.

Тромбоз глубоких вен.

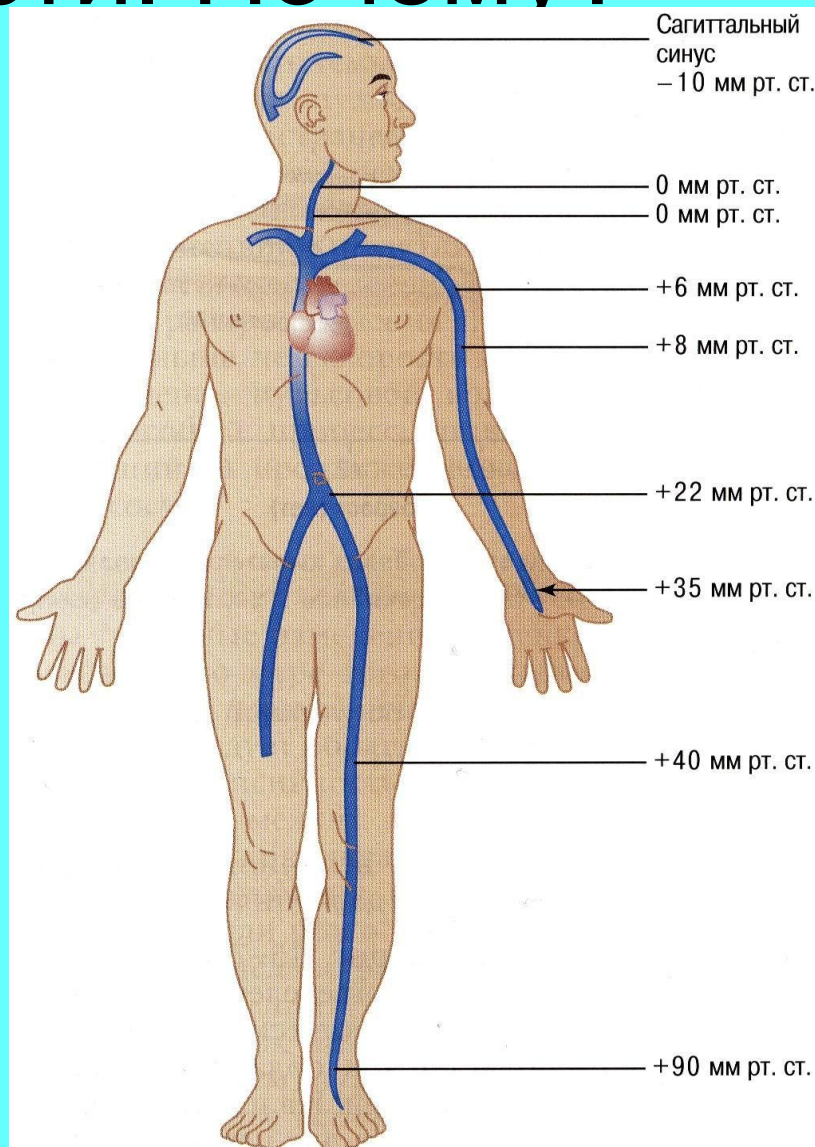
Тромбоэмболия легочных артерий.

# Преобладает патология вен нижней конечности. Почему?

Здесь факторы, препятствующие  
току крови, сочетаются:



Частое травмирование  
и воспаление





# Факторы риска, формирующие патологию вен.

- Наследственность: семейная предрасположенность.
- Эндокринный дисбаланс: беременность, применение гормональных контрацептивов и др.
- Механический фактор: длительное пребывание в вертикальном положении, связанное с профессией, тяжелые нагрузки.
- Избыточный вес.
- Ограничение подвижности: постельный режим, гипс
- Сдавление вен: беременность, тесная одежда и т.д.
- Длительное пребывание в положении сидя: путешествие в автобусе или самолете, работа за компьютером и т.д.
- Травмы, инфекция, интоксикация, фармакотерапия (блокаторы кальциевых каналов, нестероидные противовоспалительные препараты и др.)



A dramatic sunset over a mountain range. The sun is low on the horizon, casting a warm orange glow across the sky. The sky is filled with layers of clouds, some dark and some illuminated by the setting sun. The foreground shows the dark silhouettes of mountain peaks and ridges. In the distance, a body of water is visible under a hazy sky.

**Благодарю за внимание**



# Структура и функция сосудов

	Mean diameter	Mean wall thickness	Endothelium	Elastic tissue	Smooth muscl	Fibrous tissue	
Artery	4.0 mm	1.0 mm					
Arteriole	30.0 μm	6.0 μm					
Capillary	8.0 μm	0.5 μm					
Venule	20.0 μm	1.0 μm					
Vein	5.0 mm	0.5 mm					

Наиболее развит мышечный слой: он поддерживает тонус сосуда и регулирует его просвет.



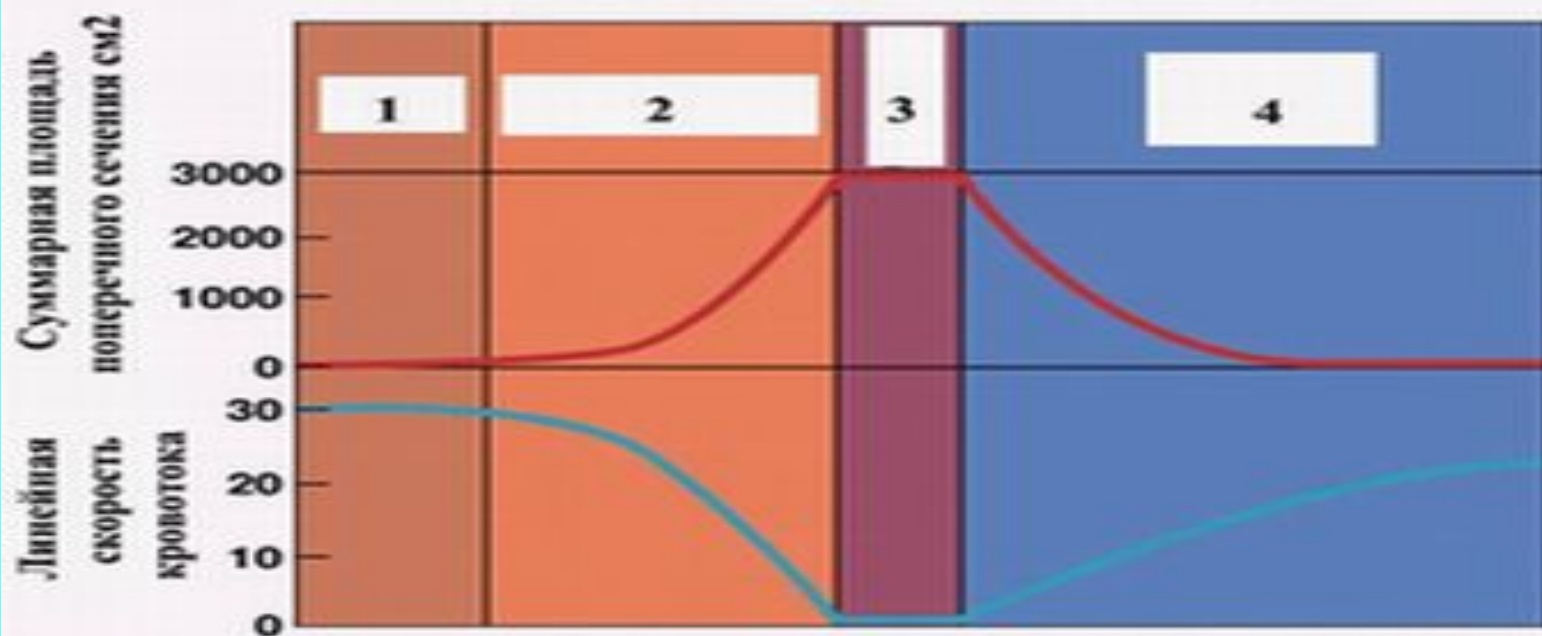
Только эндотелий, он обеспечивает высокую проницаемость стенки.



Хорошо развит мышечный слой: Он поддерживает тонус сосуда и регулирует его емкость и венозный возврат крови к сердцу.



## Системная гемодинамика















# Схема системы кровообращения человека

## БОЛЬШОЙ КРУГ

**Начало:** левый желудочек - аорта

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

**Конец:** полые вены - правое предсердие

## МАЛЫЙ КРУГ

**Начало:** правый желудочек - легочной ствол

**Состав:** артерии, капилляры, вены легких

**Конец:** легочные вены - левое предсердие

