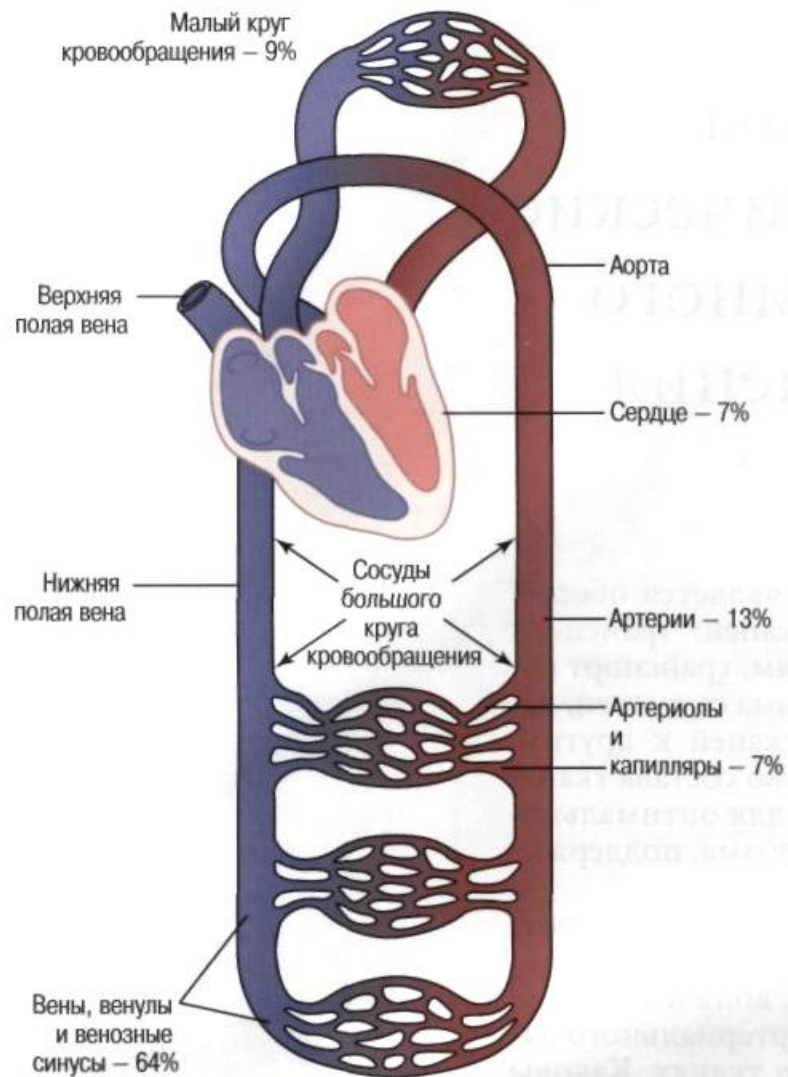


# **Системное кровообращение**



Распределение крови (% общего объема) в различных отделах сердечно-сосудистой системы

# **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОТДЕЛЫ СИСТЕМЫ КРОВОБРАЩЕНИЯ**

## **Сердце**

- генератор давления и расхода

## **Артерии**

- сосуды котла или высокого давления
- сосуды стабилизаторы давления

## **Артериолы**

- распределители капиллярного кровотока

## **Капилляры**

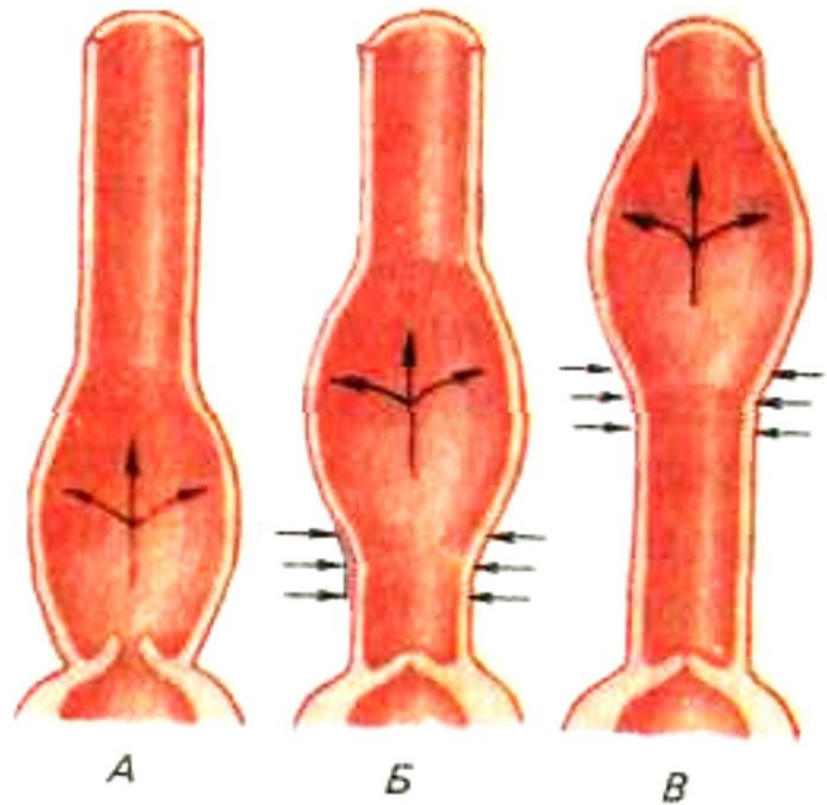
- обменные сосуды

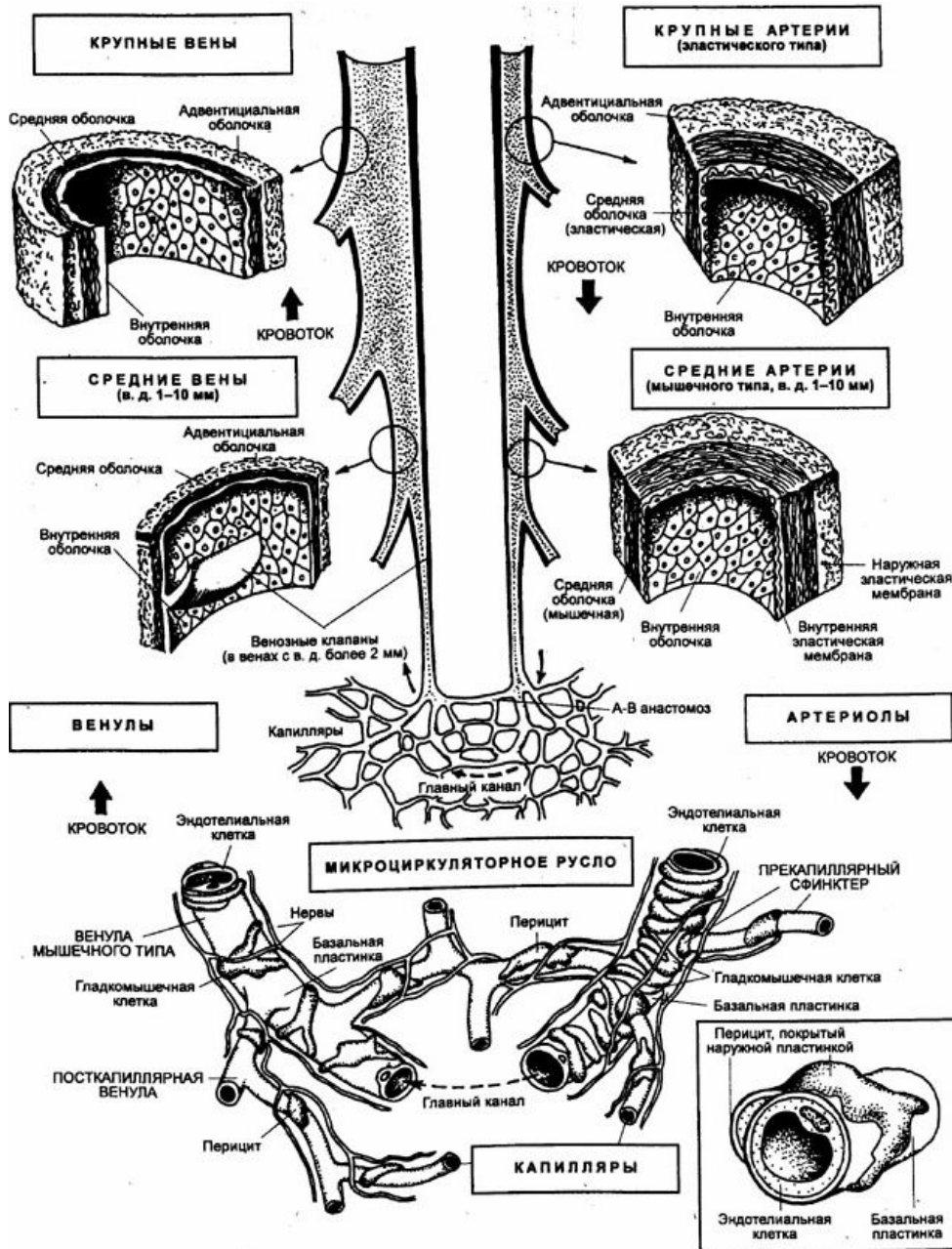
## **Вены**

- аккумулярующие сосуды
- сосуды венозного возврата крови
- шунтирующие сосуды

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ СОСУДОВ:

- **Амортизирующие сосуды, сосуды компрессионной камеры** (артерии эластического типа такие, как аорта, легочная артерия и большие артерии).
- **Резистивные сосуды** (концевые артерии, артериолы и в меньшей степени капилляры и венулы).
- **Сосуды-сфинктеры.** От сужения или расширения сфинктеров – последних отделов прекапиллярных артериол – зависит число функционирующих капилляров.
- **Обменные сосуды** (капилляры).
- **Емкостные сосуды** (вены).
- **Шунтирующие сосуды** – это артерио-венозные анастомозы





## Основные структуры, сосудистой системы млекопитающих

Кровь поступает из крупных артерий в крупные вены через микроциркуляторные русла;

в. д. — внутренний диаметр;

А—В — артерио—венозный.

# Физиологические факторы, определяющие движение крови по сосудам



Взаимосвязь между давлением, сопротивлением и объемным кровотоком

Движущей силой кровотока служит разность давлений между различными отделами сосудистого русла.

Разность давлений обеспечивается:

- .. **Работой сердца,**
- ). **Эластичностью сосудов компрессионной камеры,**
- }. **Работой скелетных мышц (мышечный насос).**

# **Гемодинамика – наука о закономерностях движения крови по сосудам**

- **Системная гемодинамика – изучает движение крови в сердце и магистральных сосудах**
- **Региональная или органная гемодинамика - изучает кровоснабжение органов**
- **Микроциркуляция или тканевая гемодинамика - изучает кровоснабжение тканей, движение крови в мельчайших сосудах**

# Объёмная и линейная скорость движения крови

**За единицу времени через артерии, капилляры и вены протекает одно и то же количество крови в минуту.**

**ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА -  $V$**  в сосудах каждого отдела кровеносного русла обратно пропорциональна площади поперечного сечения этого отдела. Она выражается в см/с.

$$v=Q / \pi r^2$$

**ОБЪЕМНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА -  $Q$**  отражает кровоснабжение того или иного органа и измеряется в мл/с.

$$Q = v\pi r^2$$

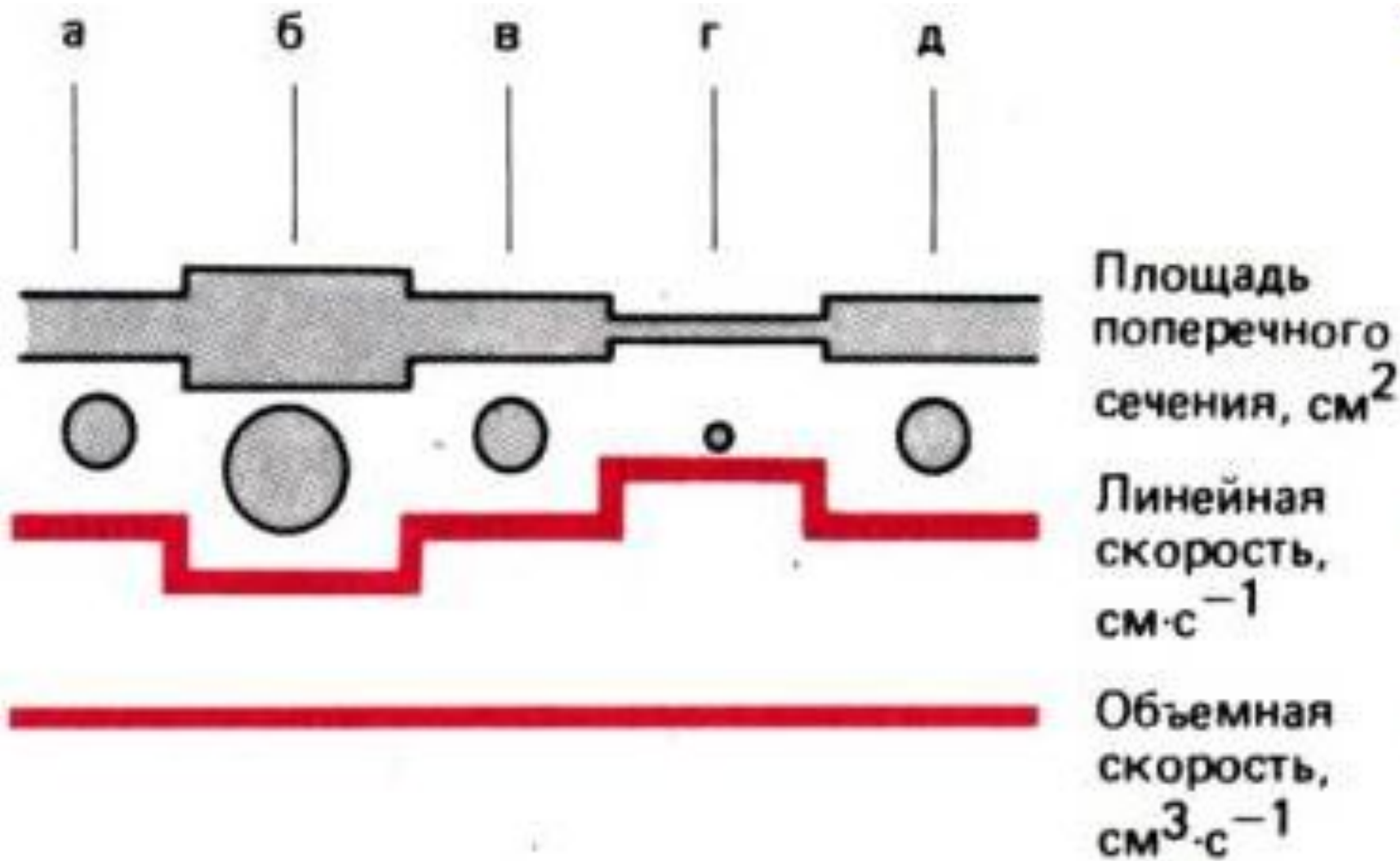
Объёмная скорость кровотока кроме того выражает взаимосвязь давления и сопротивления:

$$Q= P1-P2/R$$

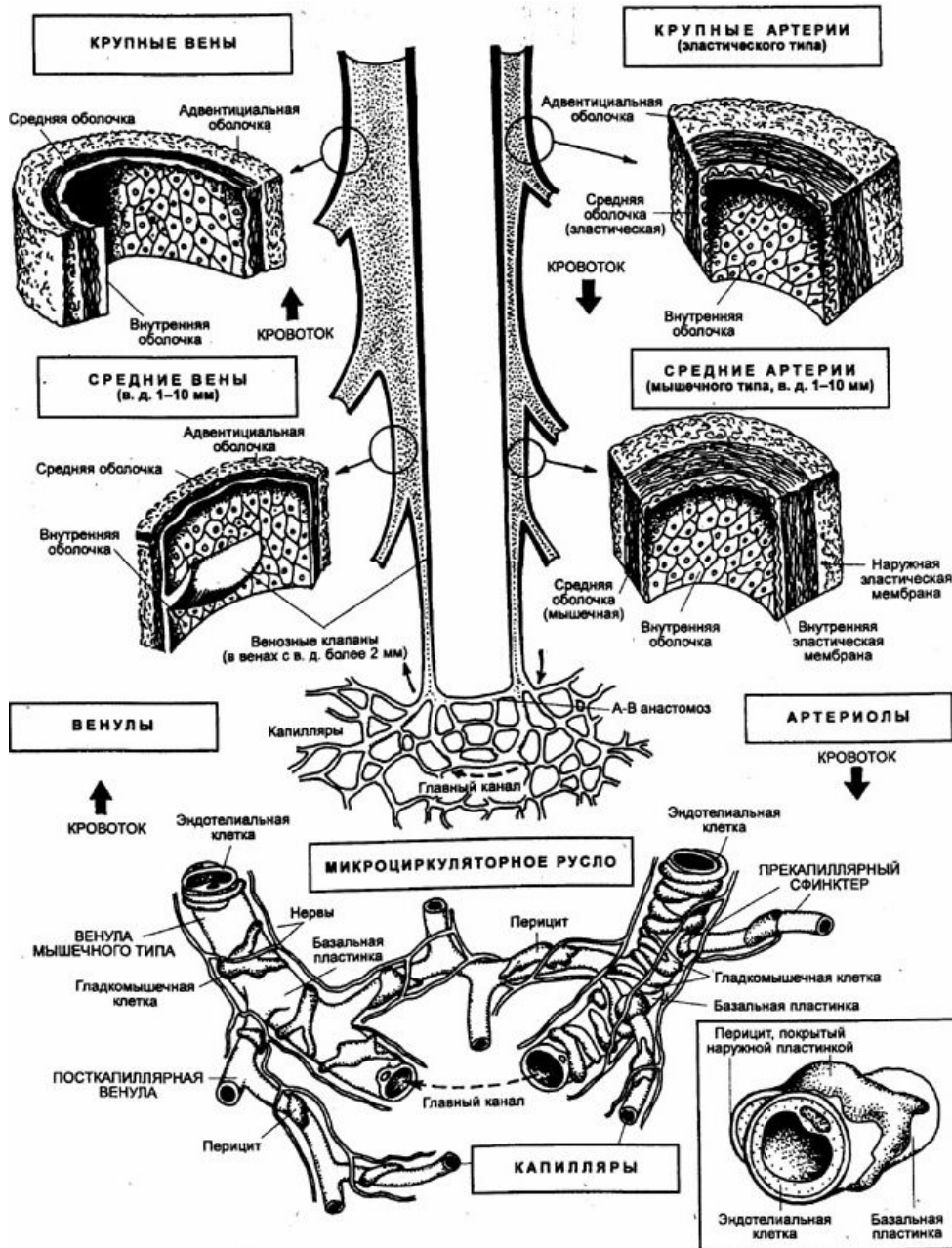
где  $P1-P2$  - разность среднего давления в артериальной и венозной частях,

$R$  - гидродинамическое сопротивление.





**Изменения линейной скорости кровотока и объемная скорость кровотока в последовательно соединенных трубках разного сечения**



## Линейная скорость кровотока

- в аорте составляет 50—70 см/с,
- в артериях — от 40 до 10 см/с
- в артериолах — 10—0,1 см/с
- в капиллярах — меньше 0,1 см/с
- в венулах — меньше 0,3 см/с
- в венах — 0,3—5,0 см/с
- в полой вене — 5—20 см/с.

# **ПЕРИФЕРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КРОВОТОКУ**

**Складывается из следующих  
составляющих:**

1. Тонус резистивных сосудов,
2. Вязкость крови (зависит от: концентрации форменных элементов, агрегации эритроцитов, активности системы гемостаза, типа течения крови по сосуду),
3. Гидростатического давления,
4. Силы, действующие на сосуды снаружи.

# СОСУДИСТОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Формула Пуазейля:

$$R = 8L\eta / \pi r^2$$

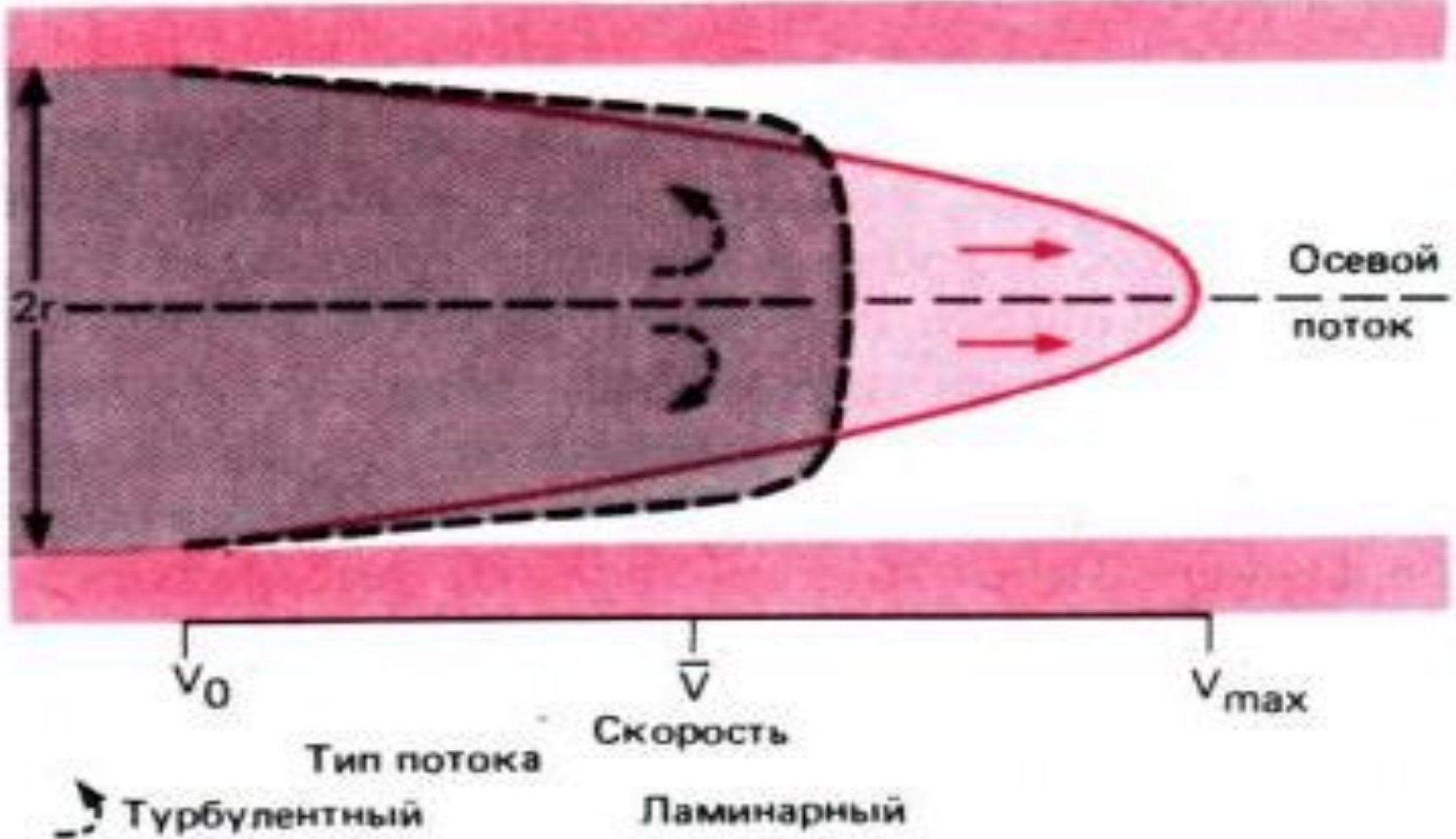
где  $R$  — сопротивление трубки,  
 $\eta$  — вязкость протекающей жидкости,  
 $L$  — длина трубки,  
 $r$  — радиус трубки.

В реальных условиях рассчитать величину сосудистого сопротивления трудно. Поэтому его принято определять как частное от деления **кровяного давления  $P$  на объемную скорость кровотока  $Q$ :**

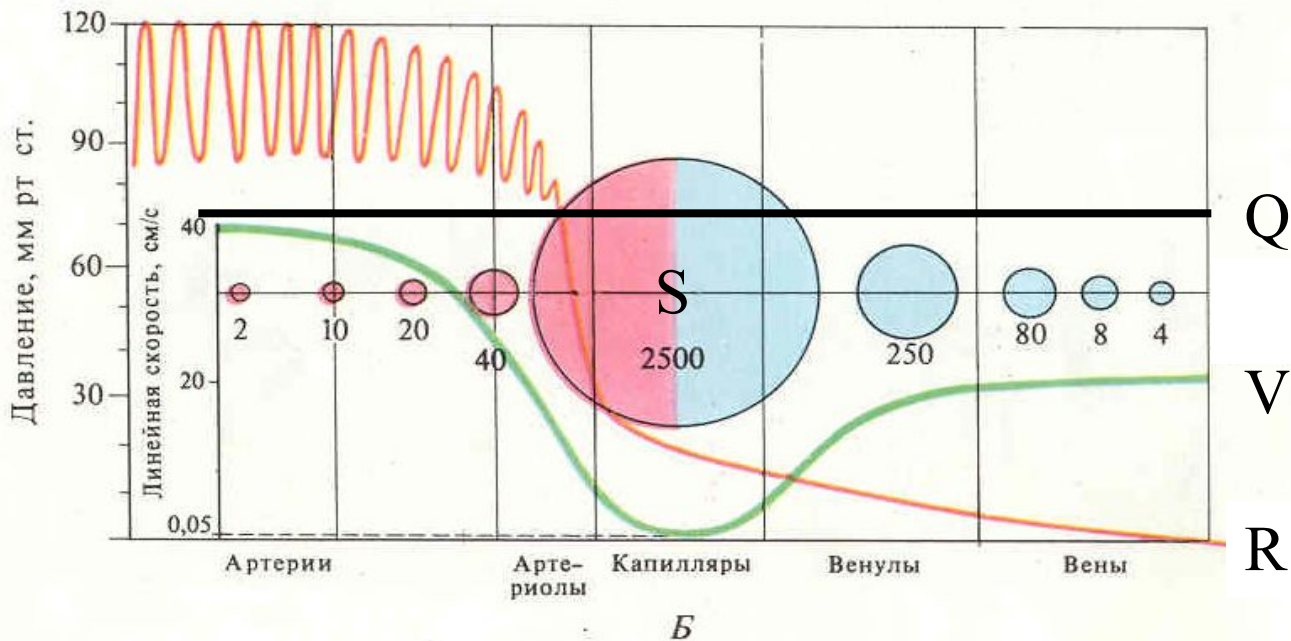
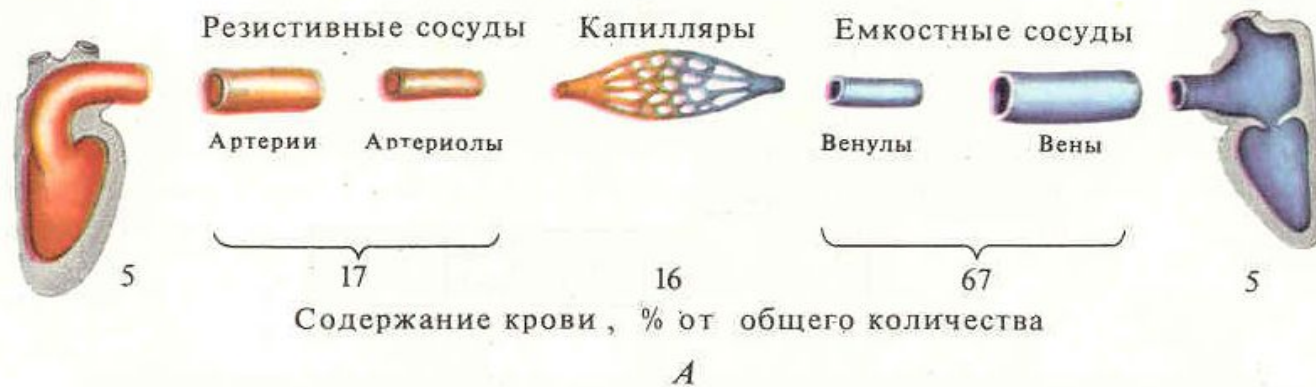
$$R = P/Q$$

**2 типа движения жидкости в сосудах:  
ламинарный поток или турбулентный поток.**

При турбулентном течении как скорость осевого потока, так и средняя скорость ниже, чем при ламинарном (увеличение внутреннего трения жидкости)



# Показатели гемодинамики в разных отделах сосудистого русла



# Методы исследования показателей гемодинамики

- **Сфигмография** - запись артериального пульса и определение скорости распространения пульсовой волны.
- **Плетизмография** - метод исследования сосудистого тонуса и кровотока в сосудах мелкого калибра, основанный на графической регистрации пульсовых и более медленных колебаний объема какой-либо части тела, связанных с динамикой кровенаполнения сосудов.
- **Реография** - метод исследования пульсовых колебаний кровенаполнения сосудов различных органов и тканей, основанный на графической регистрации изменений полного электрического сопротивления тканей.
- **Регистрация артериального давления.**

# Артериальное давление

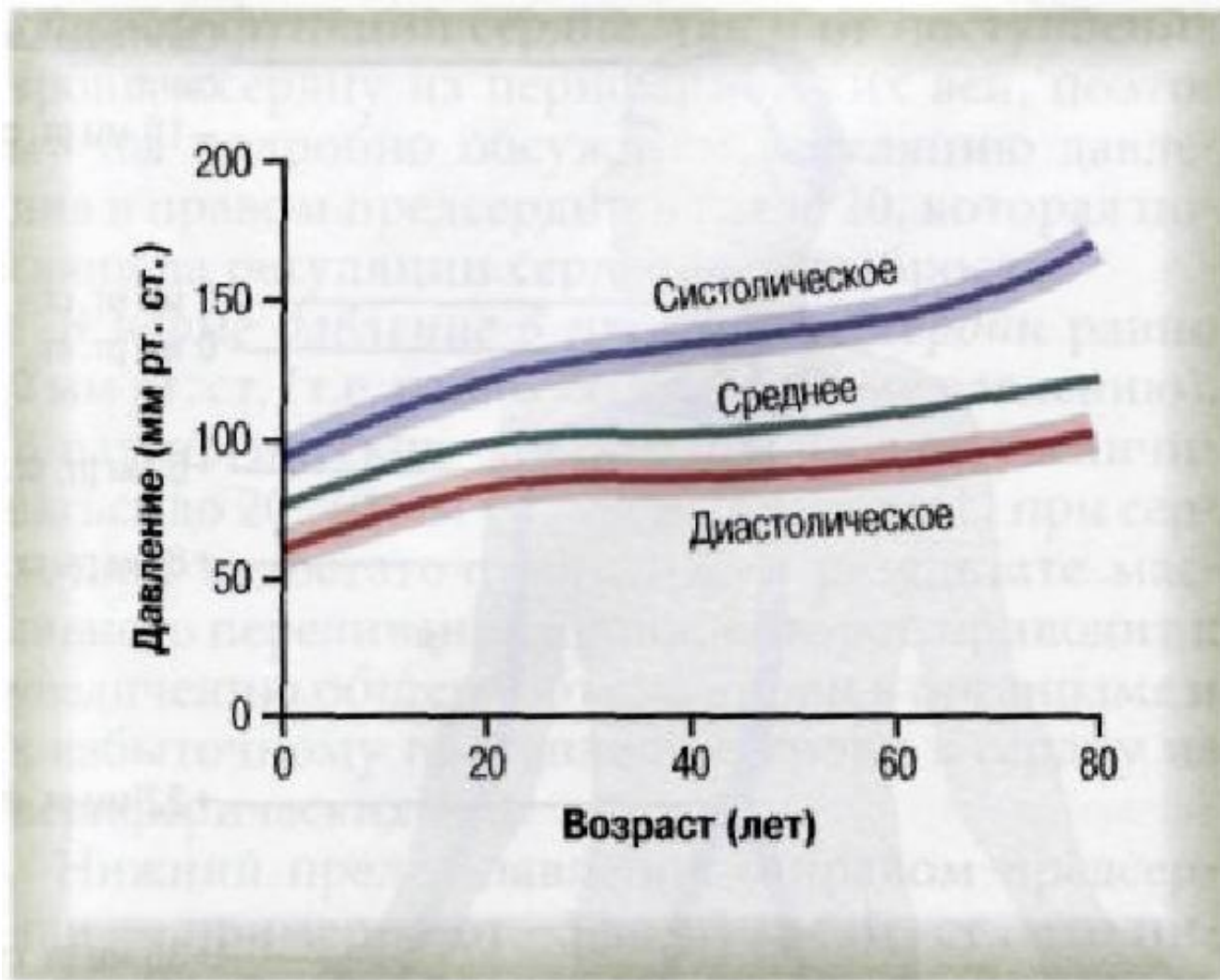
## Методы исследования АД у человека

- Метод Рива-Роччи
- Метод Короткова
- Артериальная осциллография

## Виды артериального давления.

- Систолическое АД (САД)
- Диастолическое АД (ДАД)
- Пульсовое АД (ПАД) = САД-ДАД
- Среднее АД ( АД<sub>ср</sub>) = ДАД + 1/3 ПАД

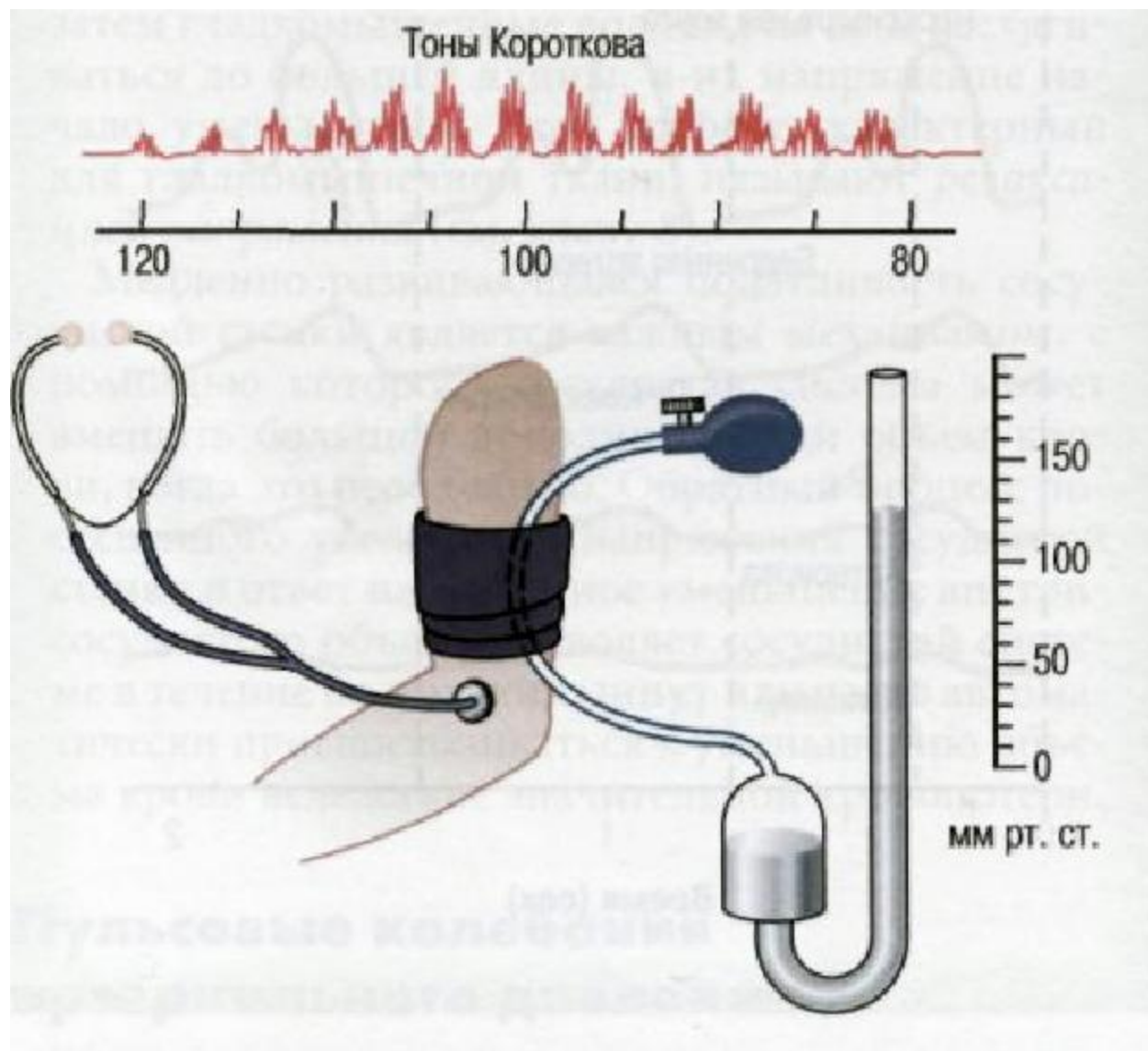




Изменение систолического, диастолического и среднего артериального давления с возрастом

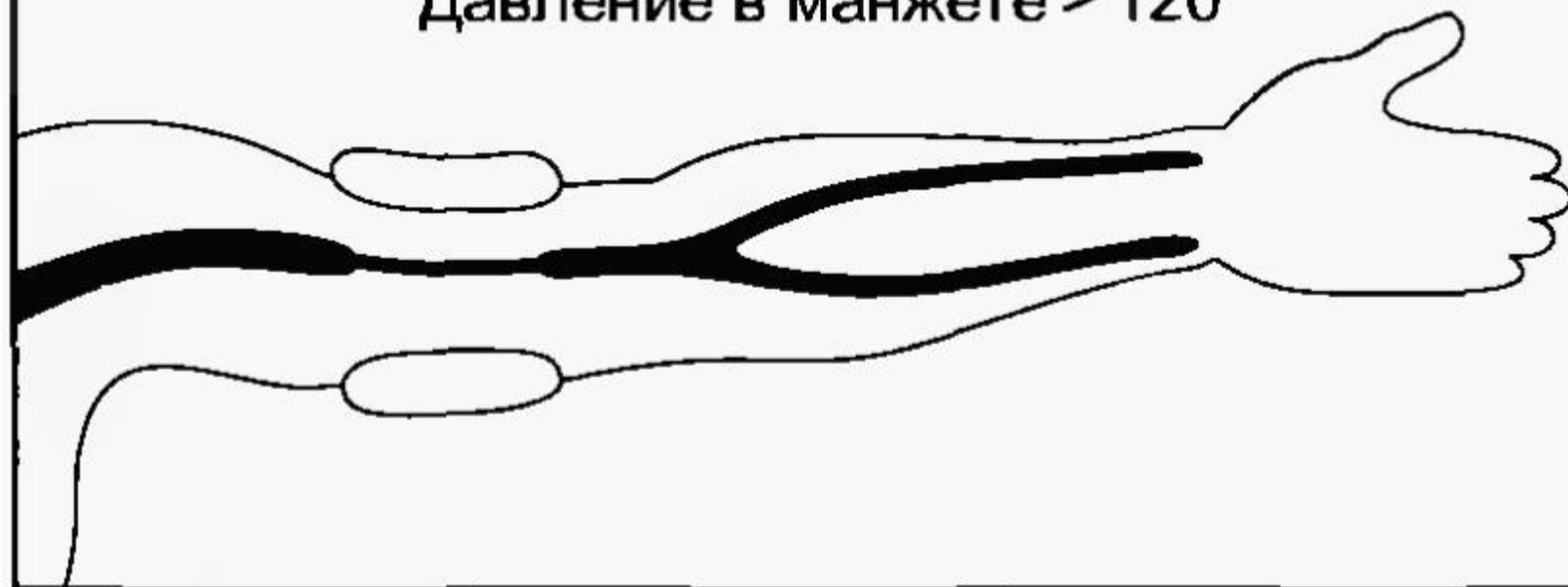
# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ АД

- **Возраст.** У здоровых людей величина систолического АД увеличивается от 115 мм рт.ст. в возрасте 15 лет до 140 мм. рт.ст. в возрасте 65 лет, т.е. увеличение АД происходит со скоростью около 0,5 мм рт.ст. в год. Диастолическое АД возрастает от 70 мм рт.ст. в возрасте 15 лет до 90 мм рт.ст., т.е. со скоростью около 0,4 мм рт.ст. в год.
- **Пол.** У женщин систолическое и диастолическое АД ниже между 40 и 50 годами, но выше в возрасте от 50 лет и более.
- **Масса тела.** Систолическое и диастолическое АД непосредственно коррелируют с массой тела человека — чем больше масса тела, тем выше АД.
- **Положение тела.** Когда человек встаёт, то сила тяжести изменяет венозный возврат, уменьшая сердечный выброс и АД. Компенсаторно увеличивается ЧСС, вызывая повышение систолического и диастолического АД и общего периферического сопротивления.
- **Мышечная деятельность.** АД повышается во время работы. Систолическое АД увеличивается за счёт усиления сокращений сердца. Диастолическое АД вначале понижается за счёт расширения сосудов работающих мышц, а затем интенсивная работа сердца приводит к повышению диастолического АД.
- **Сила тяжести и положение тела**



Аускультативный метод измерения систолического и диастолического артериального давления

Давление в манжете > 120

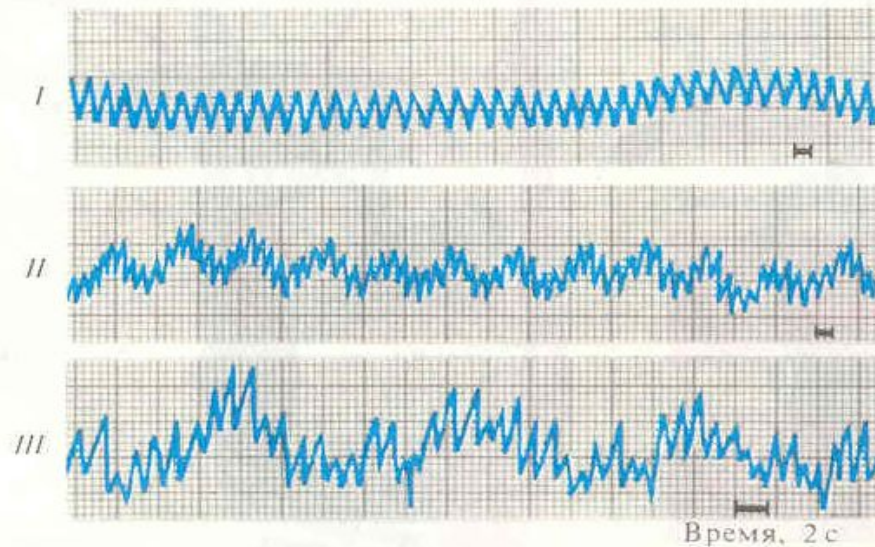
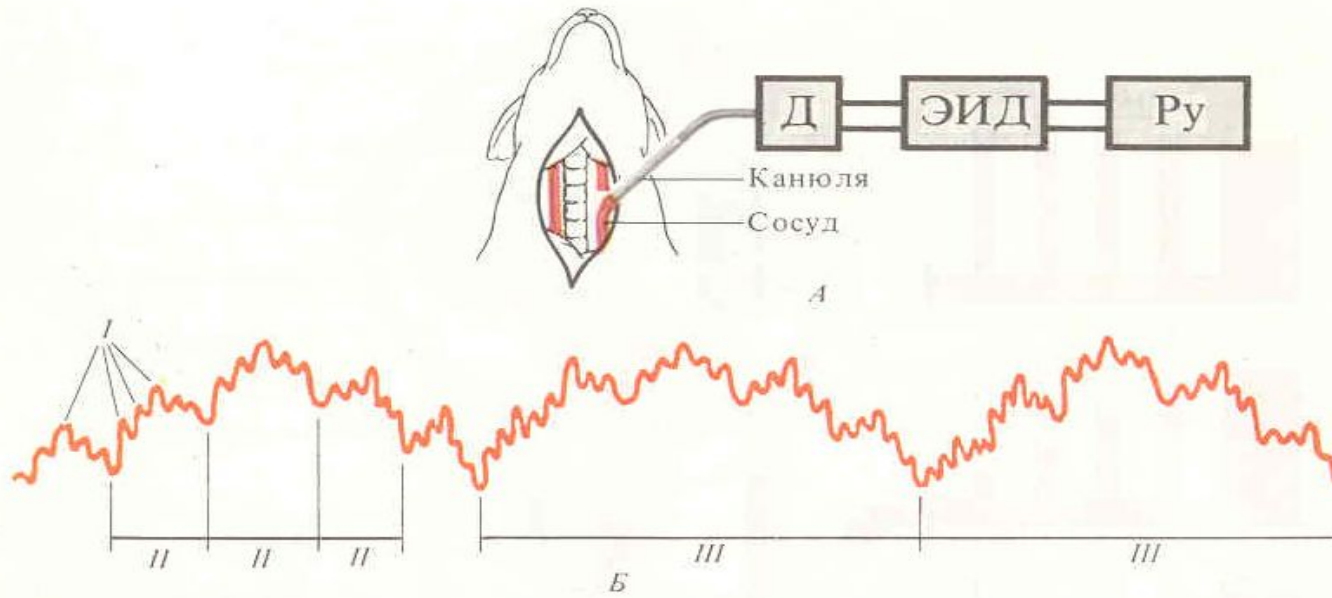


Когда давление в манжете превосходит систолическое артериальное давление (120 мм рт. ст.), кровь не поступает через участок артерии под манжетой и никаких звуков нельзя услышать с помощью фонендоскопа, расположенного на руке ниже манжеты



Когда давление в манжете опускается ниже диастолического артериального давления, артериальный кровоток под ней становится непрерывным и никаких звуков не слышно. Когда давление в манжете принимает значение между 120 и 80 мм рт. ст., порции крови при каждом сокращении сердца проходят через участок артерии, лежащий под манжетой, и с помощью фонендоскопа прослушиваются тоны Короткова

# Регистрация АД в остром опыте



# Особенности венозного кровотока

**Вены –сосуды низкого давления.**

**Морфологические особенности вен:**

- меньшей массой гладкомышечной ткани сосудистой стенки ( циркуляторный слой выражен слабее, чем продольный),
- отсутствием округлой формы сечения и способностью к спадению ( коллапс ) при низкой величине венозного давления,
- сильной зависимостью упругости от растяжения,
- большей зависимостью диаметра от давления,
- наличием клапанов, препятствующих обратному току крови.

# Функции вен

- отводят кровь от органов и тканей,
- депонируют до 70% крови для дальнейшего ее использования,
- регулируют венозный возврат к сердцу и артериальное давление,
- регулируют транскапиллярный обмен путем изменения соотношения пре- и посткапиллярного давления,
- участвуют в обмене с окружающими тканями,
- выполняют функцию обширной рефлексогенной зоны,
- участвуют в реализации иммунного контроля.

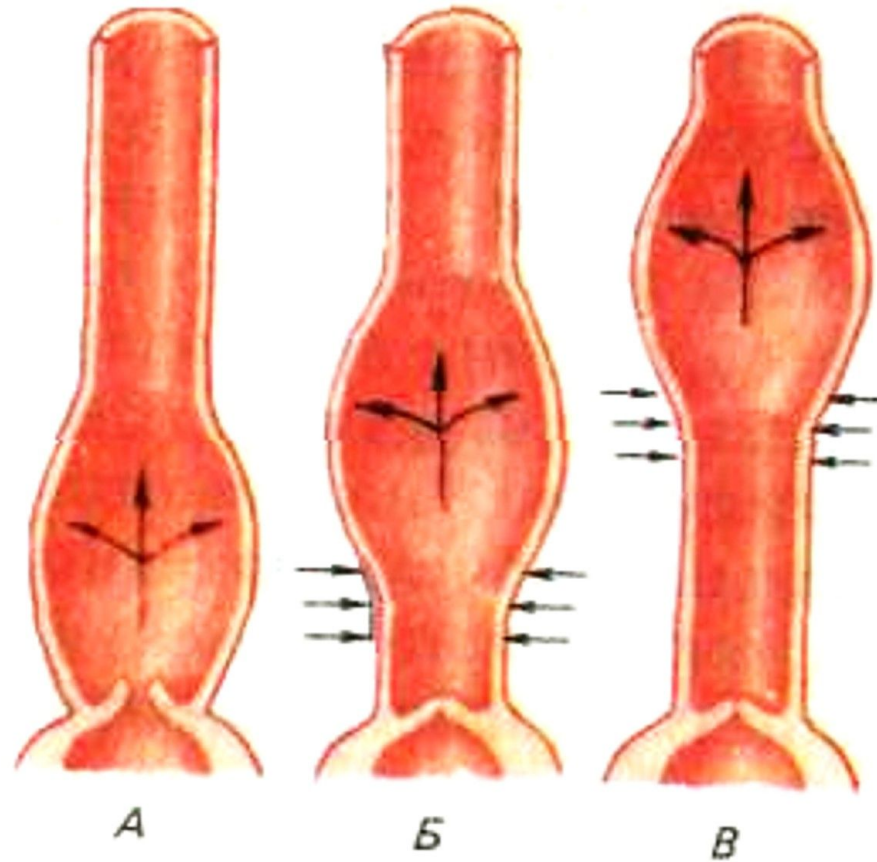


## **Вспомогательные факторы движения крови по венам:**

- наличие клапанов препятствует обратному току крови,
- динамические сокращения скелетных мышц способствуют проталкиванию крови по венам,
- присасывающее действие грудной клетки,
- присасывающее действие сердца ( эффект смещения атривентрикулярной перегородки в систолу желудочков ),
- ритмические сокращения самих вен.

# Понятие о пульсе

- **Пульс – колебание стенки сосуда, синхронное с ритмом сердца.**
- Пульсовая волна возникает в аорте в результате удара крови в ее стенку при систоле и движется по стенке сосуда до капилляров.



### **Механизм возникновения артериального пульса**

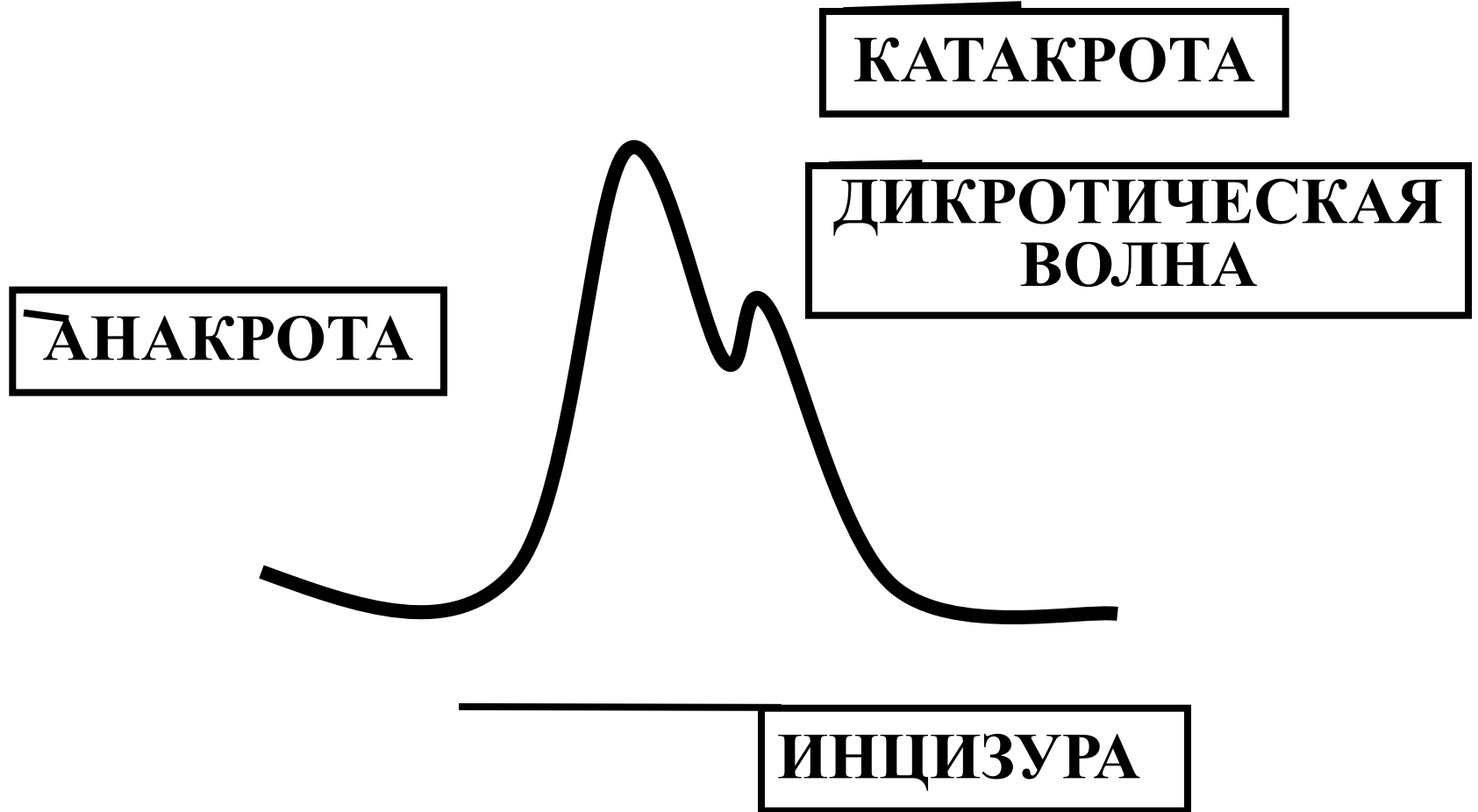
функция «компрессионной камеры» и механизм распространения пульсовой волны:

А — растяжение ближайшего к сердцу участка аорты,

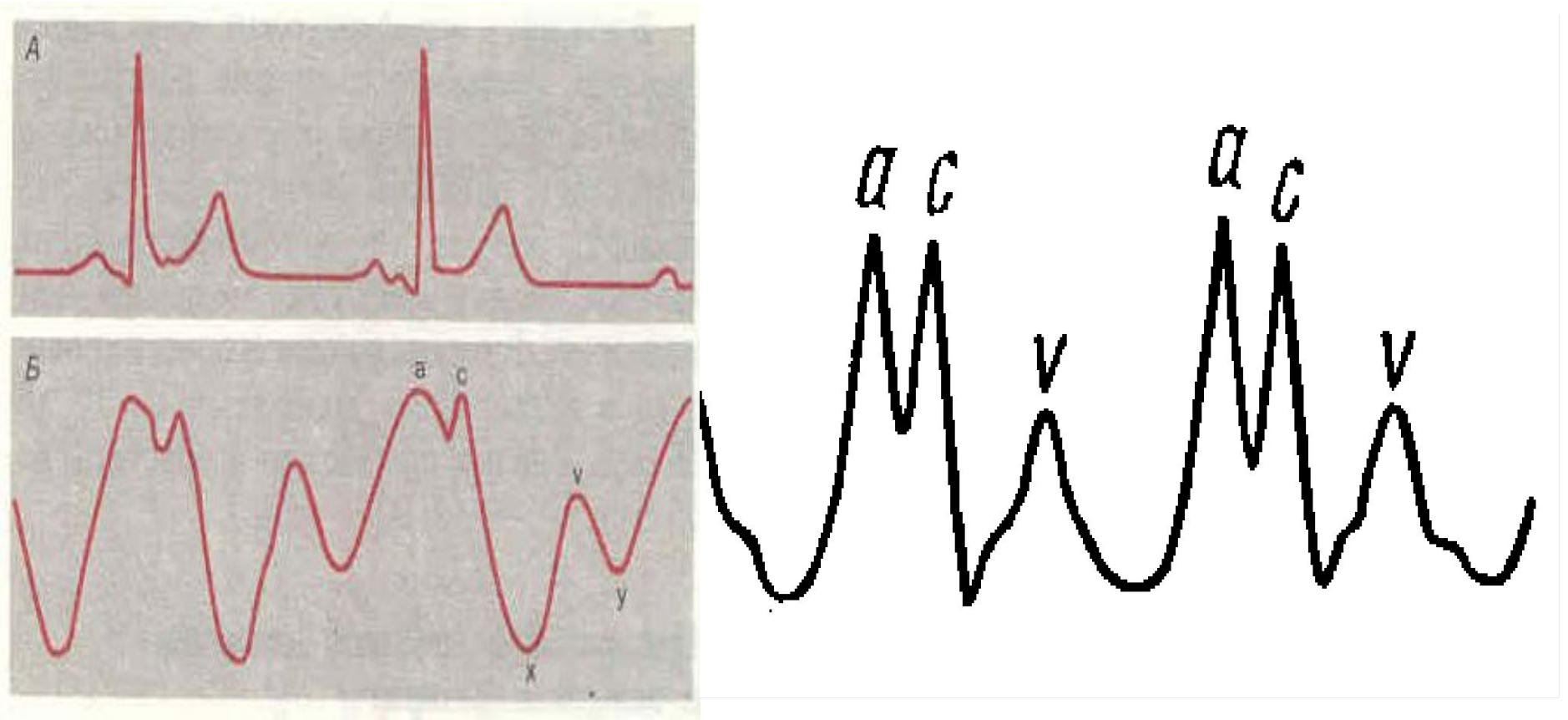
Б — растяжение следующего участка и заполнение его кровью,

В — повторение этого процесса и распространение крови вдоль эластических артерий;

# Сфигмограмма артерии



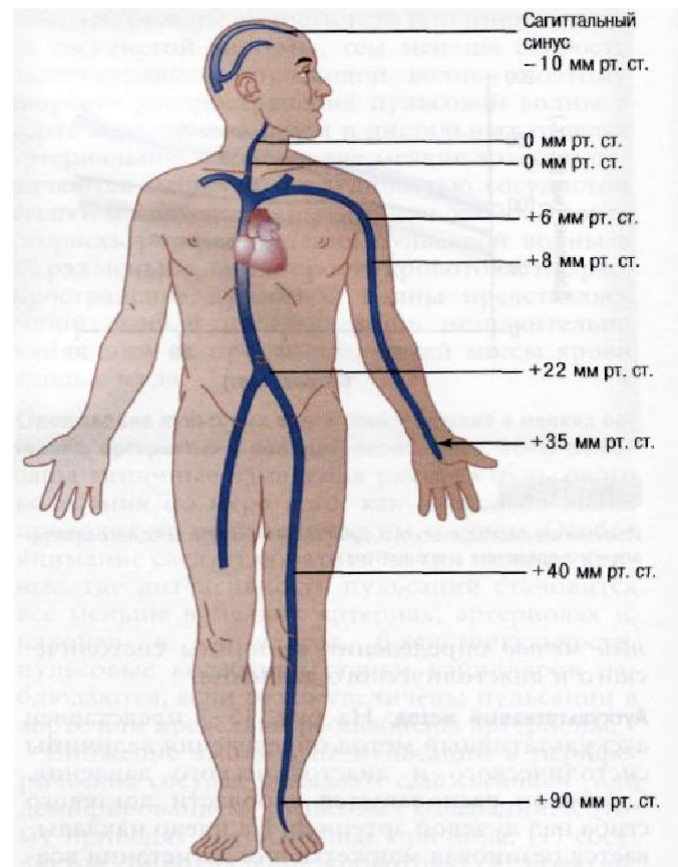
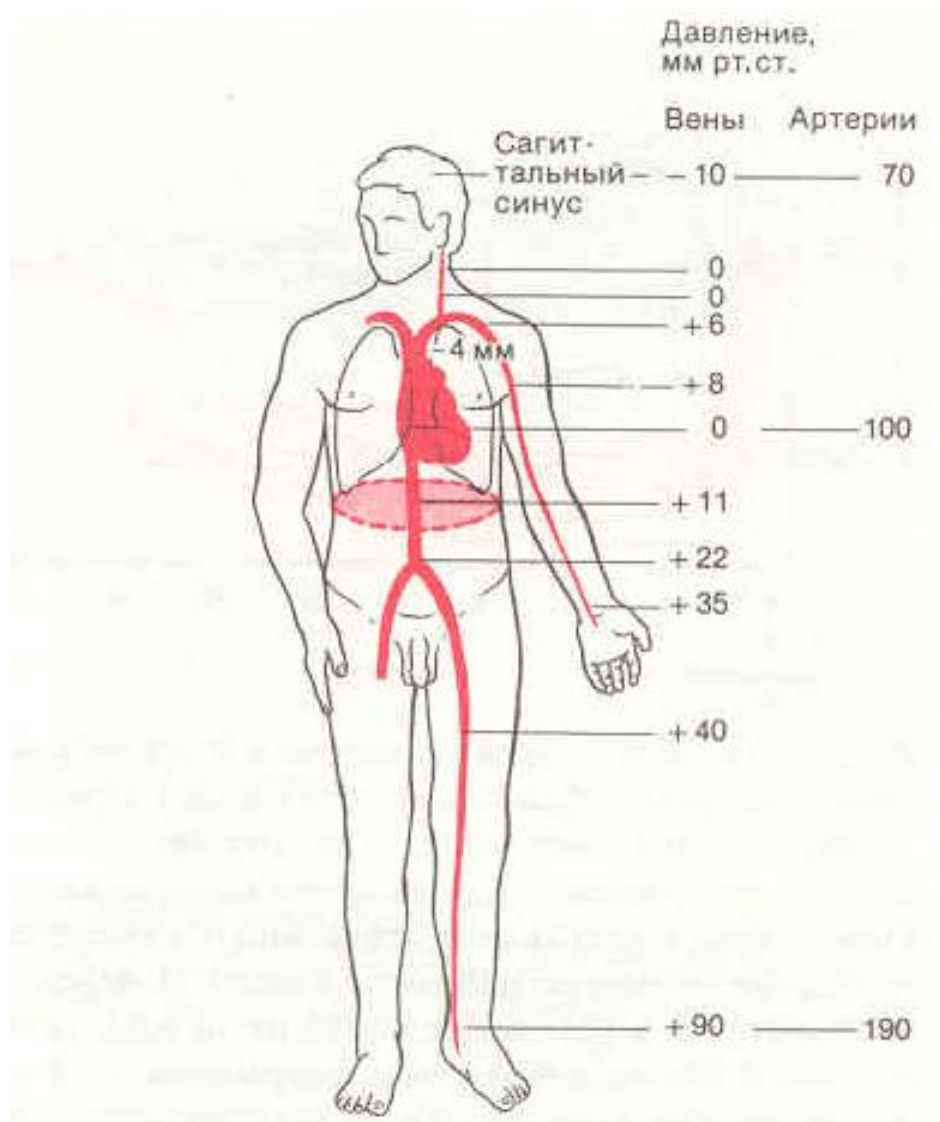
# Венный пульс (флебограмма)



# СВОЙСТВА ПУЛЬСА

1. **ЧАСТОТА** – число ударов в минуту
2. **РИТМ** – равномерность промежутков между ударами
3. **БЫСТРОТА** – скорость подъема стенки сосуда
4. **НАПОЛНЕНИЕ** – амплитуда пульсовой волны
5. **НАПРЯЖЕНИЕ** – сила, с которой надо сдавить артерию для прекращения пульсации.

# Влияние гидростатического давления на артериальное и венозное давление



Влияние гравитационных сил на венозное давление вертикально стоящего человека

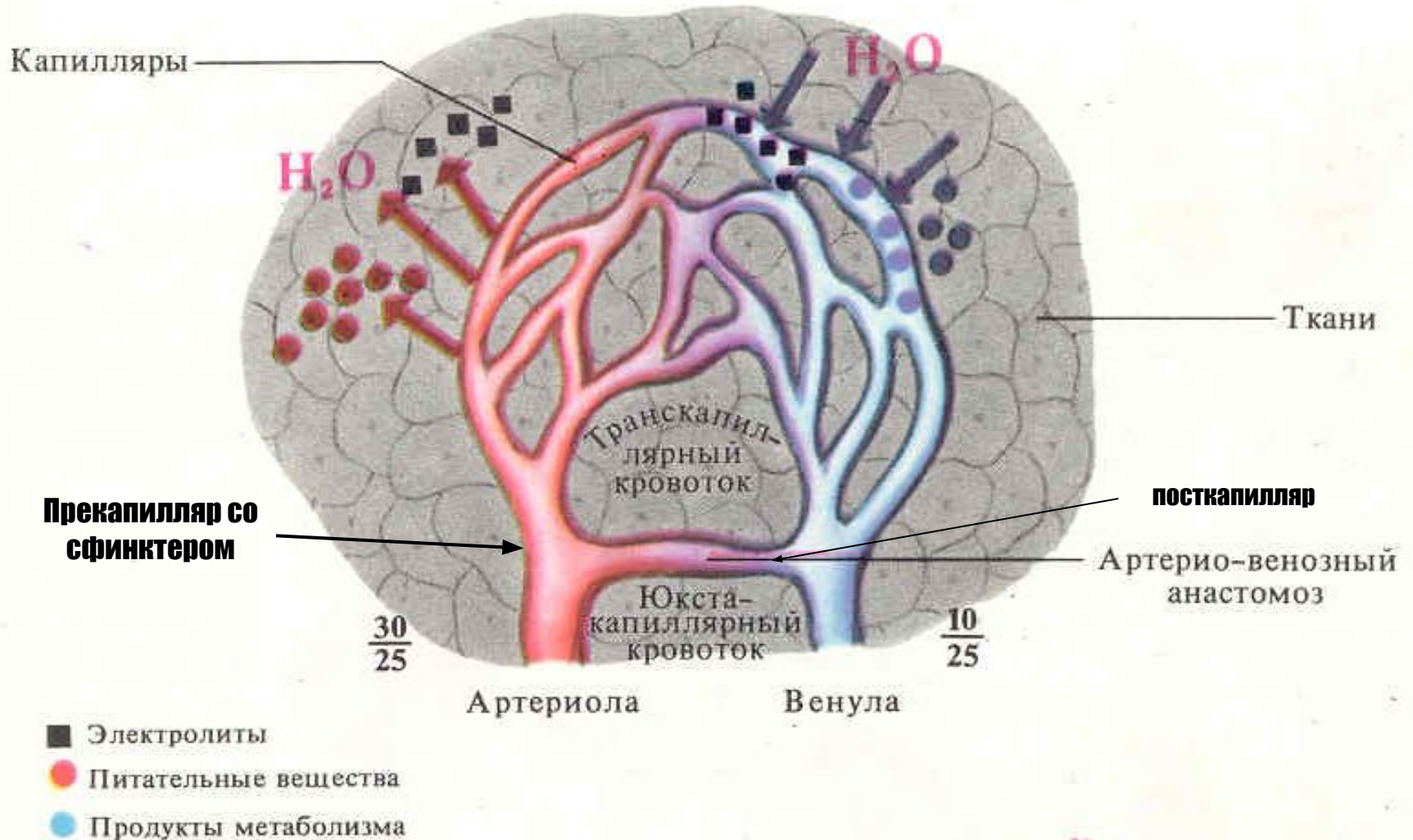
# **Микроциркуляция и транскапиллярный обмен**

**Микроциркуляция это  
движение крови в тканях по  
сосудам, диаметром  
менее 200 мкм**

**Структурно-функциональная  
единица микроциркуляции -  
сосудистый модуль**



# Сосудистый модуль



# ТИПЫ КАПИЛЛЯРОВ

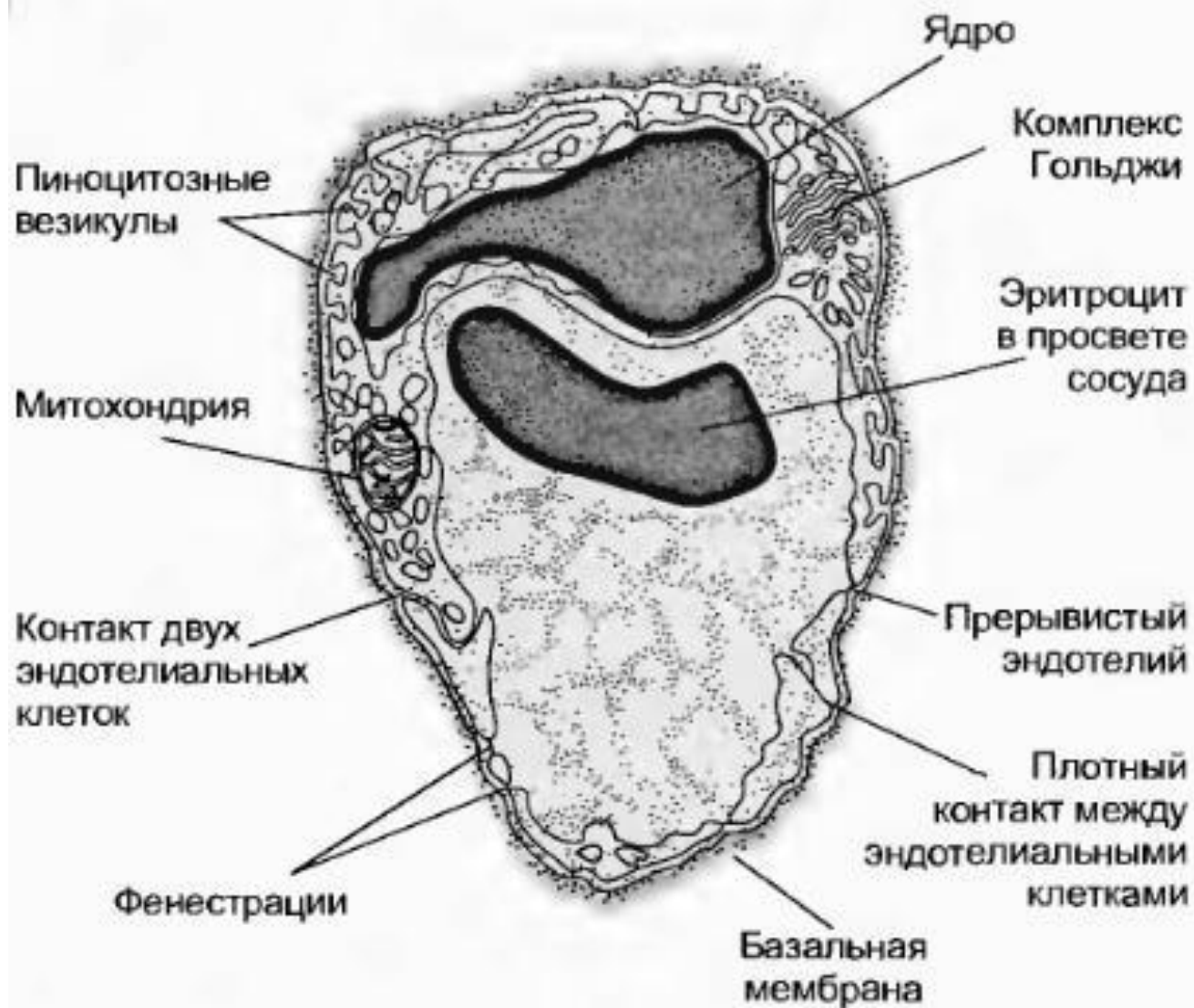
- **Магистральные капилляры**
- **Боковые капилляры и капиллярные сети**
- **Дежурные капилляры (25%)**
- **Плазматические капилляры (10%)**
- **Молчащие капилляры (65%)**
- *Соматические*
- *Висцеральные или фенестрированные*
- *Синусоидальные со щелями*

# Классификация капилляров по строению эндотелиальной стенки

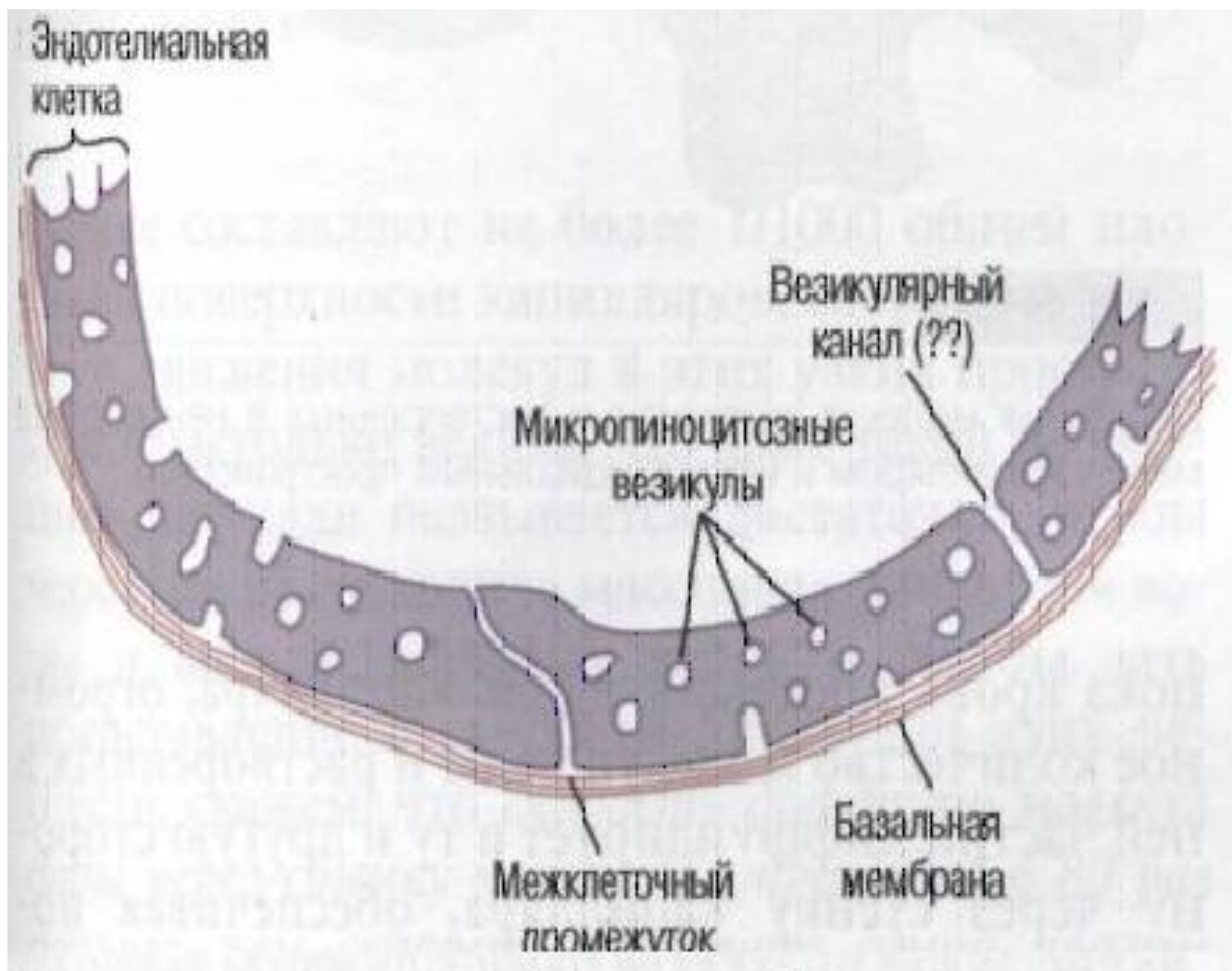
**Капилляры с непрерывной стенкой** – «закрытые капилляры» - эндотелиальные клетки прилегают плотно друг к другу не образуя зазора. Широко представлены в гладких мышцах, скелетных мышцах, в сердечной мышце, в сосудистой ткани, легких, ЦНС.

**Капилляры с фенестрами (окошечками)** – эндотелиальные клетки образуют между собой свободные пространства. Способны пропускать вещества, диаметр которых велик. Представлены в почечных клубочках, в слизистой кишечника.

**Капилляры с прерывистой стенкой** – между соседними эндотелиальными клетками имеются щели, через которые могут проходить огромные частицы, в том числе форменные элементы крови. Расположены в костном мозге, печени, селезенке. Наличие этих капилляров обеспечивает выход форменных элементов из крови и обратно.



Композиционный рисунок капилляра в поперечном сечении, сделанный с электронной микрофотографии



Строение стенки капилляра. Обратите особое внимание на межклеточный промежуток между соседними эндотелиальными клетками. Полагают, что большинство водорастворимых веществ диффундируют через стенку капилляра по межклеточным промежуткам

# СВОЙСТВА КАПИЛЛЯРОВ

- **количество** - 40 миллиардов
- **диаметр** - 5-8 мкм, **длина** 0,5 - 1,1 мм
- **Суммарная длина** – 100 000 км
- **Наименьшая линейная скорость крови** -  $<1\text{ мм/с}$
- **Наибольшая площадь поверхности на единицу массы ткани** -  $>50\text{ см}^2/\text{г}$
- **Очень малое расстояние между кровью и клетками ткани** -  $<50\text{ мкм}$

# Микроциркуляция и транскапиллярный обмен

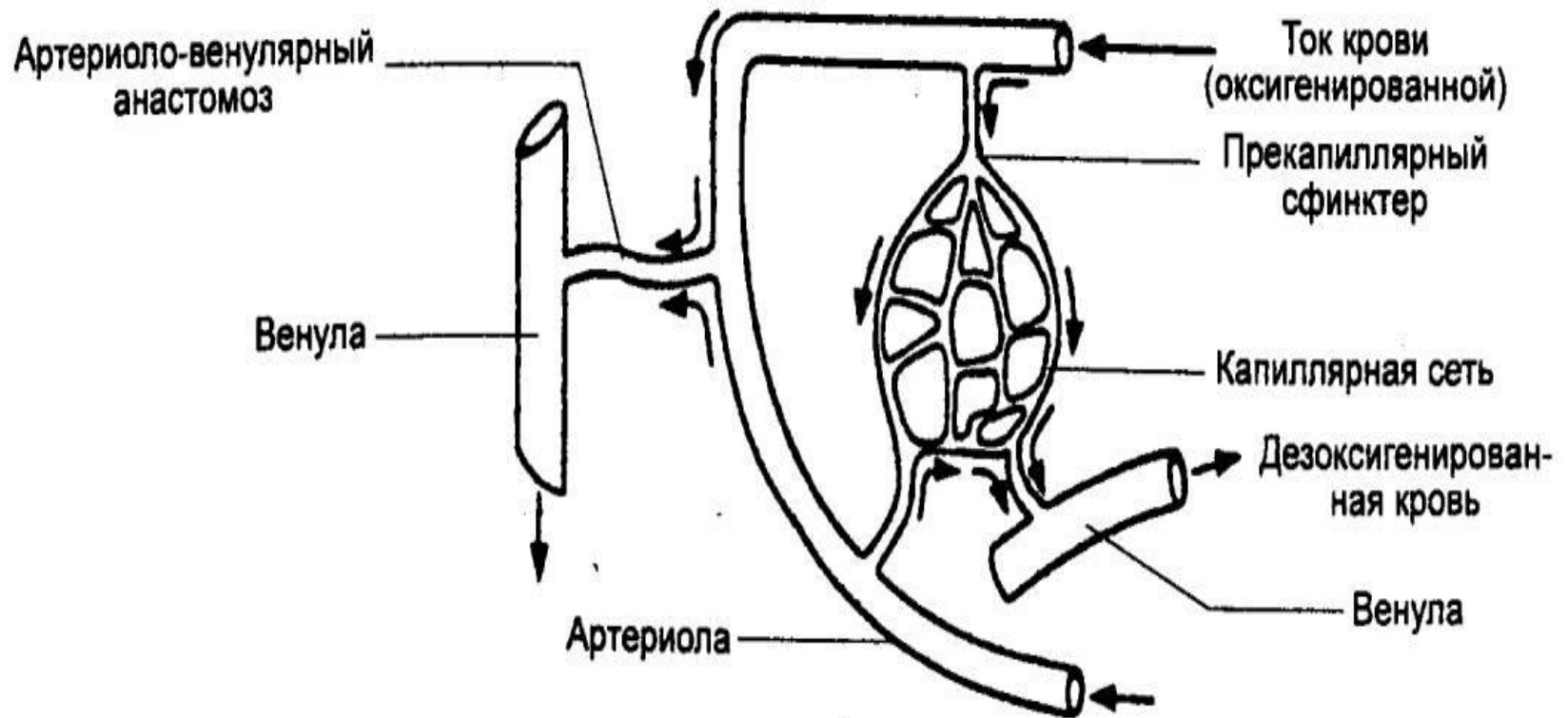
- общая площадь поперечного сечения всех капилляров организма  $11000 \text{ м}^2$ ,
- количество капилляров  $\approx 40$  миллиардов,
- общая площадь обмена капиллярной сети составляет  $1000 \text{ м}^2$ , ткани,
- плотность капиллярной сети в мозге -  $3000$  кап /  $\text{мм}^3$ ,  
и  $1,5 \text{ м}$  на  $100$
- в тонических мышцах -  $1000$  кап /  $\text{мм}^3$ ,
- в фазных скелетных мышцах -  $300-400$  кап /  $\text{мм}^3$  ).

# **Изменение реологических свойств крови и скорости кровотока:**

1. вязкость плазмы крови
2. просвет сосуда
3. агрегация эритроцитов
4. ориентация эритроцитов в потоке крови
5. деформируемость мембран эритроцитов
6. местный гематокрит



# Микроциркуляция и транскапиллярный обмен



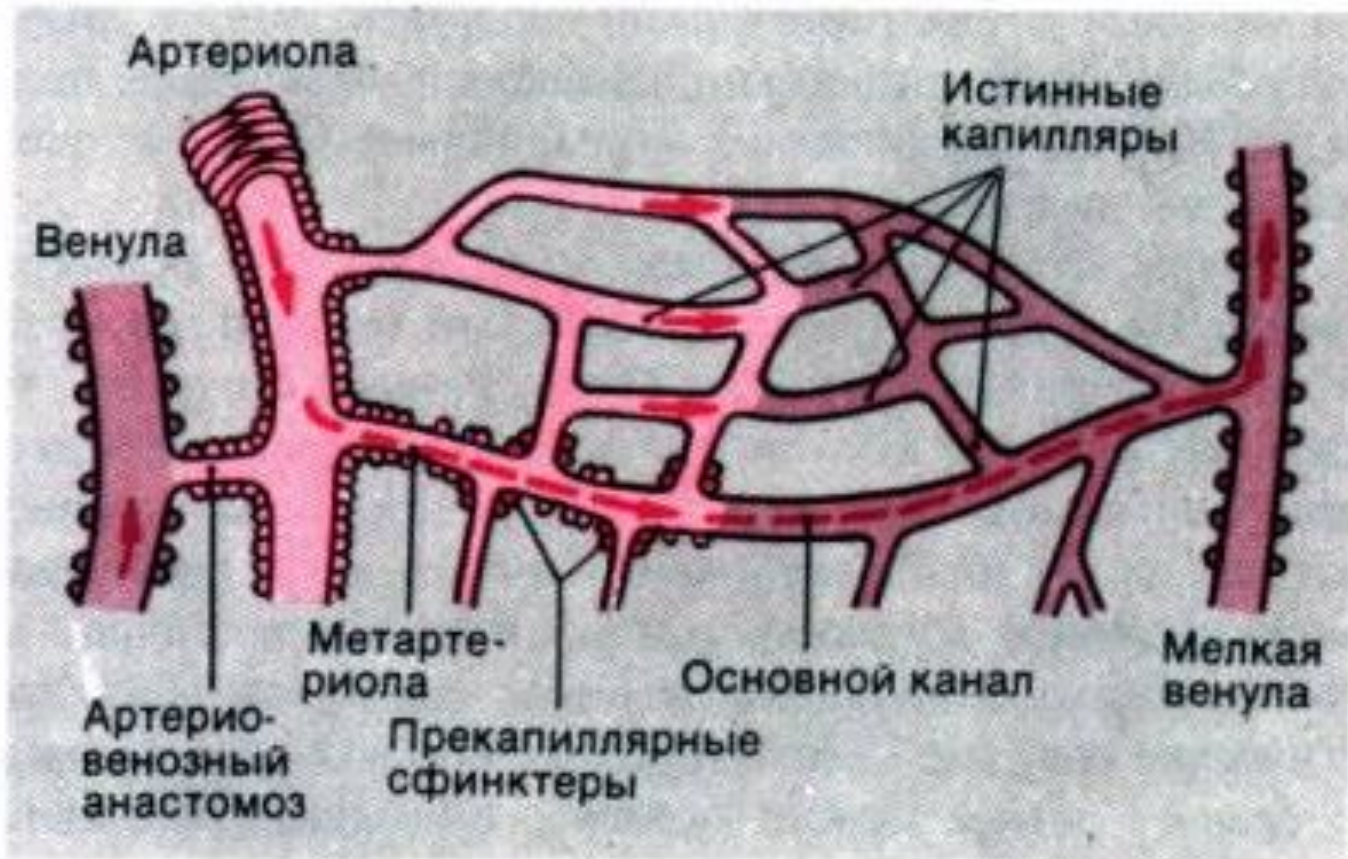
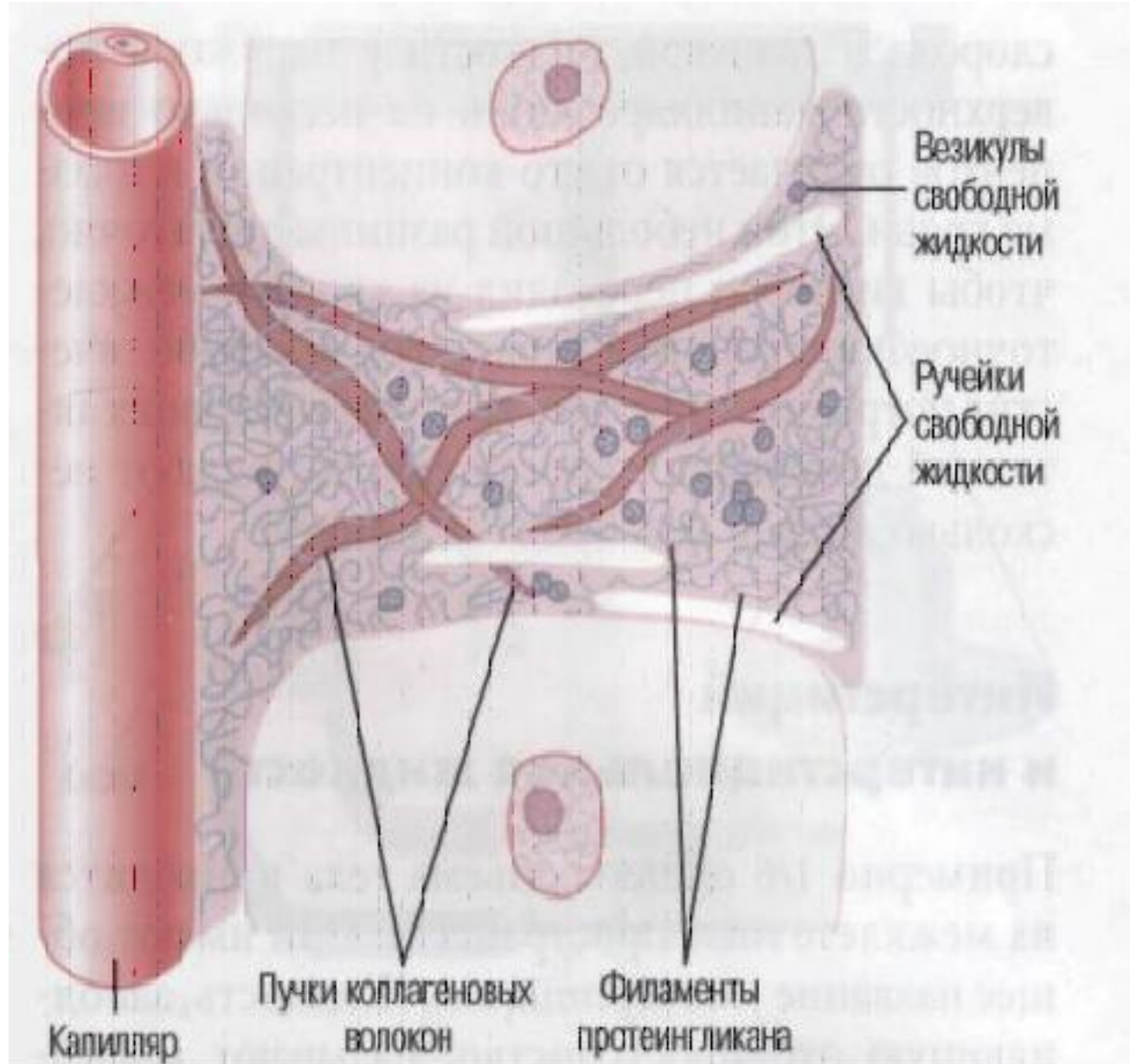


Схема микроциркуляторного русла. От артериолы ответвляются метартериолы, несколько более широкие, чем истинные капилляры. Продолжением метартериолы служит основной канал. Стенка метартериолы в области ответвления от артериолы содержит гладкомышечные волокна (изображены полукругами вокруг стенок сосудов). Такие волокна имеются также в области отхождения капилляров от метартериол (прекапиллярных сфинктеров). Стенки артериовенозных анастомозов также содержат гладкомышечные волокна



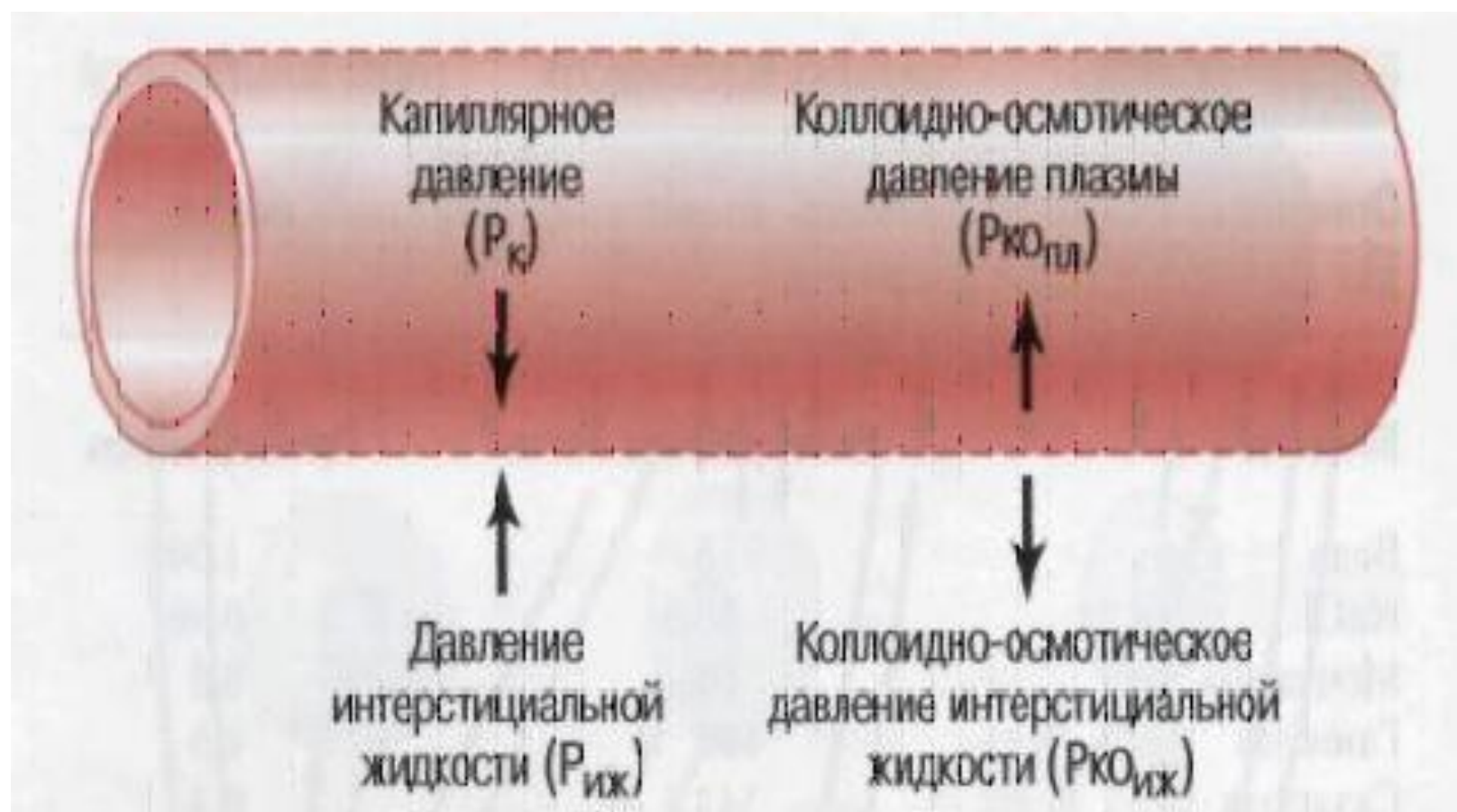
Структура интерстиция. Все пространство между пучками коллагеновых волокон заполнено филаментами протеингликана. Встречаются везикулы и небольшие ручейки свободной жидкости

# **ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА ЖИДКОСТИ**

- **Фильтруется из крови в ткани – 20 л/сут.**
- **Реабсорбируется в кровь из тканей - 18 л/сут**
- **По лимфатическим сосудам оттекает из тканей в кровь – 2 л/сут**

# **Транскапиллярный обмен обеспечивается:**

- диффузией,*
- фильтрацией и реабсорбцией,*
- пиноцитозом*



Капиллярное давление жидкости и коллоидно-осмотическое давление — силы, вызывающие движение жидкости через стенку капилляра в разных направлениях

# Диффузия движение водорастворимых веществ низкой молекулярной массы

## Уравнение Фика

$$\frac{dm}{dt} = - DS \frac{dc}{dx}$$

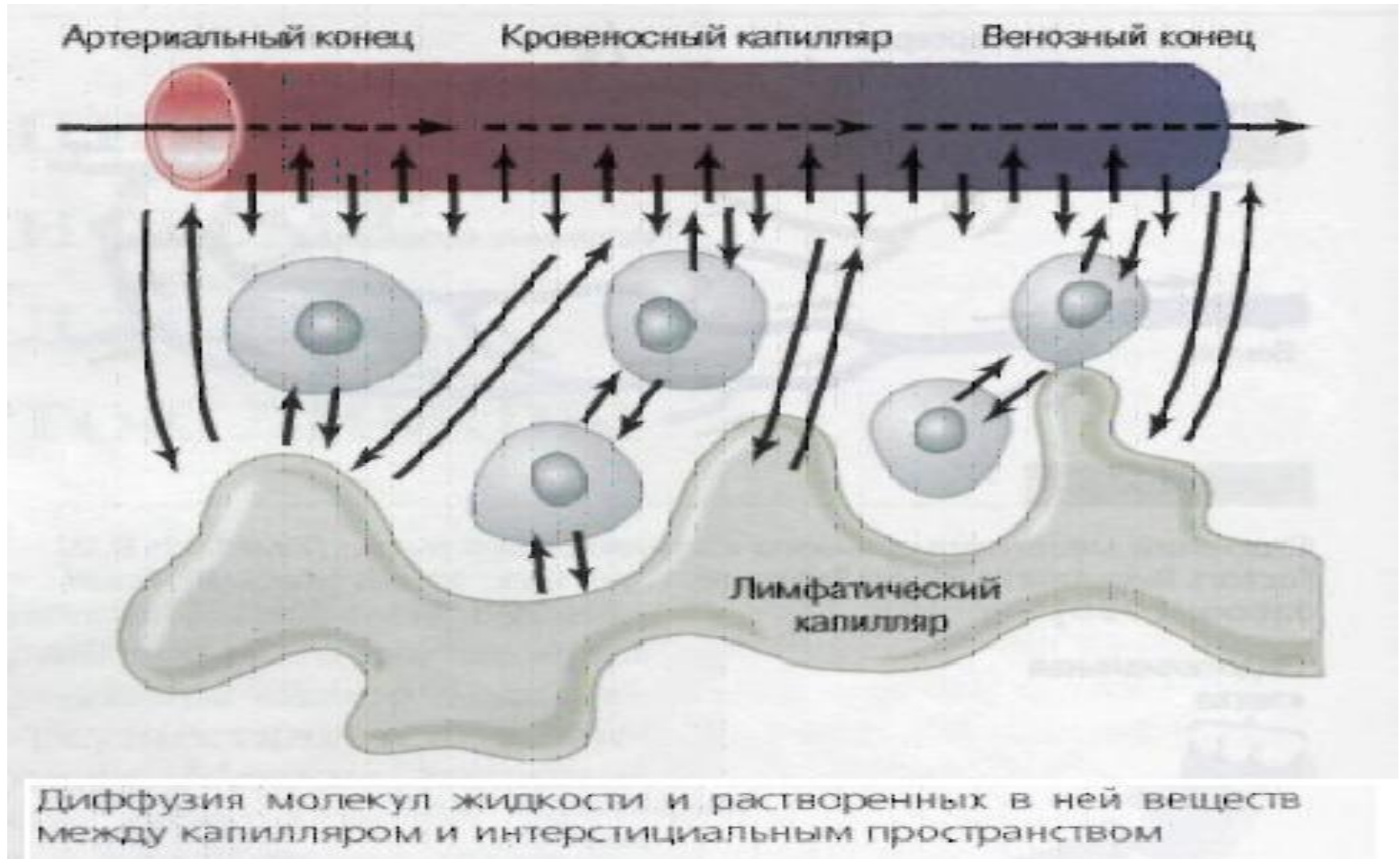
$\frac{dm}{dt}$  - скорость диффузии,

$\frac{dc}{dx}$  - градиент концентрации,

$D$  - коэффициент диффузии Крота,

$S$  - площадь диффузии.

# При прохождении через капилляры плазма 40 раз обменивается с тканевой жидкостью





**Между фильтрацией на артериальном конце капилляра и реабсорбцией в венозной его части существует динамическое равновесие**

**Фильтрация и реабсорбция зависят:**

- от гидростатического давления в капиллярах ( $P_{гк.}$ ),
- от гидростатического давления тканевой жидкости ( $P_{гт.}$ ),
- от онкотического давления плазмы ( $P_{ок.}$ ),
- от онкотического давления тканевой жидкости ( $P_{от.}$ ).

# Закон ультрафильтрации Старлинга

$$V = K [ P_{гк} + P_{ои} - ( P_{ги} + P_{ок} ) ]$$

где  $V$  - объем жидкости, проходящей через стенку капилляра в минуту,

$K$  - коэффициент фильтрации,

$P_{гк}$  - гидростатическое давление крови,

$P_{ои}$  - онкотическое давление интерстиция,

$P_{ги}$  - гидростатическое давление интерстиция,

$P_{ок}$  - онкотическое давление крови

# Скорость транспорта

$$V = K ( P_{гк.} + P_{от.} - P_{гт.} - P_{ок.} )$$

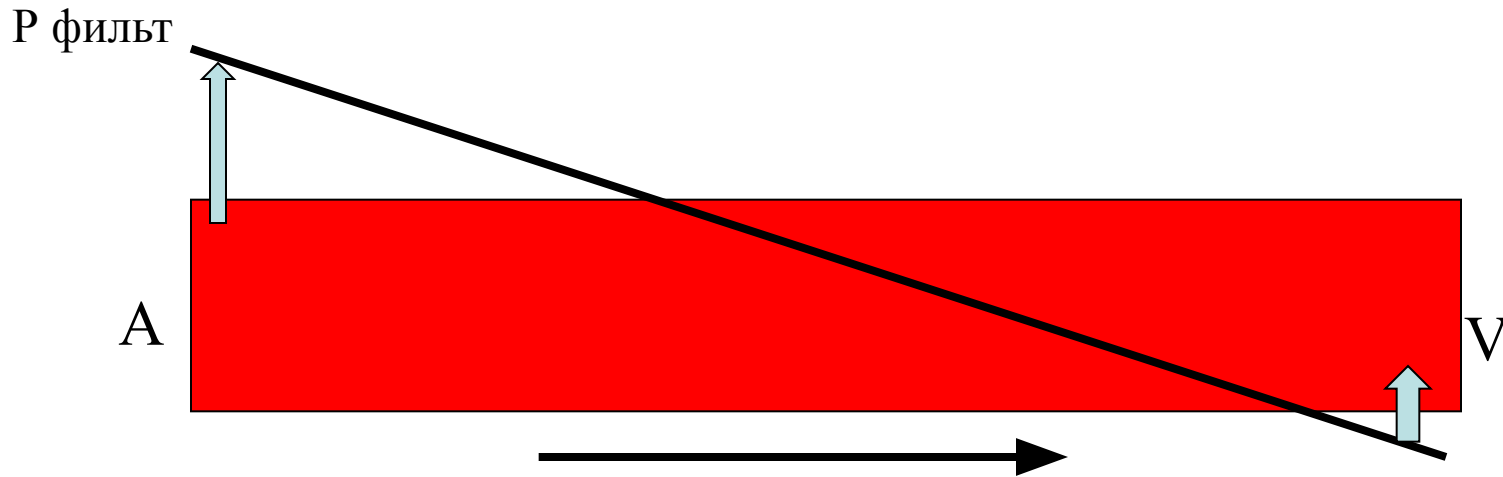
$$V_{\text{проксим}} = \frac{K}{K} ( 32 + 4,5 - 3 - 25 ) = 8,5 \text{ мм.рт.ст.}$$

Скорость фильтрации имеет положительное значение, идёт процесс  
фильтрации под действием фильтрационного давления  
величиной 8,5 мм.рт.ст.

$$V_{\text{дистальн.}} = \frac{K}{K} ( 17,5 + 4,5 - 3 - 25 ) = -6 \text{ м.рт.ст.}$$

Скорость реабсорбции имеет отрицательное значение, идёт процесс  
реабсорбции под действием реабсорбционного давления  
величиной 6 мм.рт.ст.

# Роль гидростатического давления крови для транскапиллярного обмена



$$P_{гк} = 30 \text{ мм Hg}$$

$$P_{онк} = 25 \text{ мм Hg}$$

$$P_{тк} = 8 \text{ мм Hg}$$

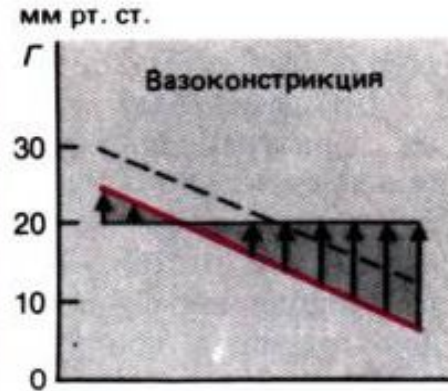
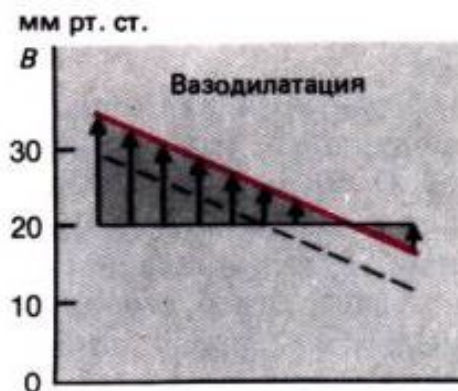
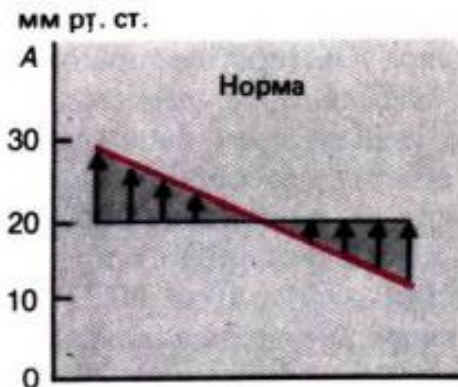
$$P_{фильт} = +13 \text{ мм Hg}$$

$$P_{гк} = 15 \text{ мм Hg}$$

$$P_{онк} = 25 \text{ мм Hg}$$

$$P_{тк} = 8 \text{ мм Hg}$$

$$P_{фильт} = -2 \text{ мм Hg}$$



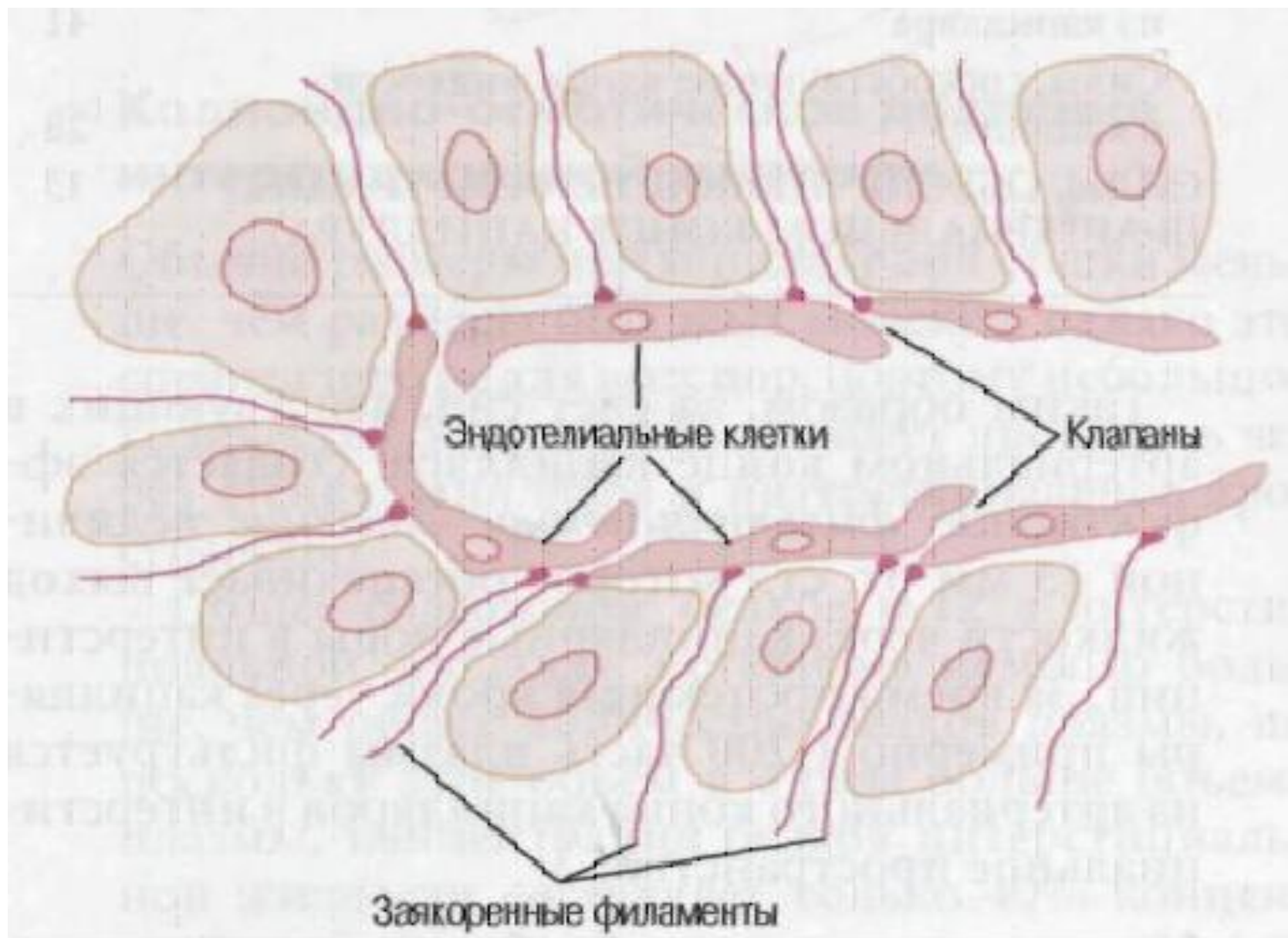
## Схема фильтрации и реабсорбции в капиллярах в различных физиологических и патологических условиях.

В зависимости от значений  $P_{эфф}$  и  $P_0$  фильтрационно-реабсорбционное равновесие в капиллярах смещается в сторону повышения либо фильтрации (Б, В, Г, либо реабсорбции (Д, Е))

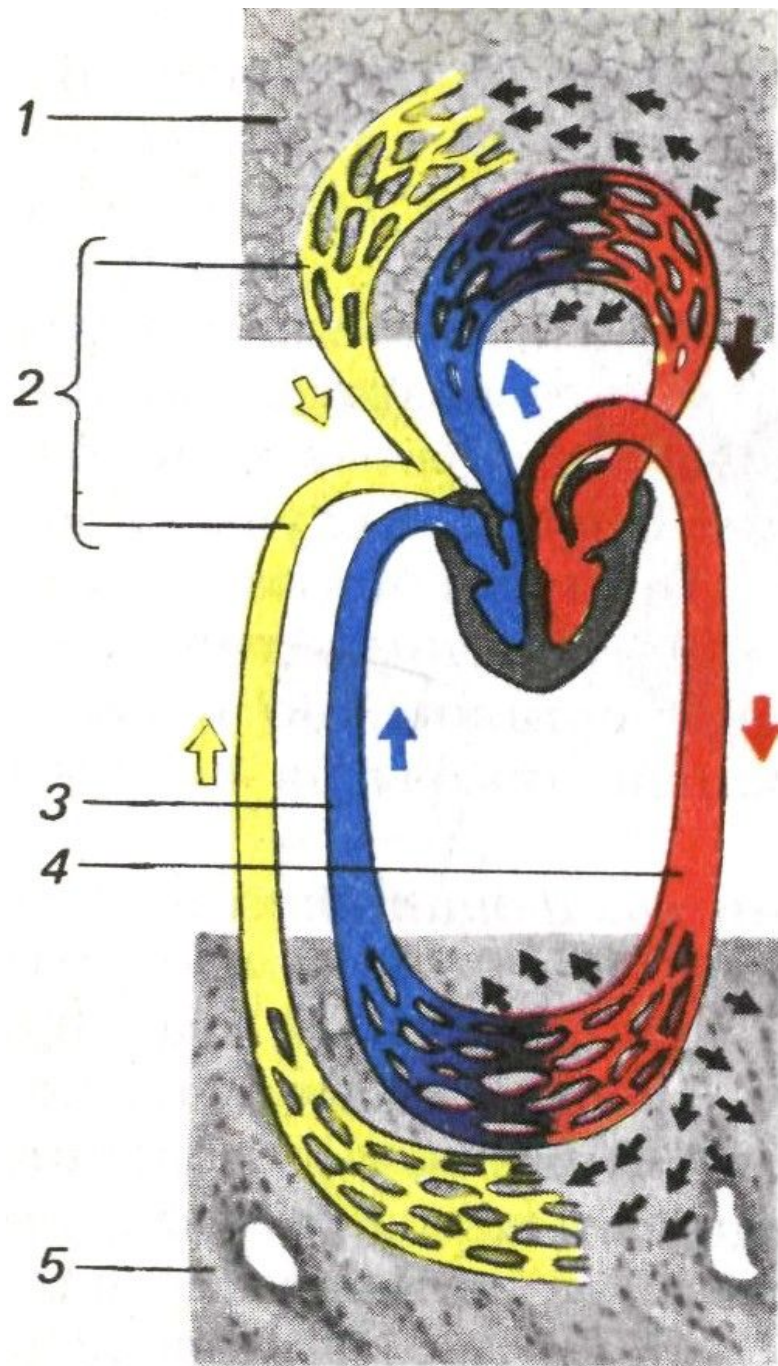
# Физиология лимфатической системы

**Лимфатическая система** – совокупность лимфатических сосудов и узлов, обеспечивающих всасывание межклеточной жидкости и **возврат** их в кровяное русло.

**Лимфатические сосуды** – начинаются с системы тончайших, закрытых с одного конца **терминальных лимфатических капилляров**. Их стенки организованы эндотелиальными клетками, которые прикреплены к окружающей соединительной ткани с помощью фиксированных, или **заякоренных филаментов**. В месте контакта соседних эндотелиальных клеток их края перекрываются таким образом, что образуют своеобразные створки, способные свободно открываются внутрь капилляра и выполнять функцию миниатюрных клапанов, обеспечивая поступление жидкости и белков из вне, но не обратно.



Специальные структуры лимфатических капилляров, благодаря которым высокомолекулярные вещества поступают в лимфу



## Лимфатическая система и кровообращение млекопитающих

1 — легкие,  
2 — лимфатическая система,  
3 — венозная система,  
4 — артериальная система,  
5 — ткани.



# Состав лимфы

- состоит из лимфоплазмы и форменных элементов (лимфоцитов).
- прозрачная жидкость слегка желтоватого цвета.
- **вязкость** и **плотность** ниже, чем плазмы крови.
- **удельный вес** колеблется от 1.015 до 1.026.
- **pH** – около 9.
- **белковая фракция** представлена альбуминами (основные), глобулинами и фибриногеном (около 20 г/л).
- **гидролитические ферменты** – диастаза и липаза.
- **содержится** глюкоза, белковые и небелковые азотистые вещества, БАВ (вазоактивные амины, витамины), антитела и соли.

# **Механизм образования лимфы**

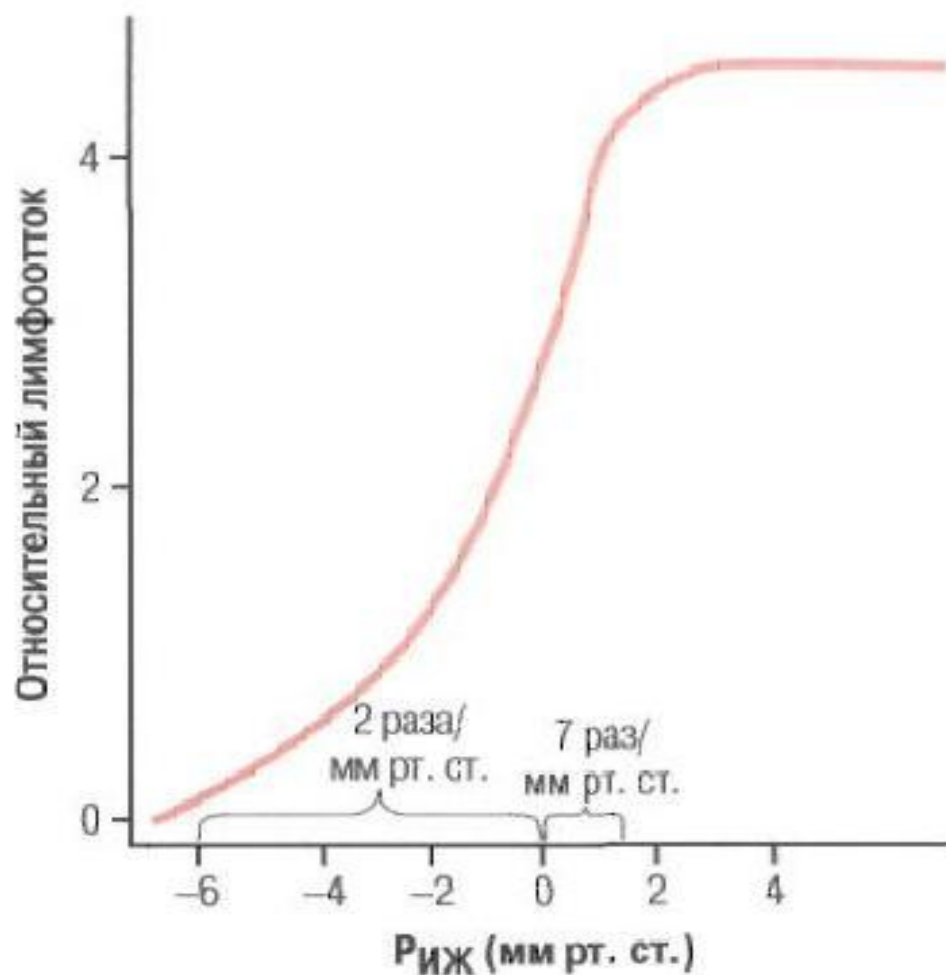
**У человека natoшак с массой тела 60 кг в состоянии покоя содержится 1,5-3 л лимфы, т. е. 25-50 мл/кг.**

**Давление интерстициальной жидкости около нуля, а давление в лимфатических капиллярах ниже атмосферного вследствие насосной функции лимфоцитов.**

# **Отток лимфы увеличивают факторы, увеличивающие интерстициальное давление:**

- увеличение давления в капиллярах
- уменьшение коллоидно-осмотического давления плазмы
- увеличение коллоидно-осмотического давления межклеточной жидкости
- увеличение проницаемости капилляров

**Увеличение давления интерстициальной жидкости до 1-2 мм.рт.ст. (выше нулевого уровня) приводит к достижению лимфатического оттока до максимума.**



Взаимосвязь между давлением интерстициальной жидкости и лимфооттоком в нижней конечности собаки. Обратите внимание, что лимфоотток достигает максимальной величины, когда давление интерстициальной жидкости ( $P_{ИЖ}$ ) становится выше атмосферного давления (0 мм рт. ст.) (предоставлено Harry Gibson и Aubrey Taylor)

# Скорость движения лимфы

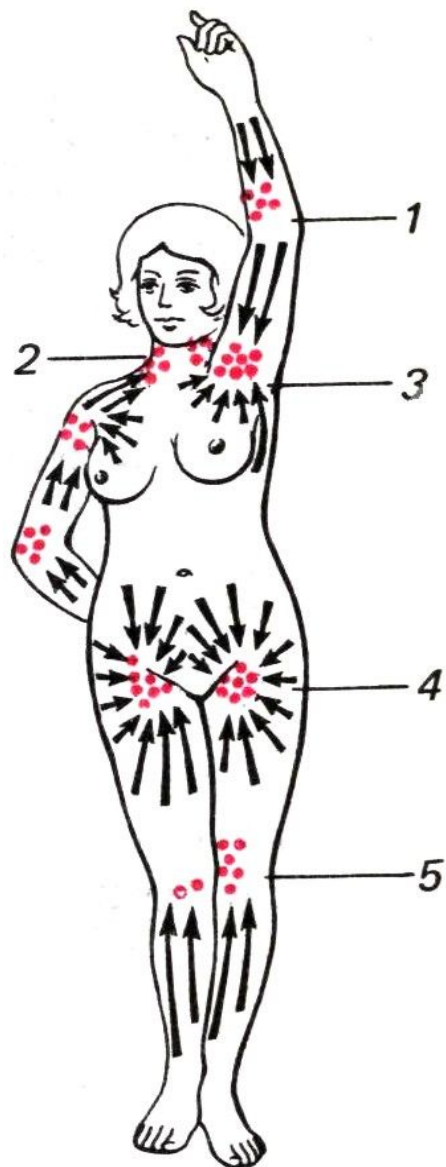
**В состоянии покоя** через грудной проток лимфа протекает со скоростью около **100 мл/ч**

**20 мл лимфы** поступает в ССС по другим лимфатическим сосудам

**В целом  $Q \approx 120$  мл/ч или от 2 до 3 л в сутки**

**Лимфатические узлы являются  
ключевыми участками  
лимфатической системы, так как:**

- **Способны к сокращению** из-за наличия ГМК (особенно при нейрогуморальных влияниях)
- **Влияют на клеточный состав лимфы**
- **В них происходит фагоцитоз** бактерий (развивается воспалительный процесс)



## Расположение регионарных лимфатических узлов

1 — локтевая ямка,  
2 — область шеи,  
3 — подмышечная  
ямка,  
4 — паховая область,  
5 — подколенная  
ямка.

# Функции лимфатической системы

- **Кроветворная** – образуются лимфоциты и продолжают дифференцировку долгоживущие Т-лимфоциты.
- **Защитная** – заключается в транспорте антител и антигенов, в кооперации различных иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов, макрофагов), в формировании первичного и вторичного иммунных ответов на антиген, реализации клеточного иммунитета, переносе из лимфоидных органов плазматических клеток для обеспечения гуморального иммунитета.
- **Детоксикационная** – переход в лимфу из интерстиция патологически измененных белков, токсинов, клеток и их обезвреживание в лимфоузлах.
- **Дренажная** – удаление из интерстиция продуктов обмена и воды.
- **Транспортная** – обеспечивает поступление в кровь из пищеварительной системы питательных веществ, в основном липидов («млечные пути»).

**Лимфатическая система – обеспечивает возврат в кровь белков, липидов и электролитов (за сутки до 40 г. белка).**



# **Физиология регуляции сосудистого тонуса**

# УРОВНИ РЕГУЛЯЦИИ

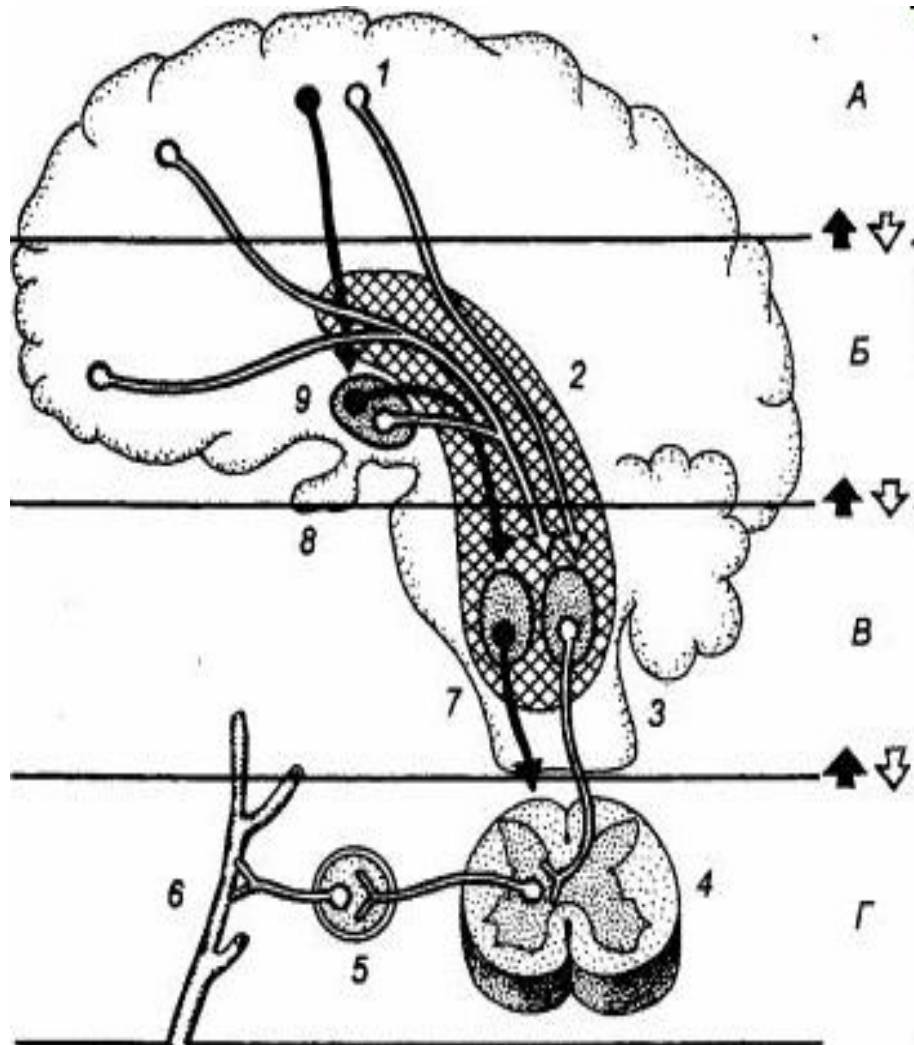
## **Центральная регуляция системной гемодинамики:**

- прессорные и депрессорные рефлексy (активация или торможение симпатoadреналовой системы)
- гуморальная регуляция.

## **Местная регуляция регионарной микроциркуляции:**

- миогенная регуляция,
- гуморальная регуляция.

# КОМПОНЕНТЫ СОСУДОДВИГАТЕЛЬНОГО (ВАЗОМОТОРНОГО) ЦЕНТРА



**А — корковое  
представительство**  
сосудодвигательного  
центра;

**Б — центры  
гипоталамуса:**  
передний гипоталамус  
(депрессорные зоны),  
задний гипоталамус  
(прессорные зоны);

**В — бульбарные центры**  
(сосудорасширяющий,  
сосудосуживающий);

**Г — центры спинного  
мозга (боковые рога).**

**Ф.В.Овсянников (1871) – открыл  
сосудодвигательный центр  
продолговатого мозга на дне 4  
желудочка**

**Состоит из прессорного и  
депрессорного отделов, которые  
находятся в реципрокных  
отношениях. Находится в состоянии  
постоянной тонической активности.**

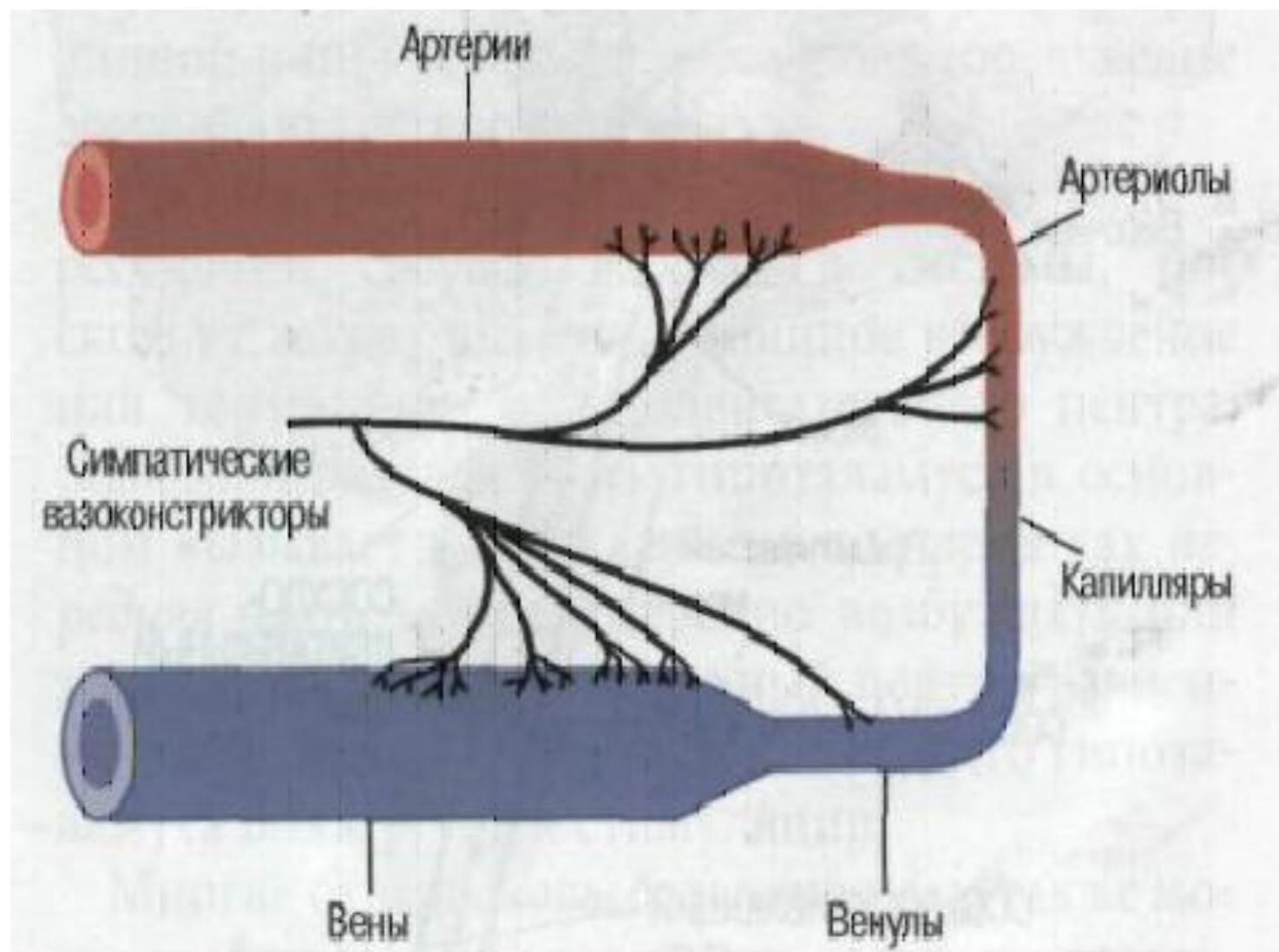
- **СПИННОЙ МОЗГ** - обеспечивает эфферентную иннервацию сосудов и подчинен вышерасположенным центрам
- **ГИПОТАЛАМУС** - обеспечивает безусловнорефлекторные адаптивные реакции ССС
- **КОРА** - обеспечивает условнорефлекторные адаптивные реакции ССС

## Регуляция тонуса сосудов



# Сосудодвигательные нервы

- **Симпатические адренэргические волокна являются вазоконстрикторными** по отношению к сосудам кожи и кишечника, в отличие от сосудов головного мозга и скелетных мышц, которые на симпатическую стимуляцию или не реагируют, или расширяются.
- **Парасимпатические холинэргические волокна обеспечивают вазодилатацию** наружных половых органов при половом возбуждении, расширение сосудов мягкой мозговой оболочки.



Симпатическая иннервация сосудов большого круга кровообращения

## Симпатические нервы осуществляют влияние на сосуды через:

**$\alpha$  - адренорецепторы** - констрикция и тонус

**$\beta$  - адренорецепторы** - дилатация

**M - холинорецепторы** - дилатация

## Парасимпатические нервы осуществляют влияние на сосуды через:

**ацетилхолин - M-холинорецепторы** - NO - дилатация сосудов мозга, подчелюстной железы (хорда тимпани) и органов малого таза (n.pelvic),

**брадикинин и гистамин** - дилатация сосудов кожи, желудочно-кишечного тракта.



**В зависимости от скорости  
развития адаптивных  
процессов механизмы  
регуляции системной  
гемодинамики делят на:**

1. кратковременного действия,
2. промежуточного действия,
3. длительного действия.

# **Кратковременные механизмы**

**Развиваются в течение нескольких секунд, обеспечивают срочные адаптивные реакции.**

**Обеспечиваются сосудодвигательными реакциями и изменениями работы сердца.**

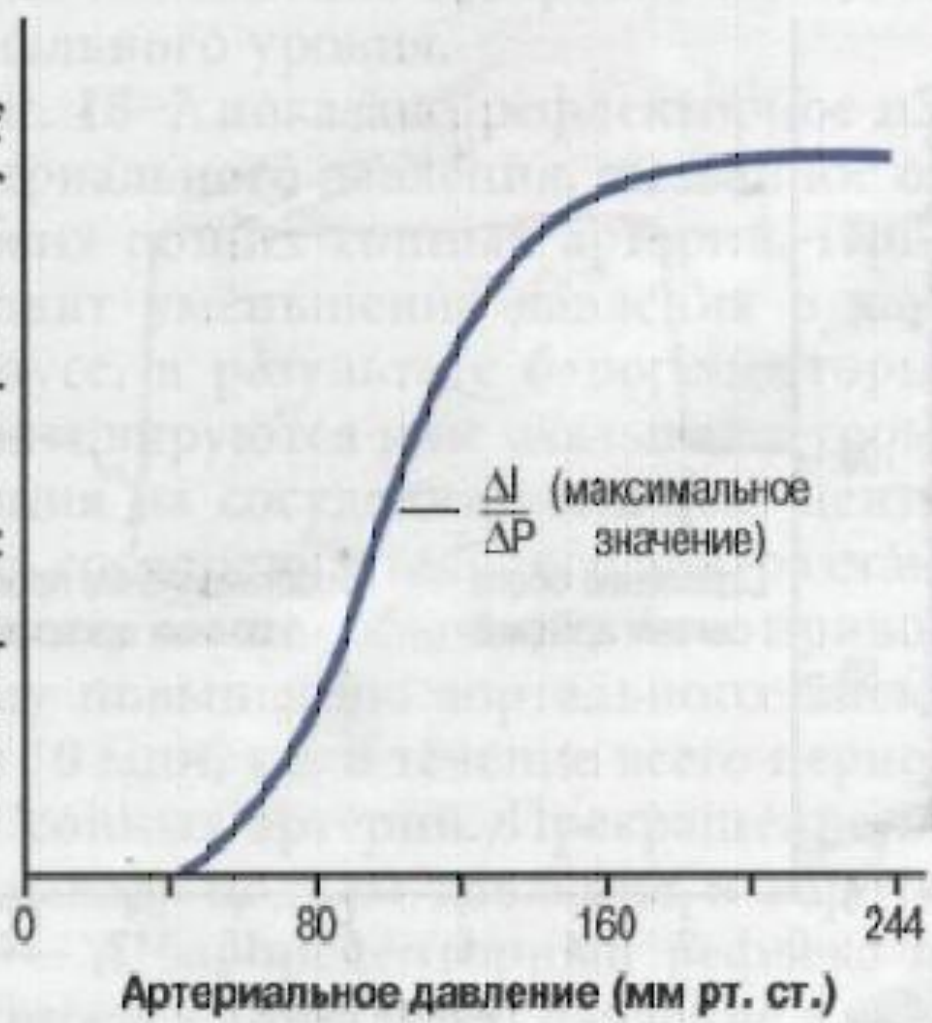
**К ним относятся:**

1. барорецептивные рефлексy,
2. рефлексy при раздражении рецепторов предсердий,
3. реакции на ишемию ЦНС,
4. эффекты адреналина и норадреналина.

## **Рефлексы при раздражении хемотрцепторов сосудистого русла.**

- Рецепторы в дуге аорты и каротидном синусе.
- Раздражители - снижение  $pH$ ,  $PO_2$ , увеличение  $PCO_2$ .
- Возбуждение R - снижение частоты сокращений сердца и увеличение сосудистого тонуса.
- Сосудистые эффекты преобладают над сердечными и величина артериального давления возрастает.
- В чистом виде эти эффекты проявляются в экспериментах с искусственной вентиляцией легких.

Количество импульсов  
в синокаротидном нерве за секунду



Активация барорецепторов при изменении артериального давления.  $\Delta I$  – изменение импульсации в синокаротидном нерве (имп/сек);  $\Delta P$  – изменение артериального давления (мм рт. ст.)

# **Рефлексы при раздражении рецепторов предсердий**

## **Раздражение рецепторов типа А**

(возбуждаются при сокращении мускулатуры предсердий) приводит к увеличению симпатического тонуса и усилению работы сердца (рефлекс Бейнбриджа).

## **Раздражение рецепторов типа В**

(возбуждаются при пассивном растяжении предсердий - увеличении внутрипредсердного давления) вызывает снижение симпатического тонуса и увеличение парасимпатического.

## **Реакции на ишемию ЦНС.**

Снижение  $PO_2$ , рН, увеличение  $PCO_2$  крови - увеличение тонуса СДЦ продолговатого мозга, работы сердца и сосудистого тонуса. Одновременно усиливается дыхание и снижается почечный кровоток.

## **Эффекты адреналина и норадреналина.**

**Адреналин** - повышение артериального давления за счет увеличения работы сердца (сосуды расширяются). При этом общее периферическое сопротивление снижается, увеличивается органный кровоток в скелетных мышцах, сосудах сердца. В сосудах кожи и кишечника кровоток снижается.

**Норадреналин** увеличивает периферическое сопротивление посредством активации альфа-адренорецепторов, артериальное давление возрастает.

# **Регуляторные механизмы промежуточные по времени действия**

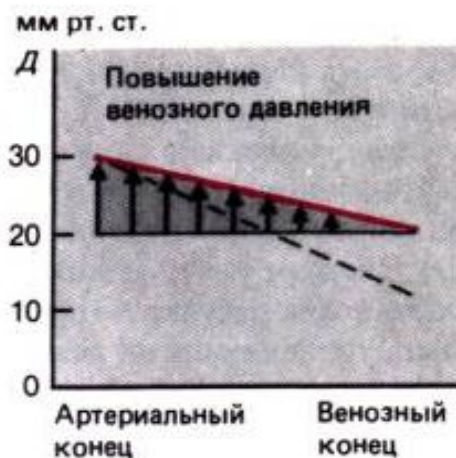
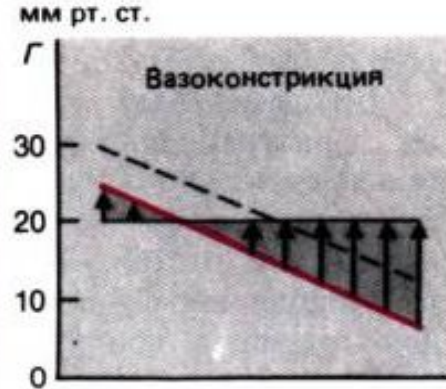
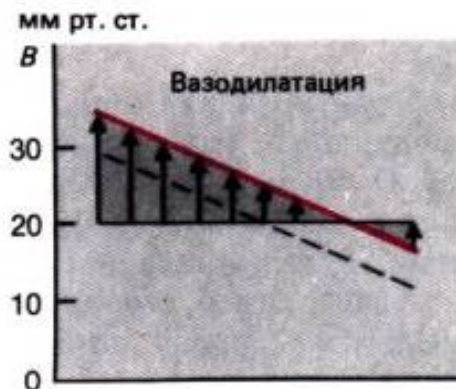
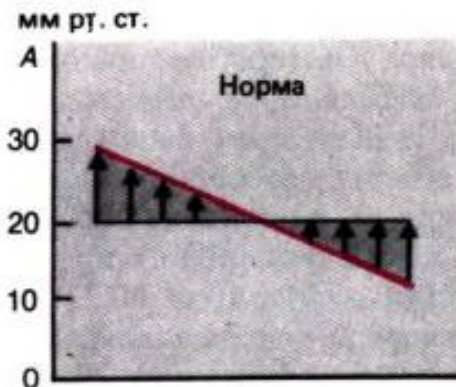
**проявляются в течение нескольких минут и достигают максимума через несколько десятков минут.**

**Связаны с изменением соотношения  
внутрисосудистого объема жидкости и  
емкости сосудов -  
 $V$  крови /  $V$  сосудов**

## **К ним относятся:**

- изменения транскапиллярного обмена,
- релаксация напряжения сосудистой стенки,
- реакция ренин-ангиотензиновой системы.

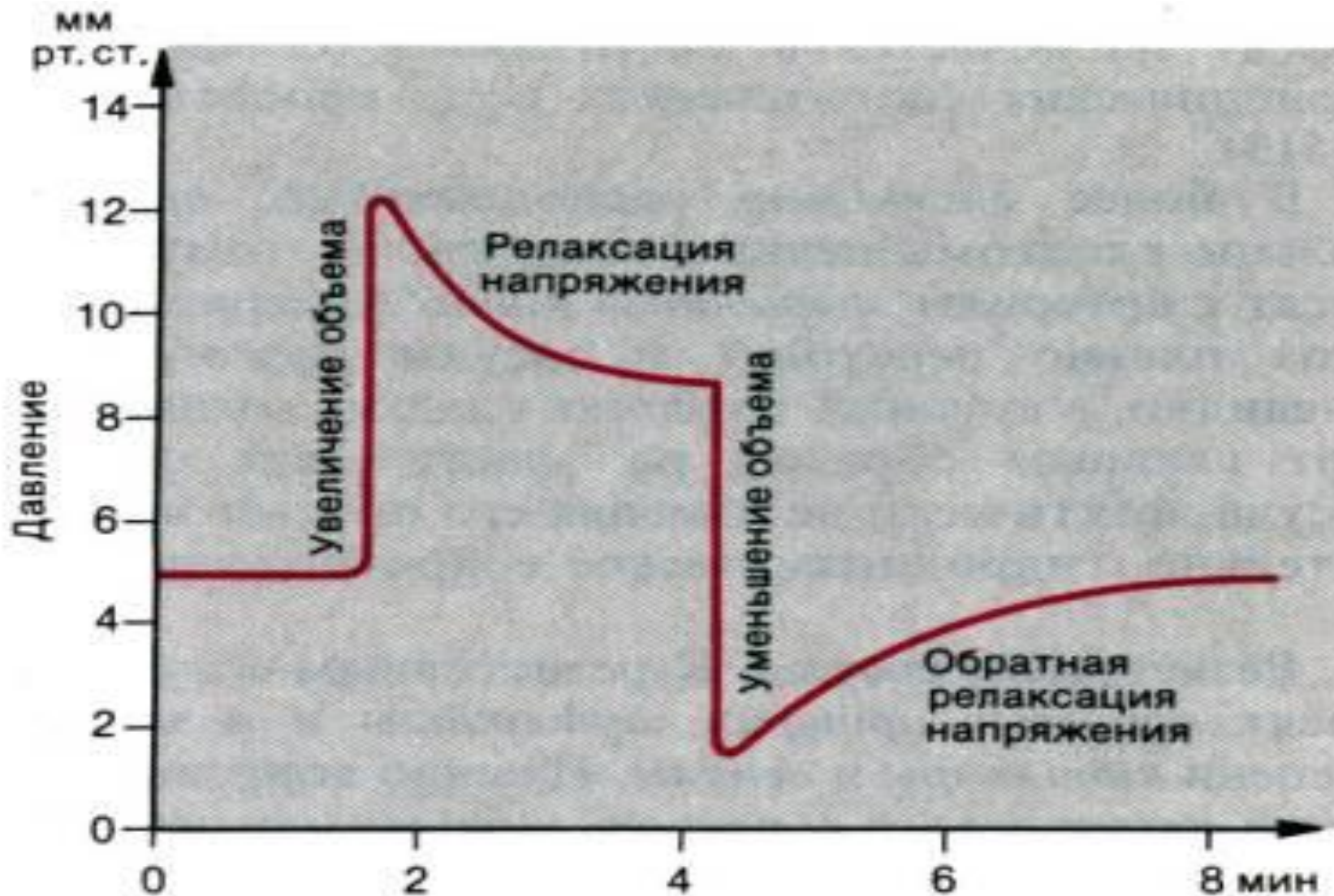


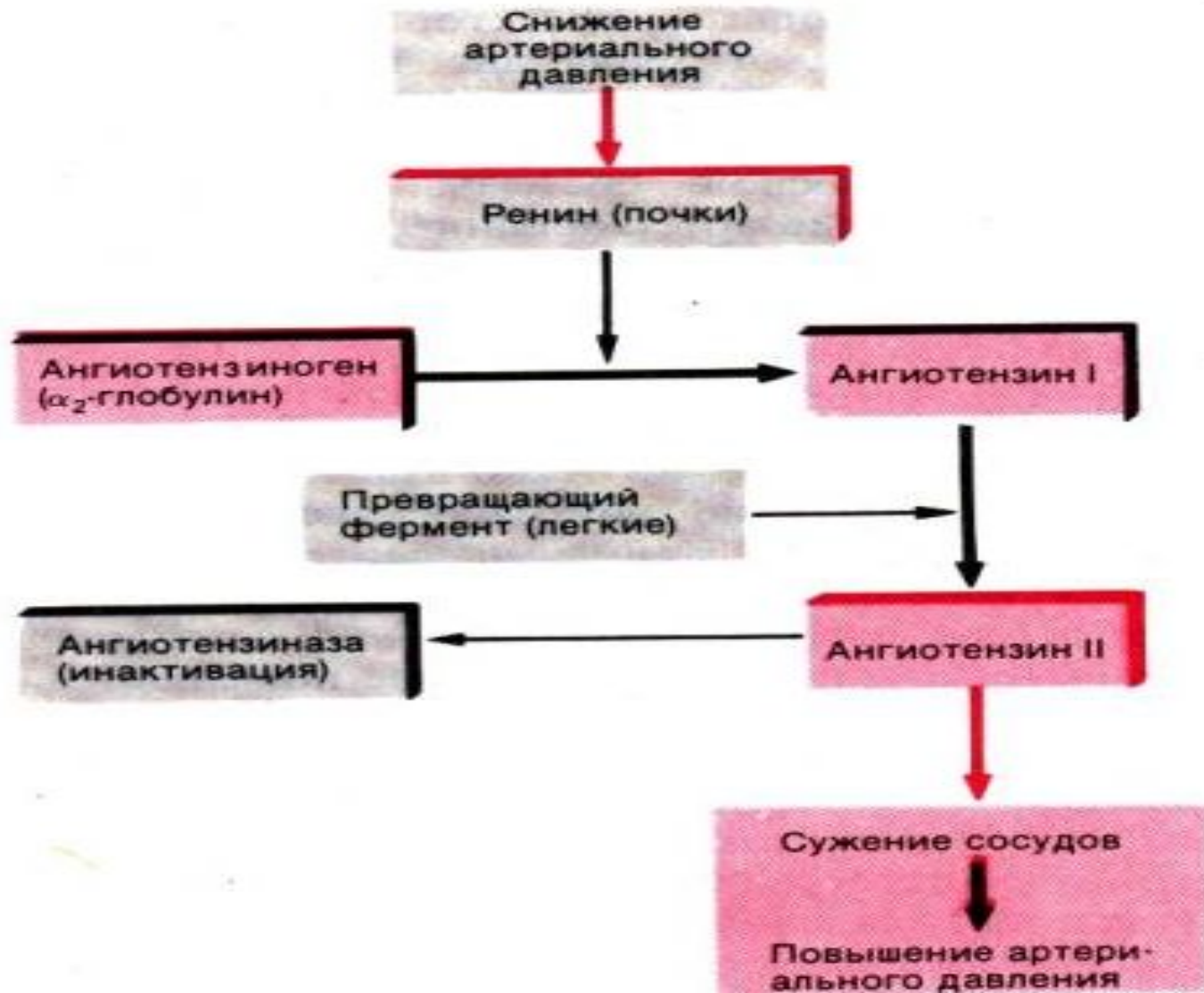


## Схема фильтрации и реабсорбции в капиллярах в различных физиологических и патологических условиях.

В зависимости от значений  $P_{эфф}$  и  $P_0$  фильтрационно-реабсорбционное равновесие в капиллярах смещается в сторону повышения либо фильтрации (Б, В, Г, либо реабсорбции (Д, Е))

# Миогенные механизмы саморегуляции





**Последовательность реакций вовлечения ренин-ангиотензиновой системы в регуляцию кровяного давления**

# Регуляторные механизмы длительного действия

**Развиваются в течение нескольких десятков минут, достигают максимума через несколько часов, обеспечивают компенсацию изменения давления в течение неограниченного времени.**

**На системном уровне изменяют объем внеклеточной жидкости путем изменения её потребления и выделения почками.**

## **К ним относят:**

- почечную регуляцию объема жидкости в организме,
- эффекты вазопрессина и альдостерона,
- эффекты предсердных гормонов.

## **Почечная регуляция объема жидкости в организме.**

Почечные механизмы саморегуляции поддерживают постоянство кровотока при колебаниях артериального давления от 90 до 180 мм.рт.ст.

Увеличение давления выше 180 мм. рт. ст. на 8-10 мм.рт.ст. увеличивает экскрецию воды в 8 раз. Падение артериального давления ниже 90 мм. рт. ст. резко уменьшает диурез, вплоть до его полного торможения.

# **Эффекты вазопрессина и альдостерона**

повышение осмотического давления - осморцепторы гипоталамуса – вазопрессин (антидиуретический гормон).

прессорецепторы предсердий – уменьшение выработки вазопрессина (эффект реализуется в течение 10-20 мин).

Вазопрессин увеличивает реабсорбцию воды в почках. В больших концентрациях - вазоконстриктор.

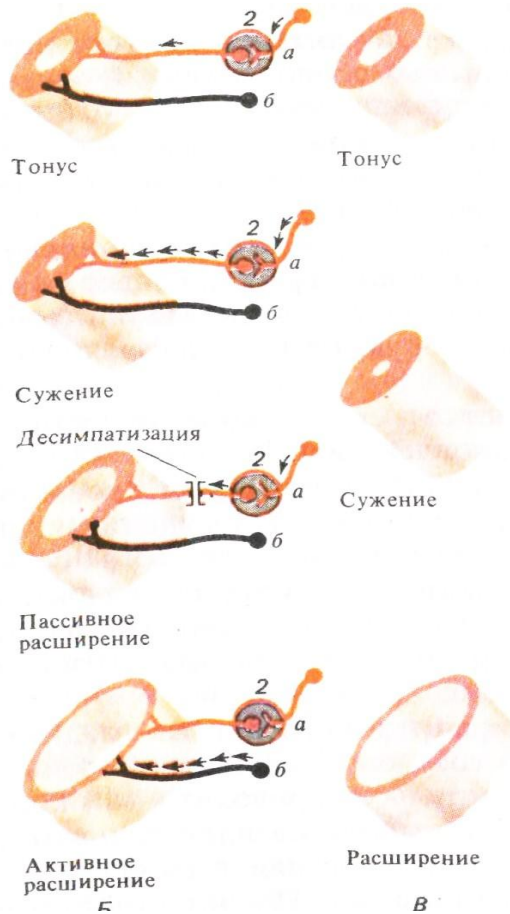
Альдостерон - при увеличении в крови ангиотензина II и снижении концентрации натрия в организме.

Реабсорбция натрия и воды в почках, увеличение чувствительности сосудов к адреналину, норадреналину и ангиотензину II.

# Натрий-уретический фактор

- увеличение экскреции натрия (и воды) с мочой
- расширение артерий и артериол,
- угнетение секреции ренина и альдостерона,
- снижение чувствительности альфа-адрено рецепторов,
- уменьшение выделения адреналина и норадреналина,
- коронарная вазоконстрикция.

# СОСУДИСТЫЙ ТОНУС ПОКОЯ



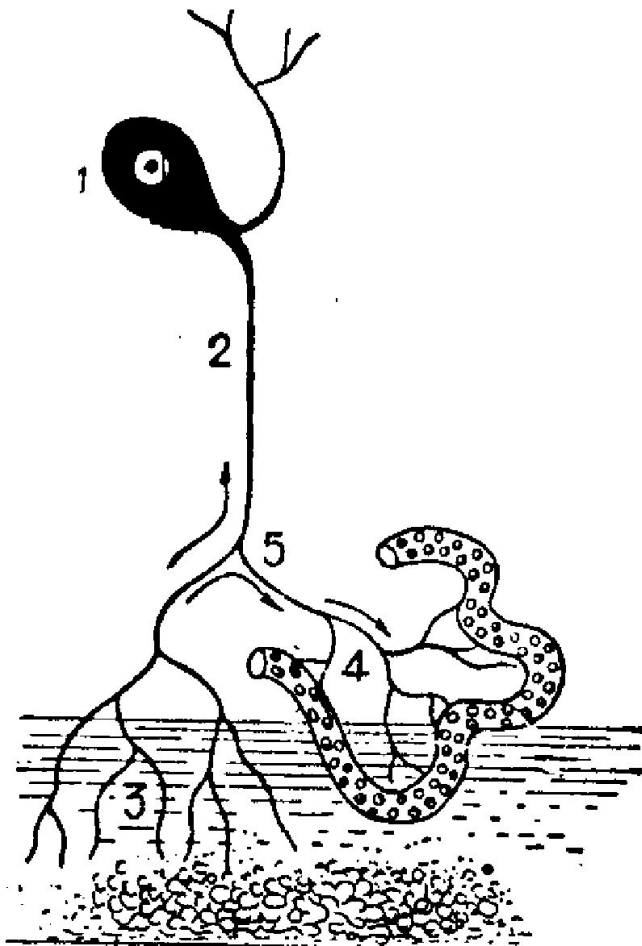
Норадренал  
Ангиотензин  
Вазопрессин  
и др.

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

- А — влияние симпатического нерва (опыт К. Бернара):  
 I — результат десимпатизации,  
 II — результат раздражения периферического конца перерезанного симпатического нерва;  
 Б — нервная регуляция просвета сосуда:  
 а — сосудосуживающие симпатические нервы (адренергические),  
 б — сосудорасширяющие нервы;  
 В — гуморальная регуляция просвета мелких сосудов;  
 1 — стимулятор,  
 2 — симпатический ганглий,  
 3 — норадреналин, ангиотензин, вазопрессин и др.,  
 4 — СО<sub>2</sub>, молочная кислота, гистамин, брадикинин и др.



# Аксон-рефлекс



- Это местная ответная реакция ткани на раздражитель без участия ЦНС: возбуждение интероцептора является стимулом к локальному выделению нейропептидов из его терминалей.
- При наличии коллатерали по ходу сенсорного волокна возбуждение может перейти на коллатераль аксона, и вызвать выделение нейропептидов.

# Гуморальные влияния на сосудистый тонус



# Гуморальная регуляция

## Адреналин и норадреналин

$\alpha$  активация сосудов вызывает их сужение,  $\beta$  - расширение. Норадреналин является преимущественно  $\alpha$ -агонистом. Адреналин активирует и  $\alpha$  и  $\beta$  рецепторы. Порог  $\beta$  рецепторов для адреналина ниже, чем  $\alpha$ , поэтому в малых дозах гормон вызывает вазодилатацию, а в больших - вазоконстрикцию.

**Вазопрессин** - суживает артериолы и прекапилляры.

**Альдостерон** - усиливает реабсорбцию натрия и повышает реактивность сосудов к адреналину и норадреналину.

**Тироксин** - увеличивает реактивность сосудов к катехоламинам.

**Ангиотензин II** - вызывает мощную сосудосуживающую реакцию.

**Глюкагон** - вызывает расширение сосудов.

# ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СОСУДИСТОГО ТОНУСА

**Вазоконстрикторы:**

**Вазодилататоры:**

## Общая гуморальная регуляция

**Ангиотензин-2**

**Атриопептид**

**Норадреналин**

**Адреналин**

**Простагландины**

**Вазопрессин**

**Плазмакинины**

## Гуморальная регуляция эндотелием

**Эндотелин**

**Окись азота (NO)**

## Гуморальная регуляция метаболитами

**Лактат и др (<pH)**

**Тканевые кинины**

**Гистамин, АДФ**

## Вазоконстрикторы

- норадреналин и адреналин (НТ, Г)
- ангиотензин II (Г, ПА)
- АДГ (Г) (только при высокой концентрации)
- аденозин (ПА)
- тромбоксан  $A_2$  (ПА) (при патологии)
- лейкотриены (ПА) (при патологии)
- эндотелин (ПА) (при патологии)

НТ - нейротрансмиттер; Г - гормон; ПА - паракринный агент

## Вазодилататоры

- $\text{PGE}_2$  и  $\text{PGI}_1$  (простаглицлин) (ПА)
- Предсердный натрийуретический фактор (Г) (дилатация афферентной артериолы, но сужение эфферентной)
- NO (ПА)
- Допамин (НТ) (в экскреции натрия)
- Брадикинин (ПА)

НТ - нейротрансмиттер; Г - гормон; ПА - паракринный агент

# Особенности рефлекторной регуляции кровотока в малом круге

**Рефлекс Китаева** – или вено-пульмональный – повышение давления в легочных венах (или левом предсердии) ведет к активации депрессорного отдела вазомоторного центра и расслаблению гладкомышечных сосудов большого круга кровообращения, что позволяет перебросить часть крови из малого круга кровообращения в большой круг кровообращения.

**Рефлекс Гауэра-Генри** – растяжение левого предсердия приводит к тому, что в гипоталамусе снижается продукция **вазопрессина**, что приводит к повышению диуреза, и в целом, уменьшению объема циркулирующей крови и снижению артериального давления в малом круге кровообращения.

**Рефлекс Парина** – повышение артериального давления в легочных артериях до 60 мм.рт.ст. ведет к повышению активности барорецепторов легочных артерий, возбуждению депрессорного отдела вазомоторного центра и повышению тонуса кардиоингибиторного центра. Результат – снижение артериального давления в большом круге кровообращения, и переброс части крови из малого круга кровообращения в большой круг кровообращения.

# Функциональная система поддержания артериального давления (ФСАД)

