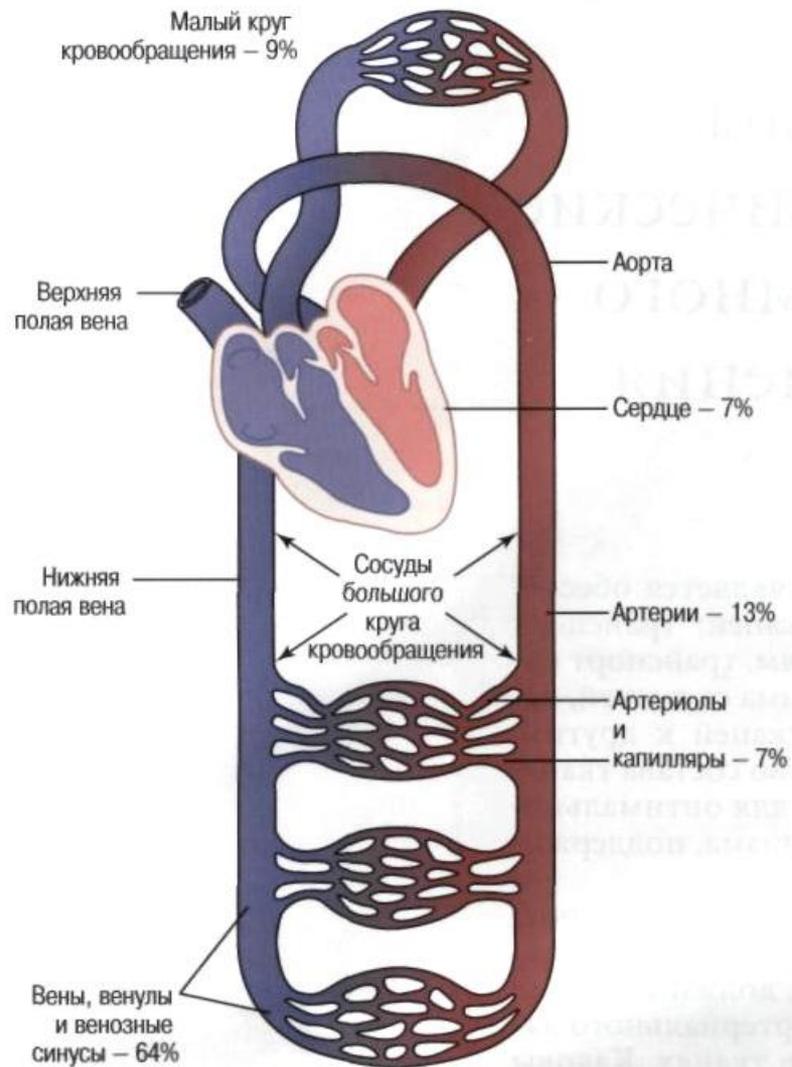


Системное кровообращение



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

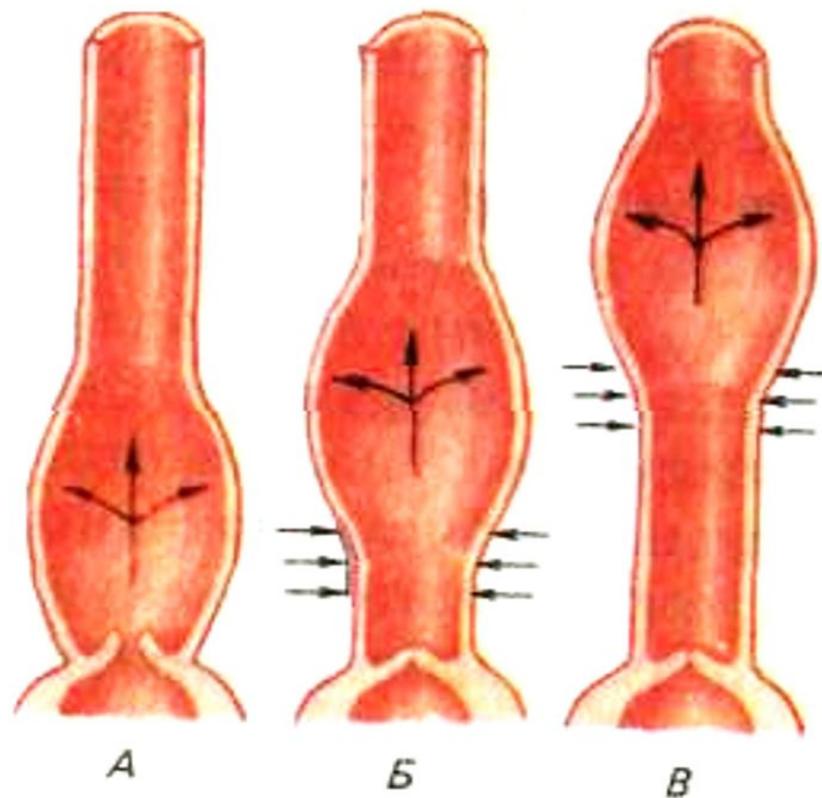
- обменные сосуды

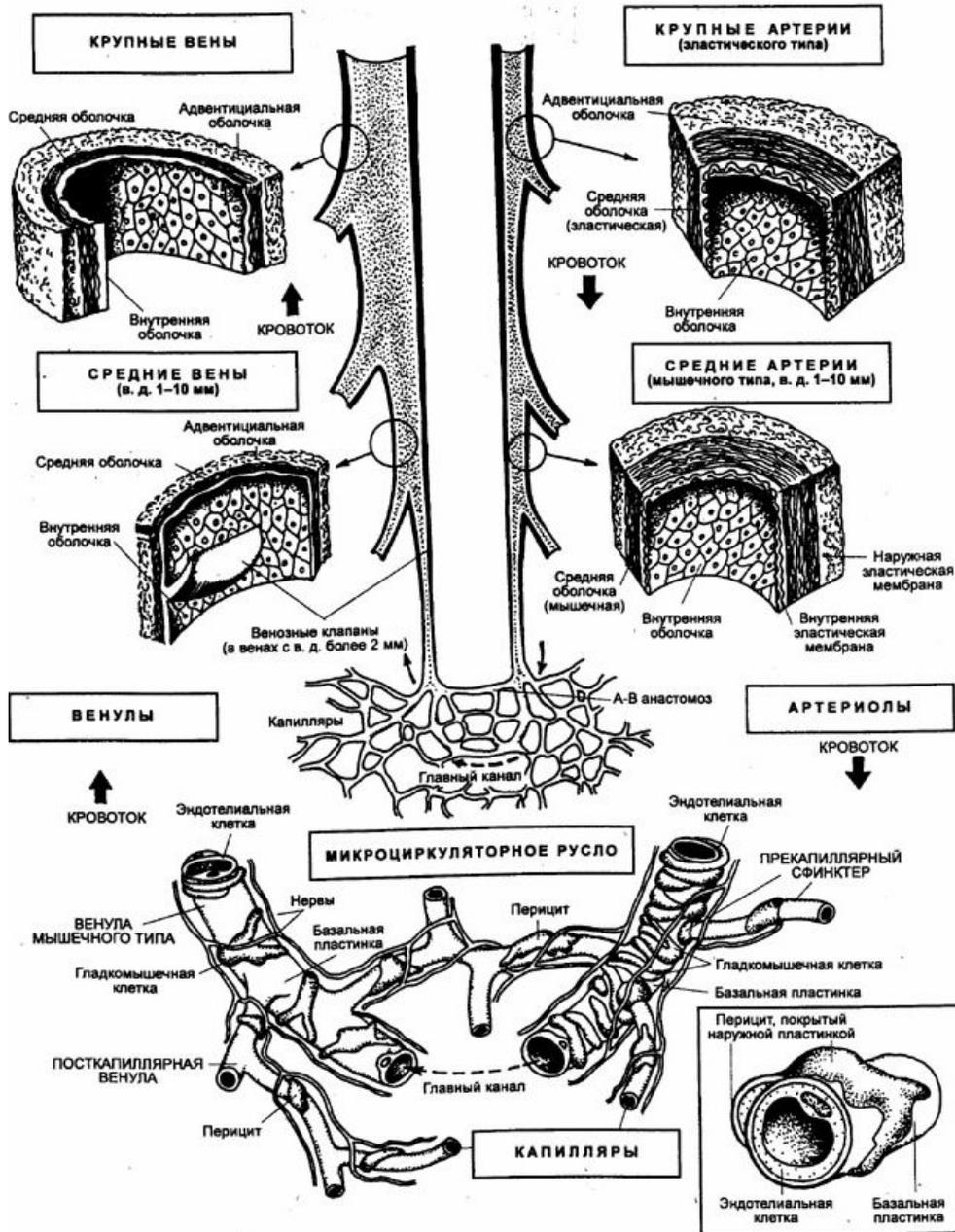
Вены

- 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

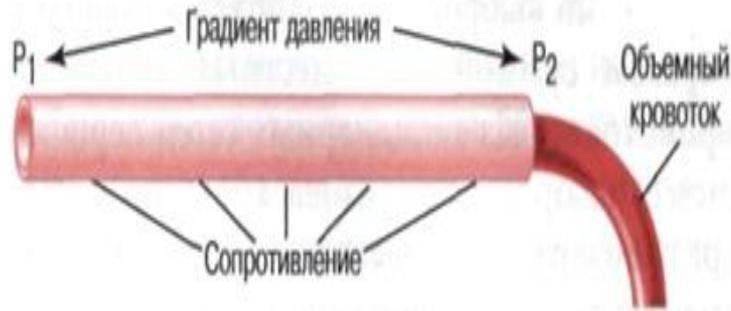




Основные структуры, сосудистой системы млекопитающих

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.

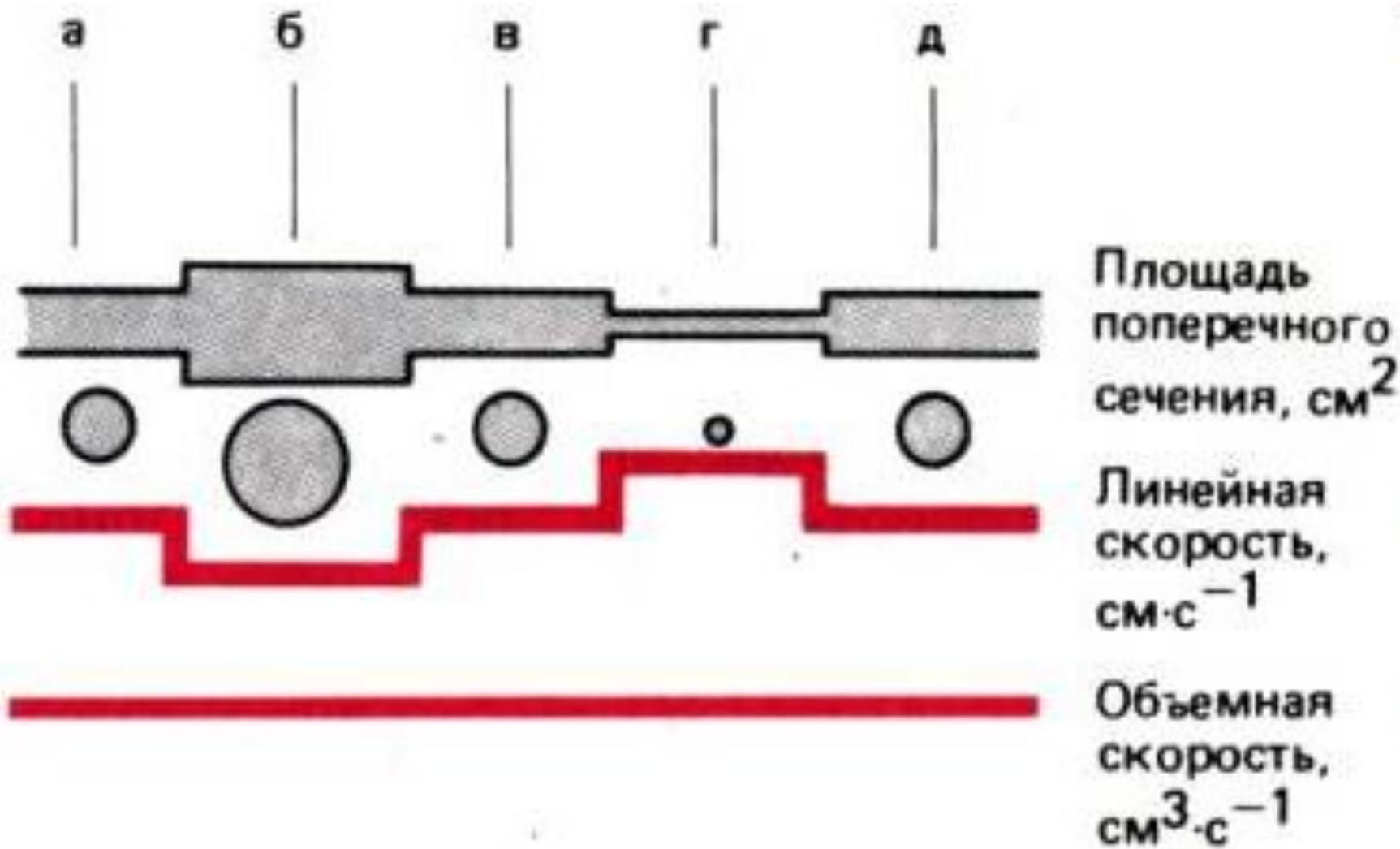
$$Q = v\pi r^2$$

Объёмная скорость кровотока кроме того выражает взаимосвязь давления и сопротивления:

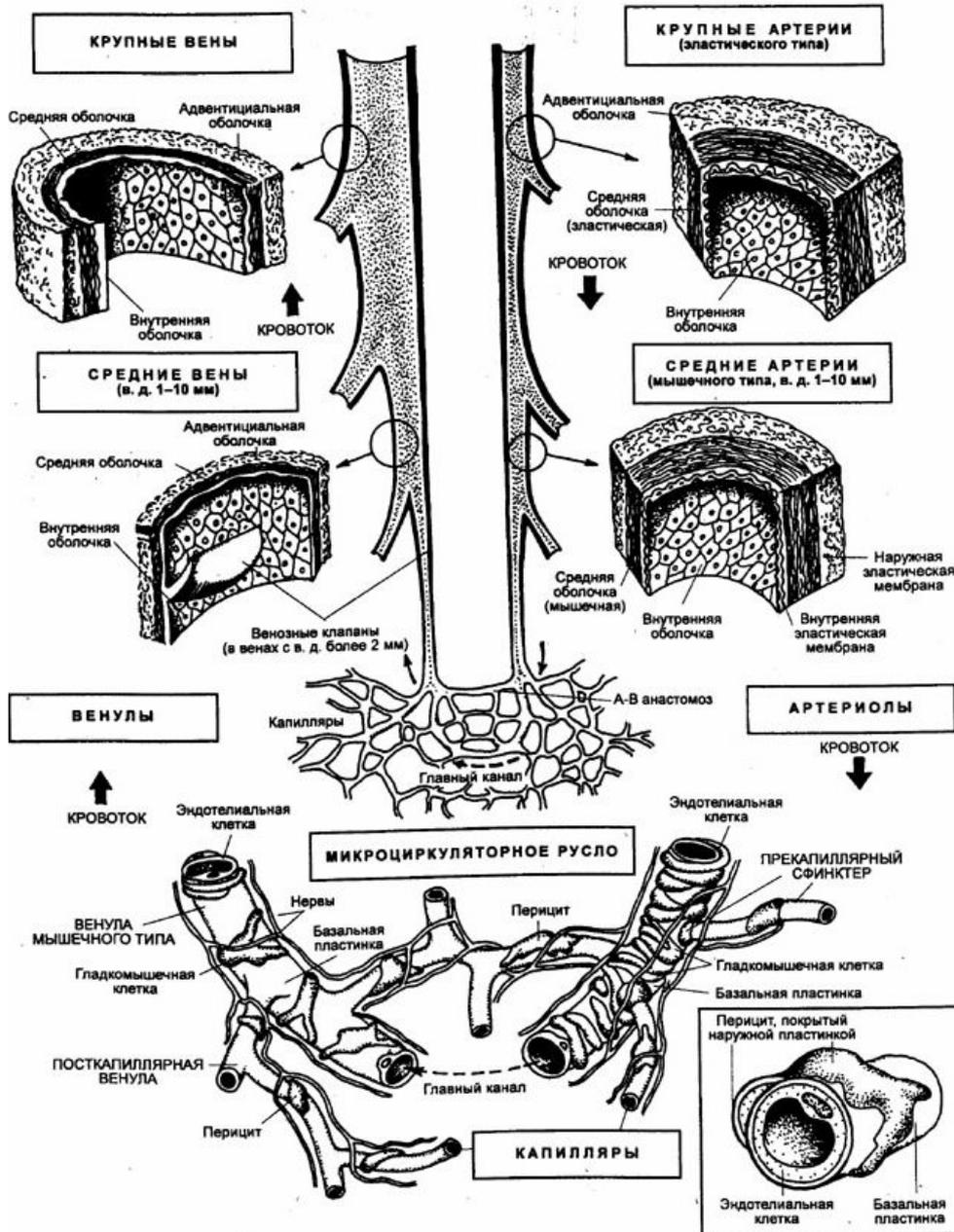
$$Q= P1-P2/R$$

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:

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

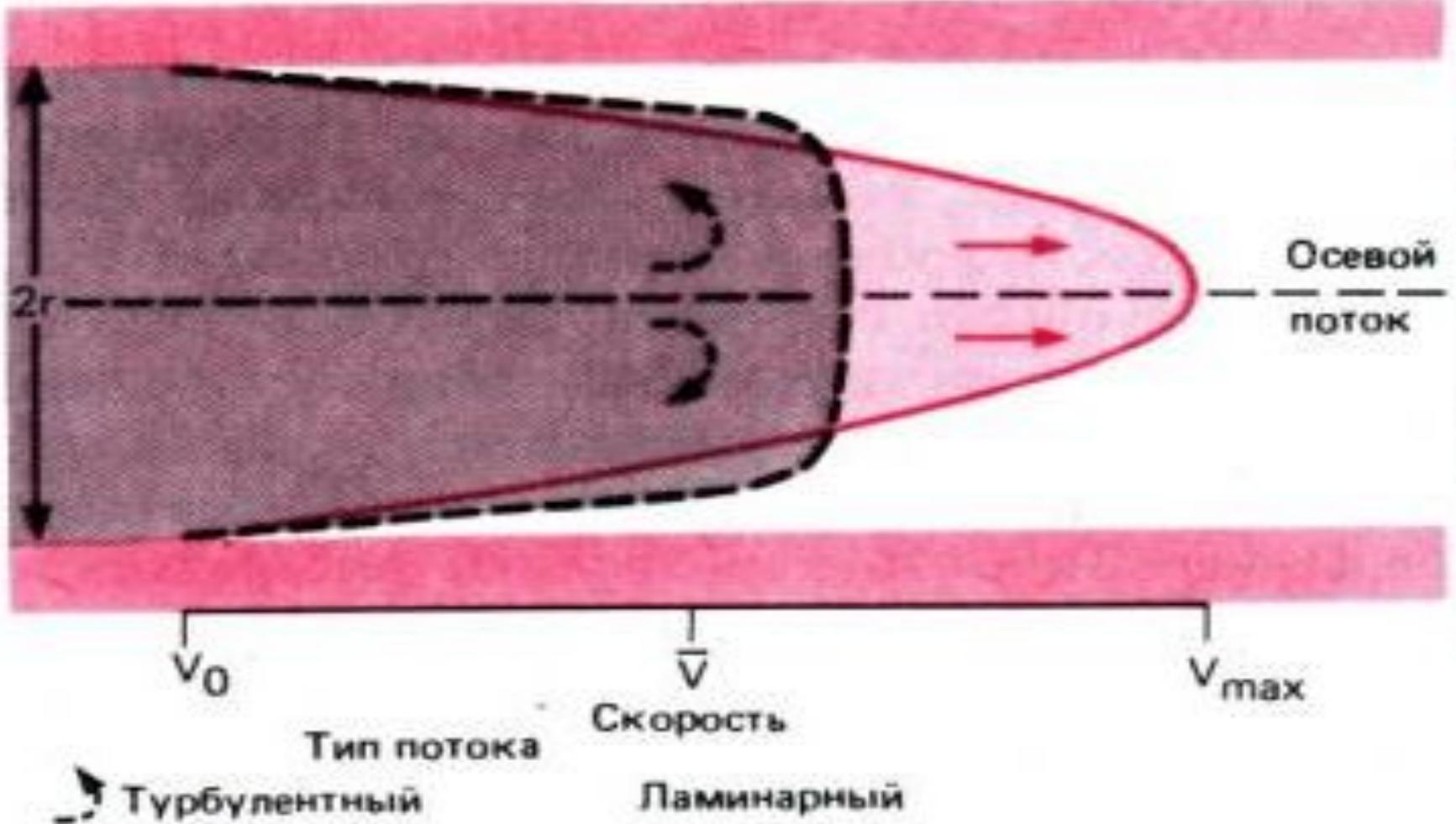
где R — сопротивление трубки,
 η — вязкость протекающей жидкости,
 L — длина трубки,
 r — радиус трубки.

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

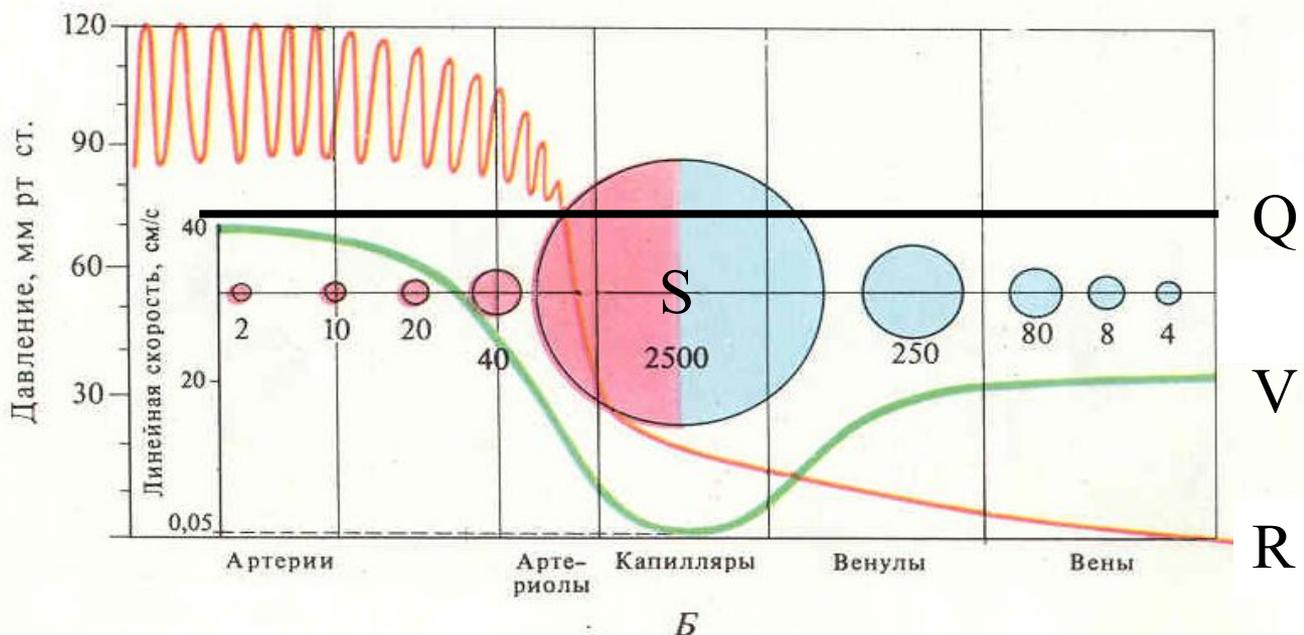
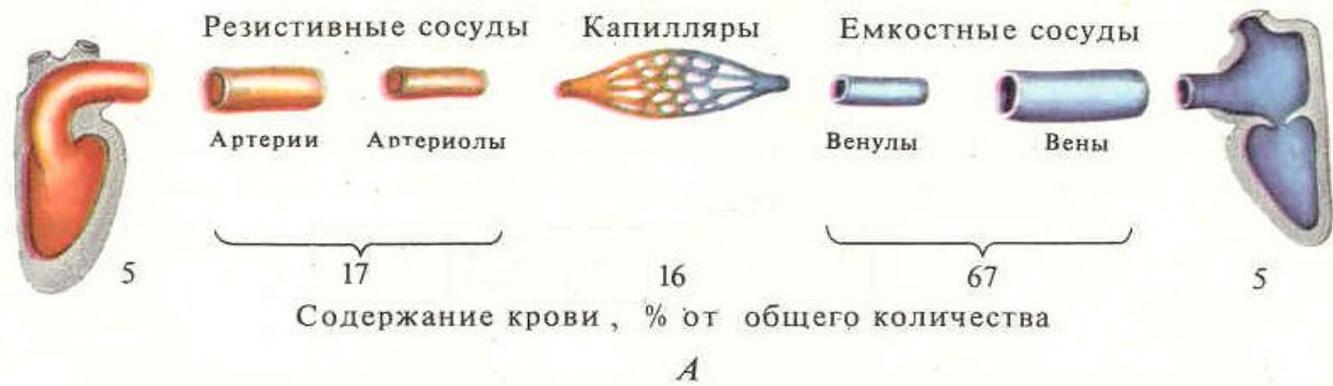
$$R = P/Q$$

**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.**

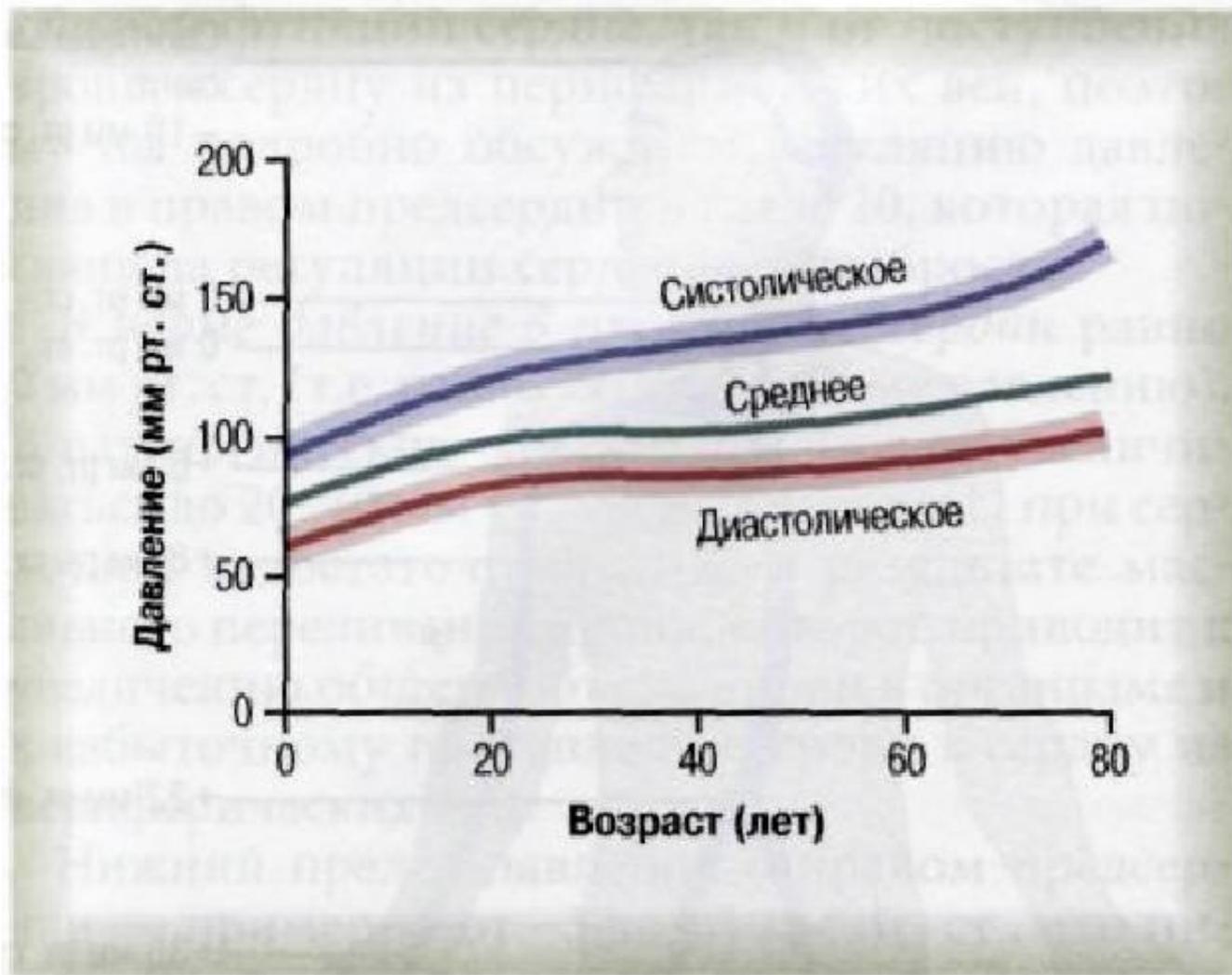
Артериальное давление

Методы исследования АД у человека

- Метод Рива-Роччи
- Метод Короткова
- Артериальная осциллография

Виды артериального давления.

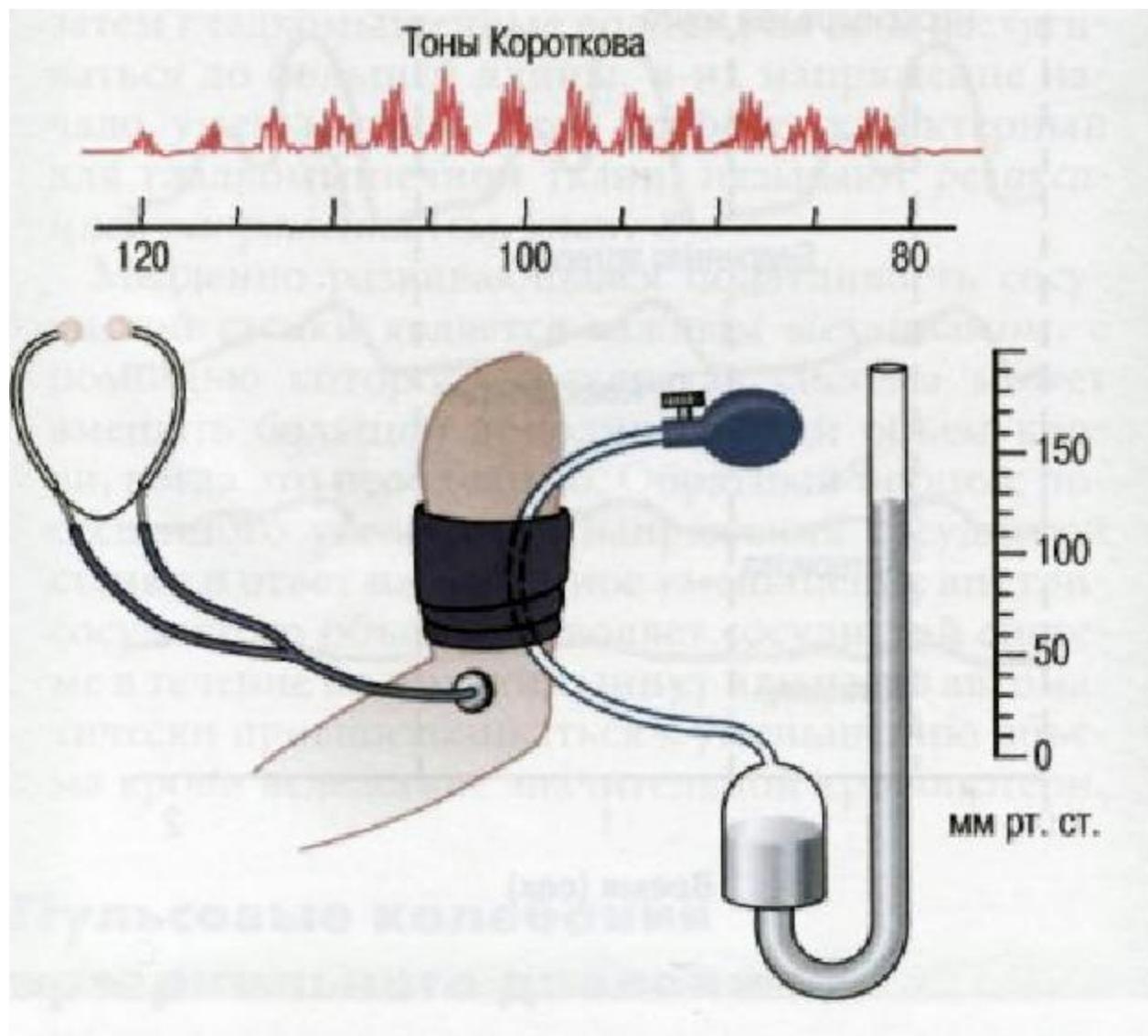
- Систолическое АД (САД)
- Диастолическое АД (ДАД)
- Пульсовое АД (ПАД) = САД-ДАД
- Среднее АД (АД_{ср}) = ДАД + 1/3 ПАД



Изменение систолического, диастолического и среднего артериального давления с возрастом

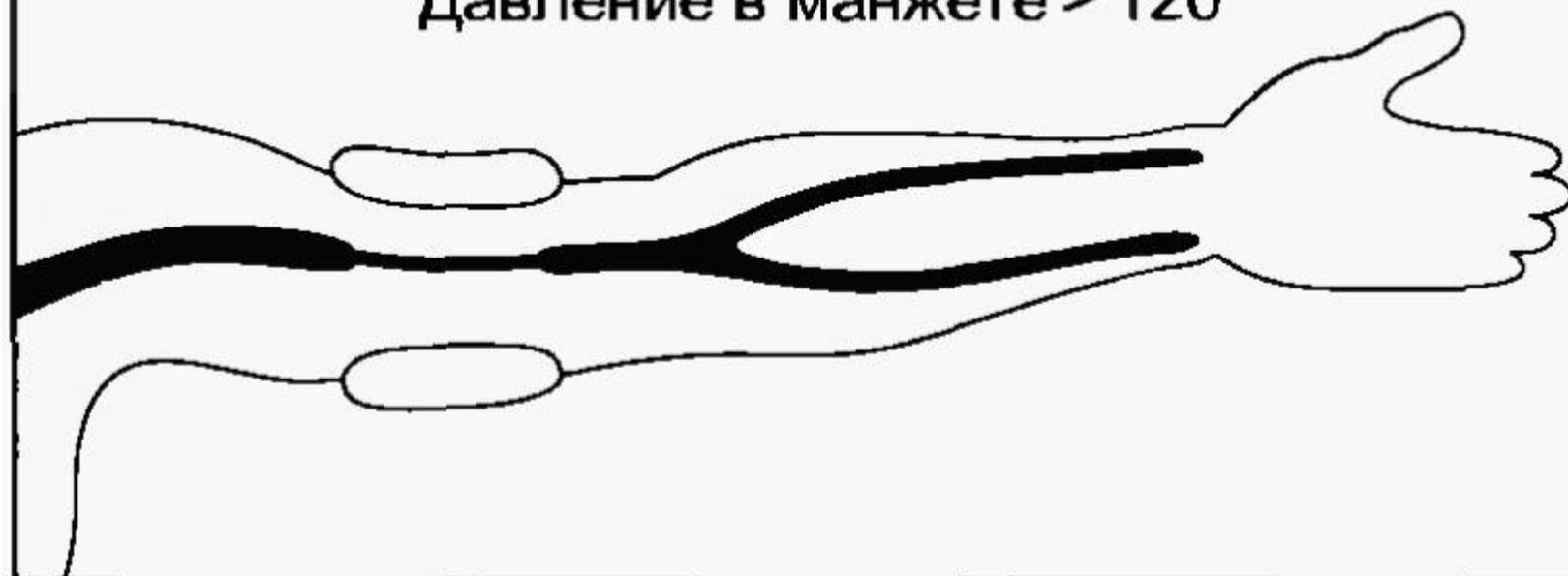
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ АД

- **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

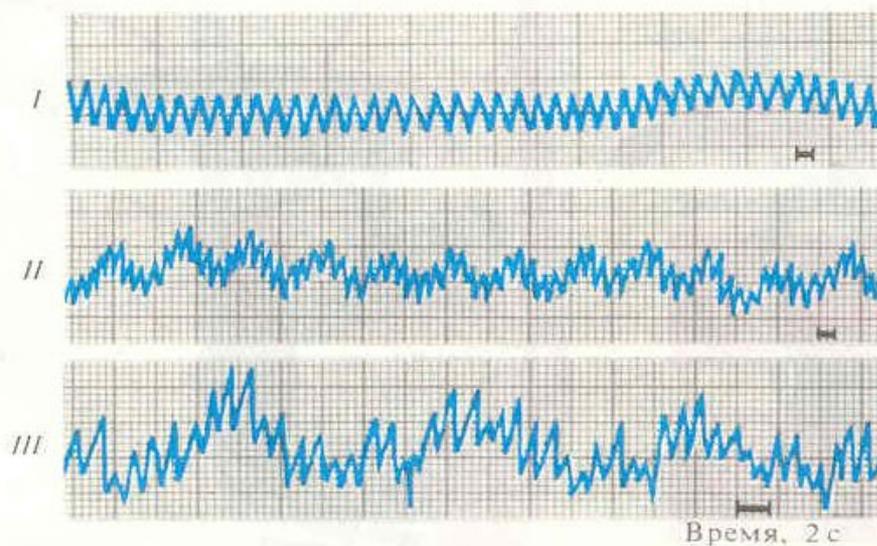
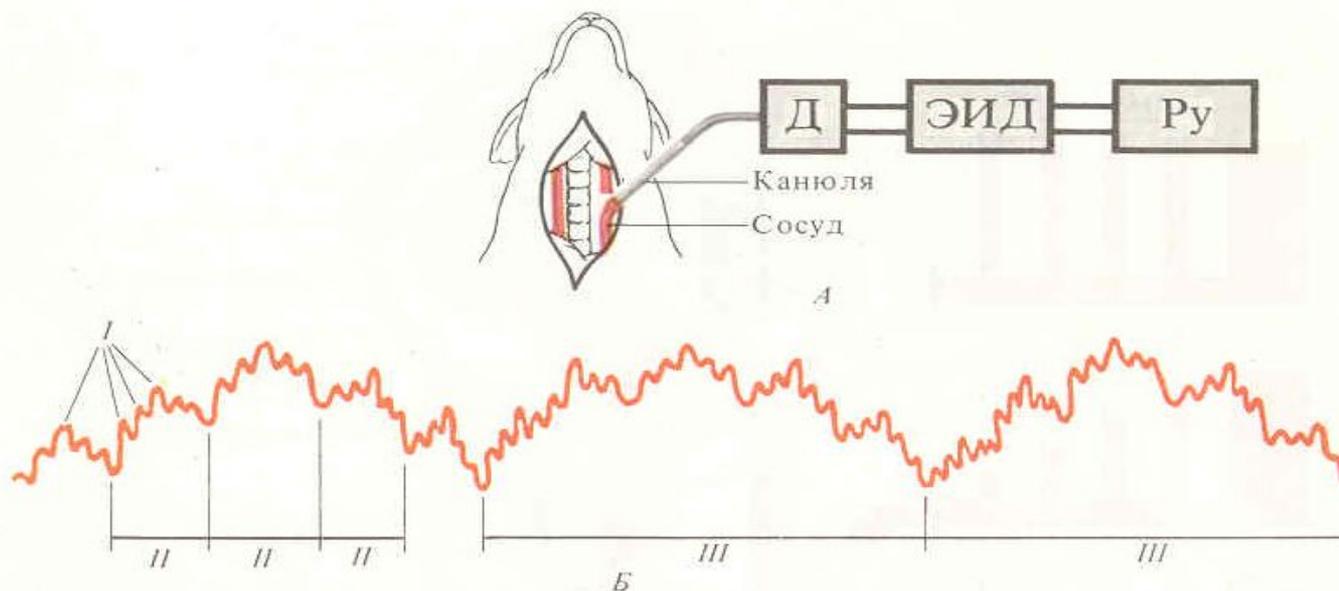


Когда давление в манжете превосходит систолическое артериальное давление (120 мм рт. ст.), кровь не поступает через участок артерии под манжетой и никаких звуков нельзя услышать с помощью фонендоскопа, расположенного на руке ниже манжеты



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

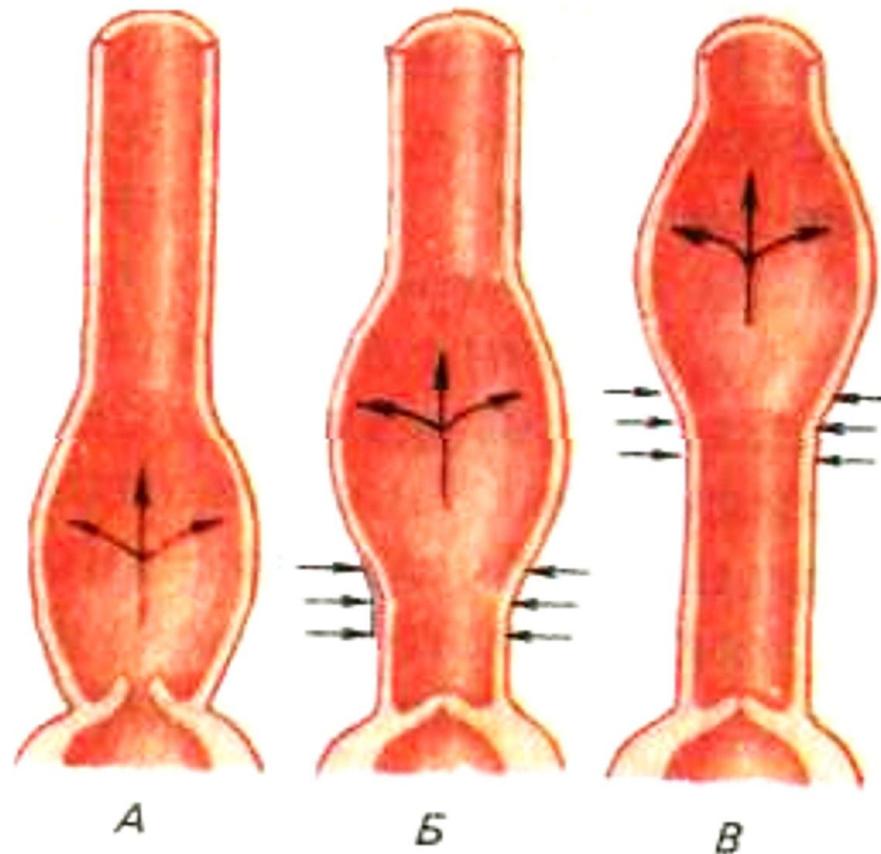
- отводят кровь от органов и тканей,
- депонируют до 70% крови для дальнейшего ее использования,
- регулируют венозный возврат к сердцу и артериальное давление,
- регулируют транскапиллярный обмен путем изменения соотношения пре- и посткапиллярного давления,
- участвуют в обмене с окружающими тканями,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

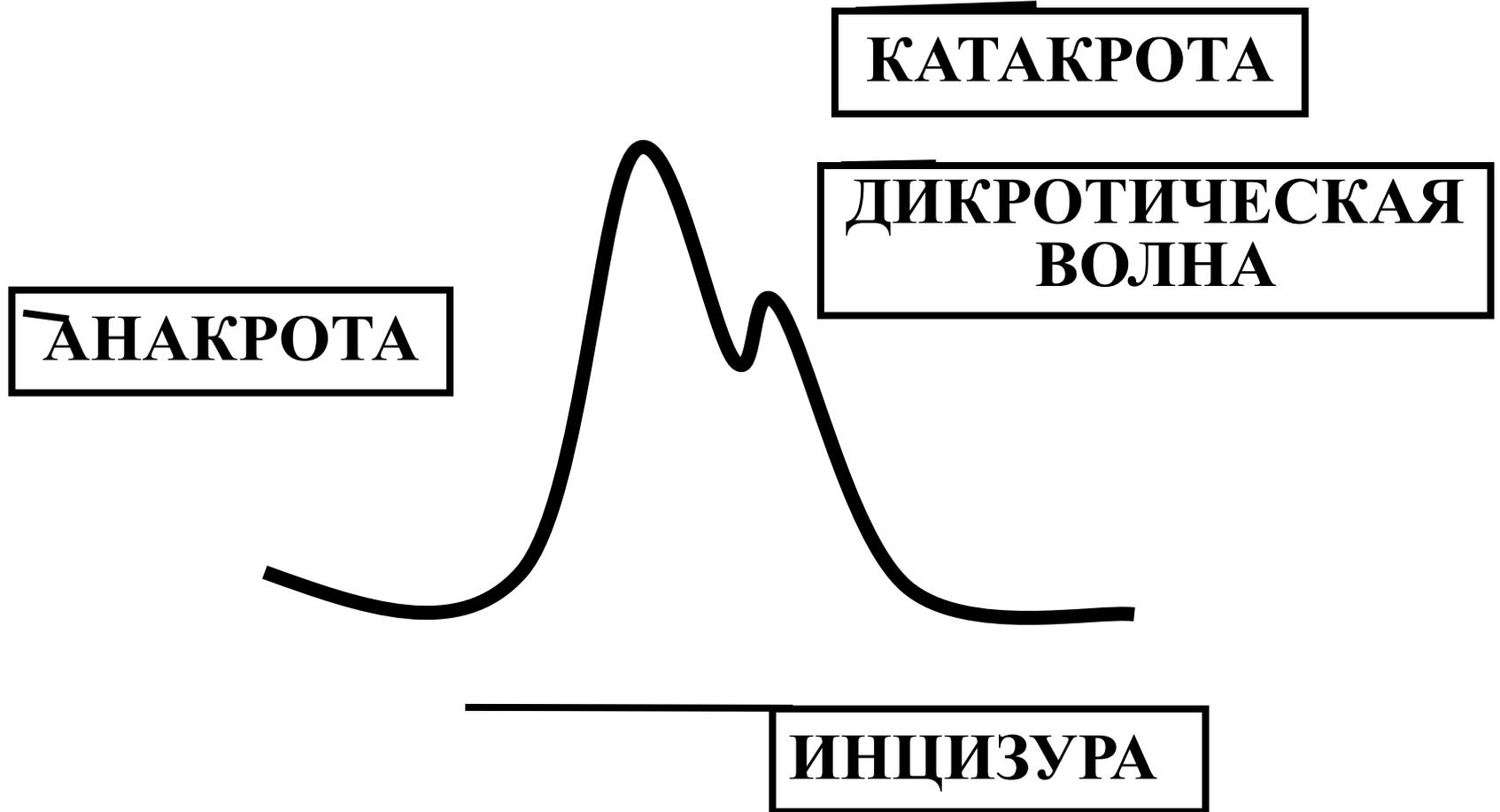
функция «компрессионной камеры» и механизм распространения пульсовой волны:

А — растяжение ближайшего к сердцу участка аорты,

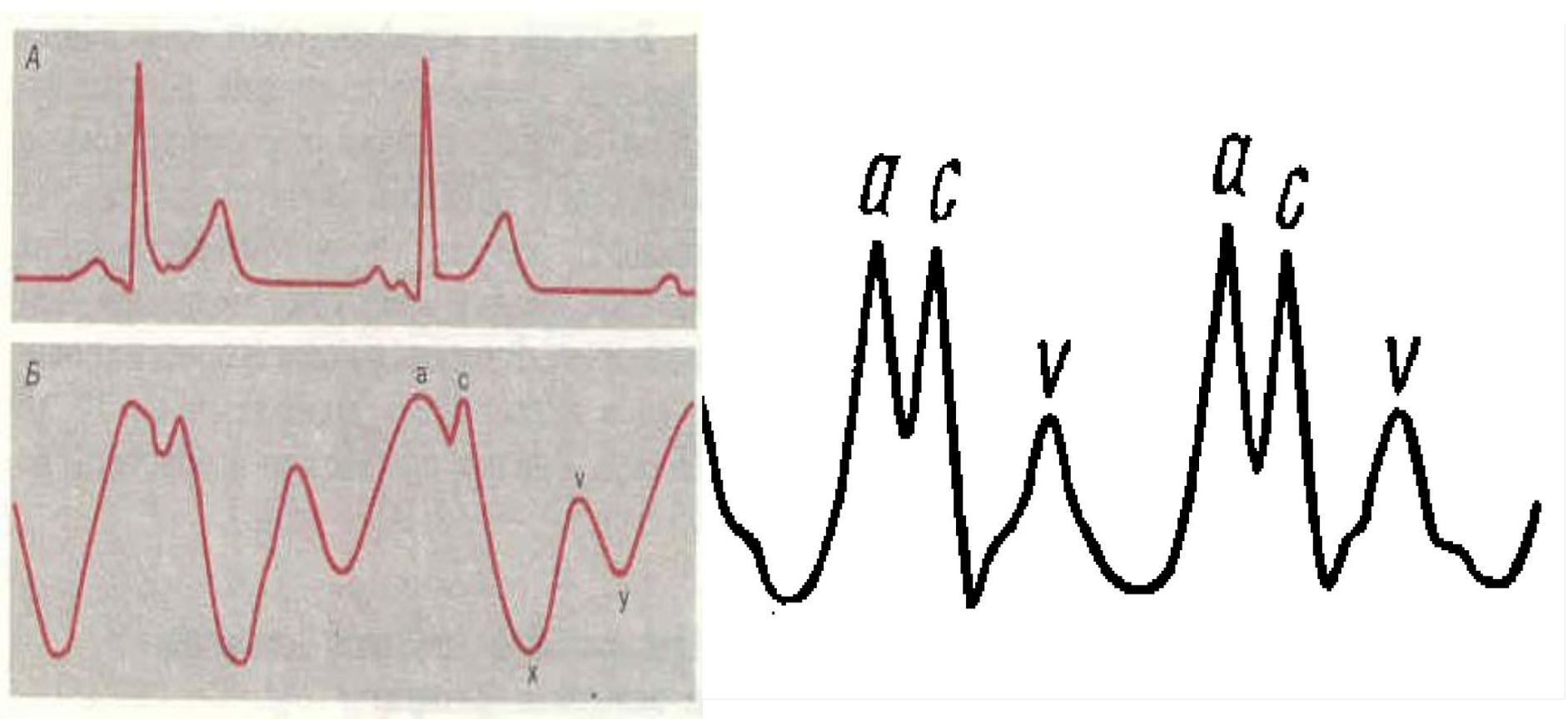
Б — растяжение следующего участка и заполнение его кровью,

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

Сфигмограмма артерии



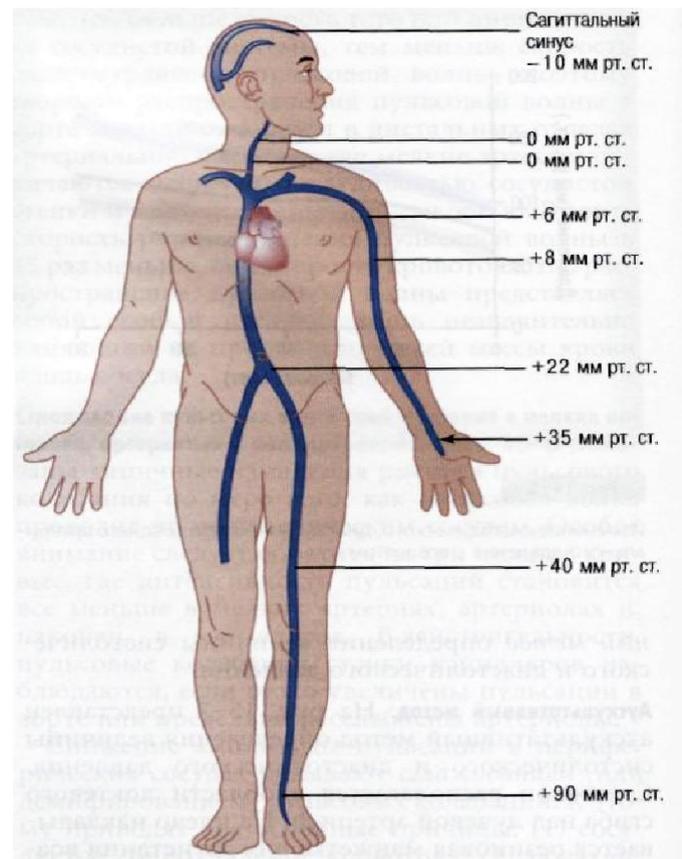
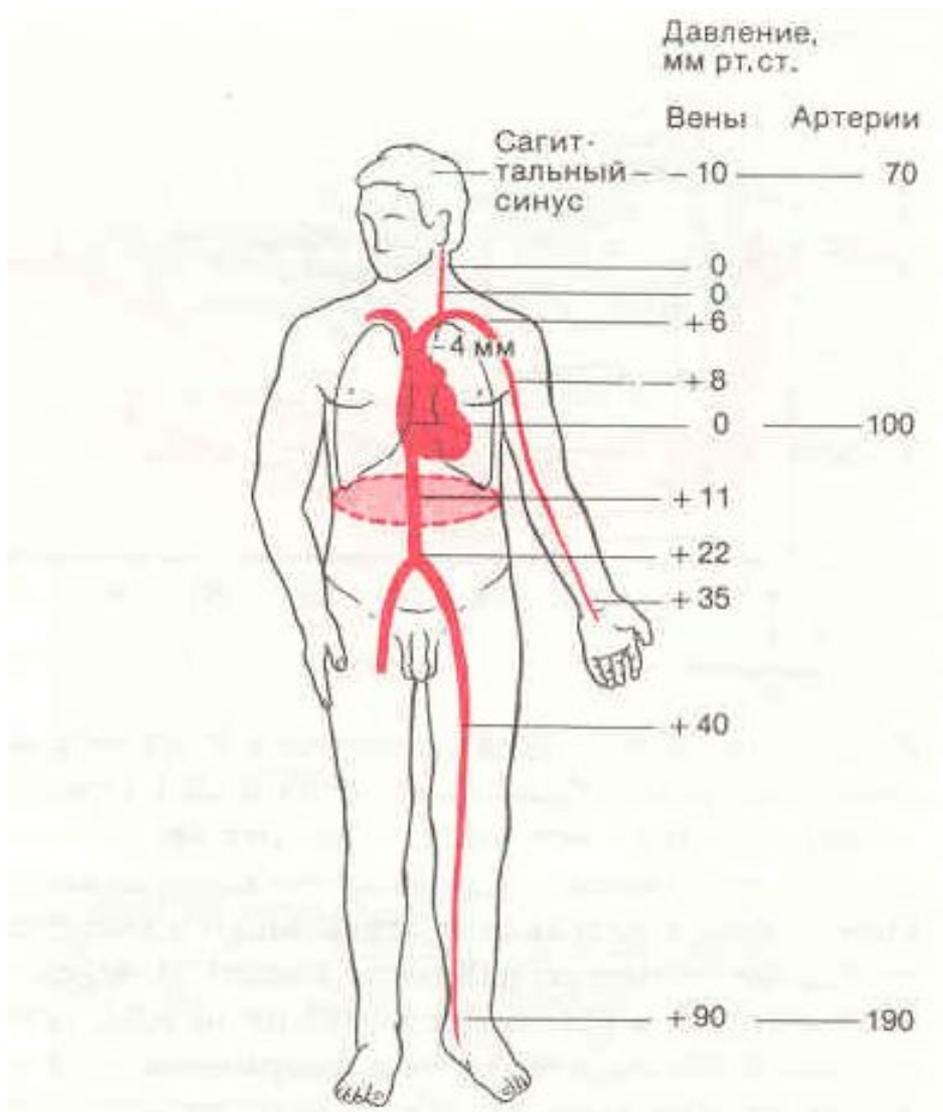
Венный пульс (флебограмма)



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



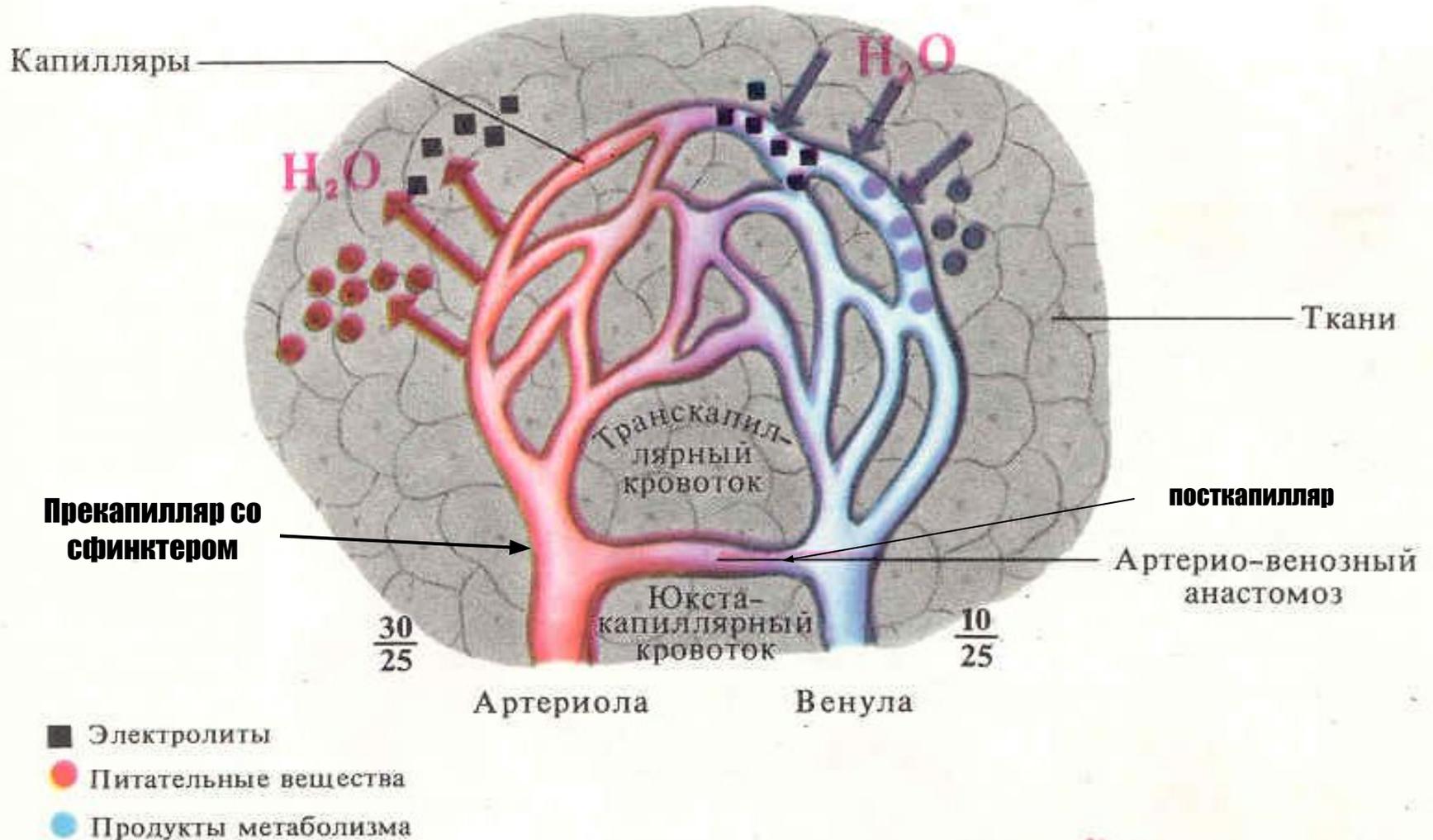
Влияние гравитационных сил на венозное давление вертикально стоящего человека

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

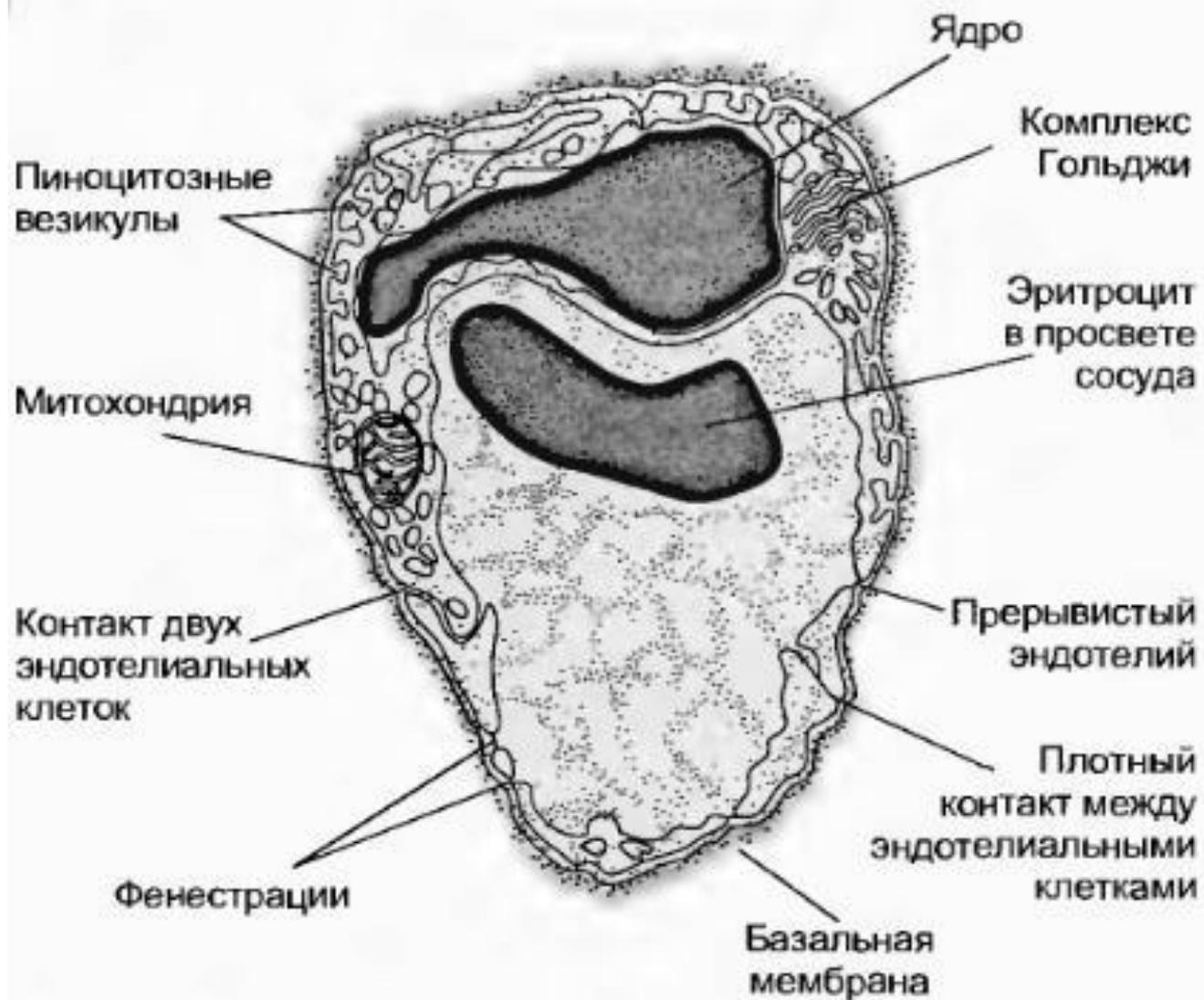
- **Магистральные капилляры**
- **Боковые капилляры и капиллярные сети**
- **Дежурные капилляры (25%)**
- **Плазматические капилляры (10%)**
- **Молчащие капилляры (65%)**
- *Соматические*
- *Висцеральные или фенестрированные*
- *Синусоидальные со щелями*

Классификация капилляров по строению эндотелиальной стенки

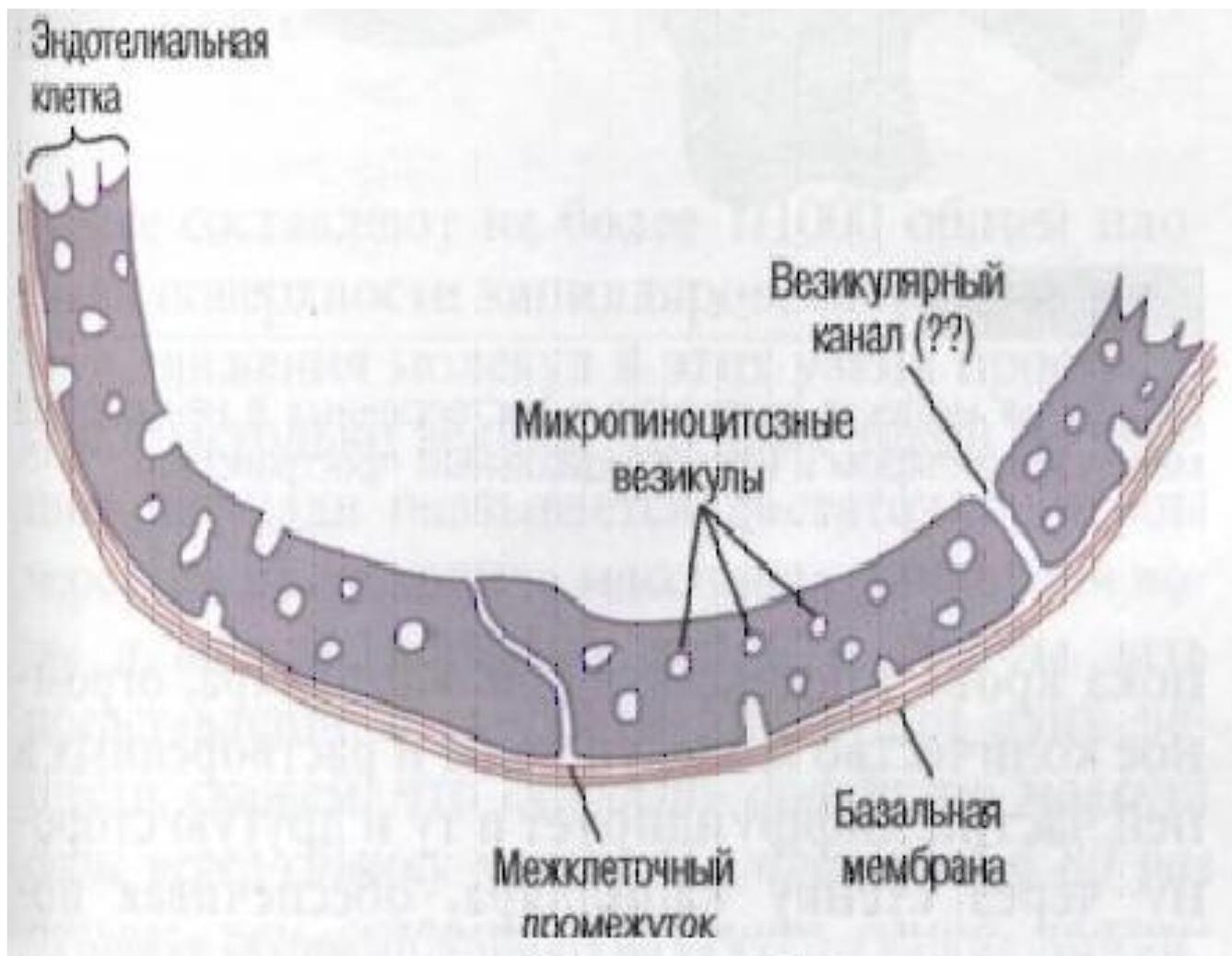
Капилляры с непрерывной стенкой – «закрытые капилляры» - эндотелиальные клетки прилегают плотно друг к другу не образуя зазора. Широко представлены в гладких мышцах, скелетных мышцах, в сердечной мышце, в сосудистой ткани, легких, ЦНС.

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** - $< 50 \text{ мкм}$

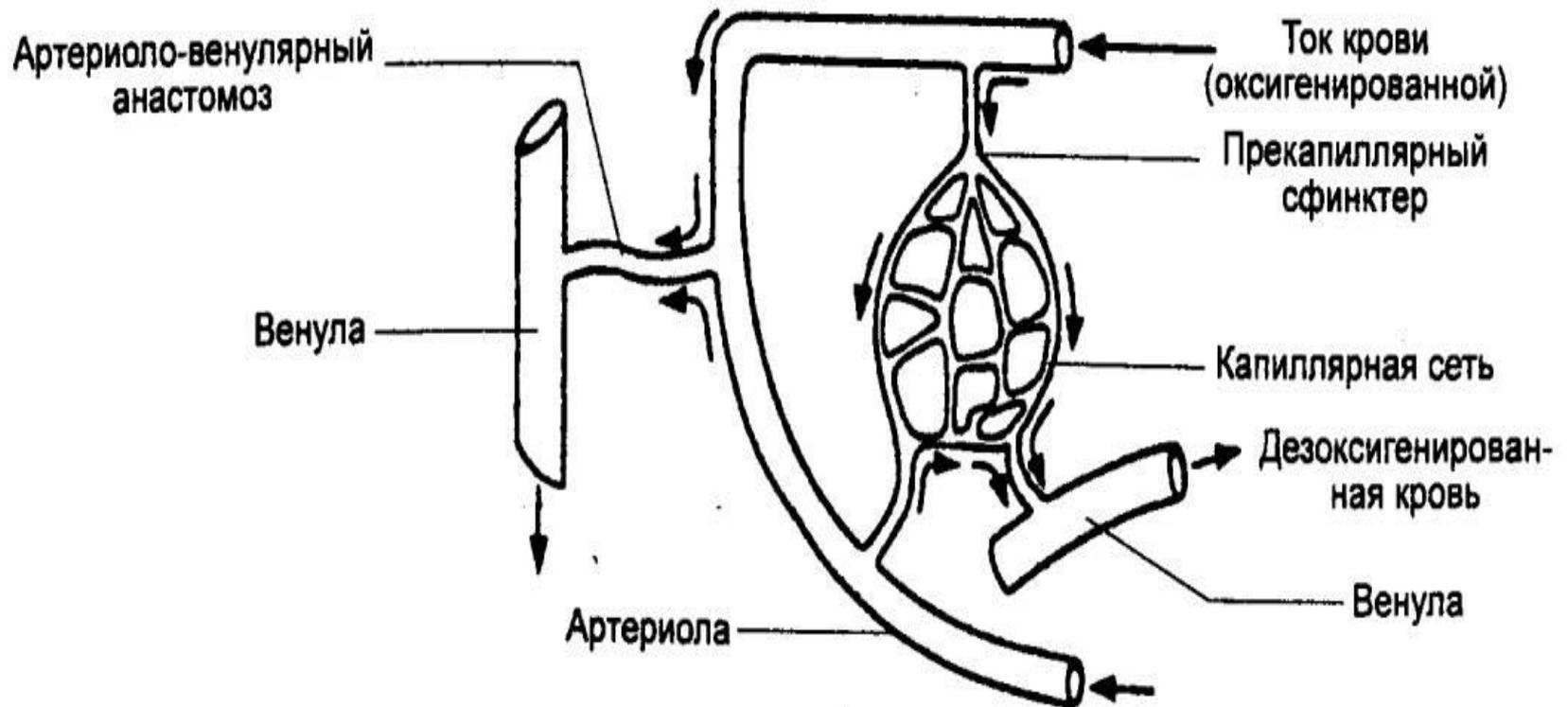
Микроциркуляция и транскапиллярный обмен

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



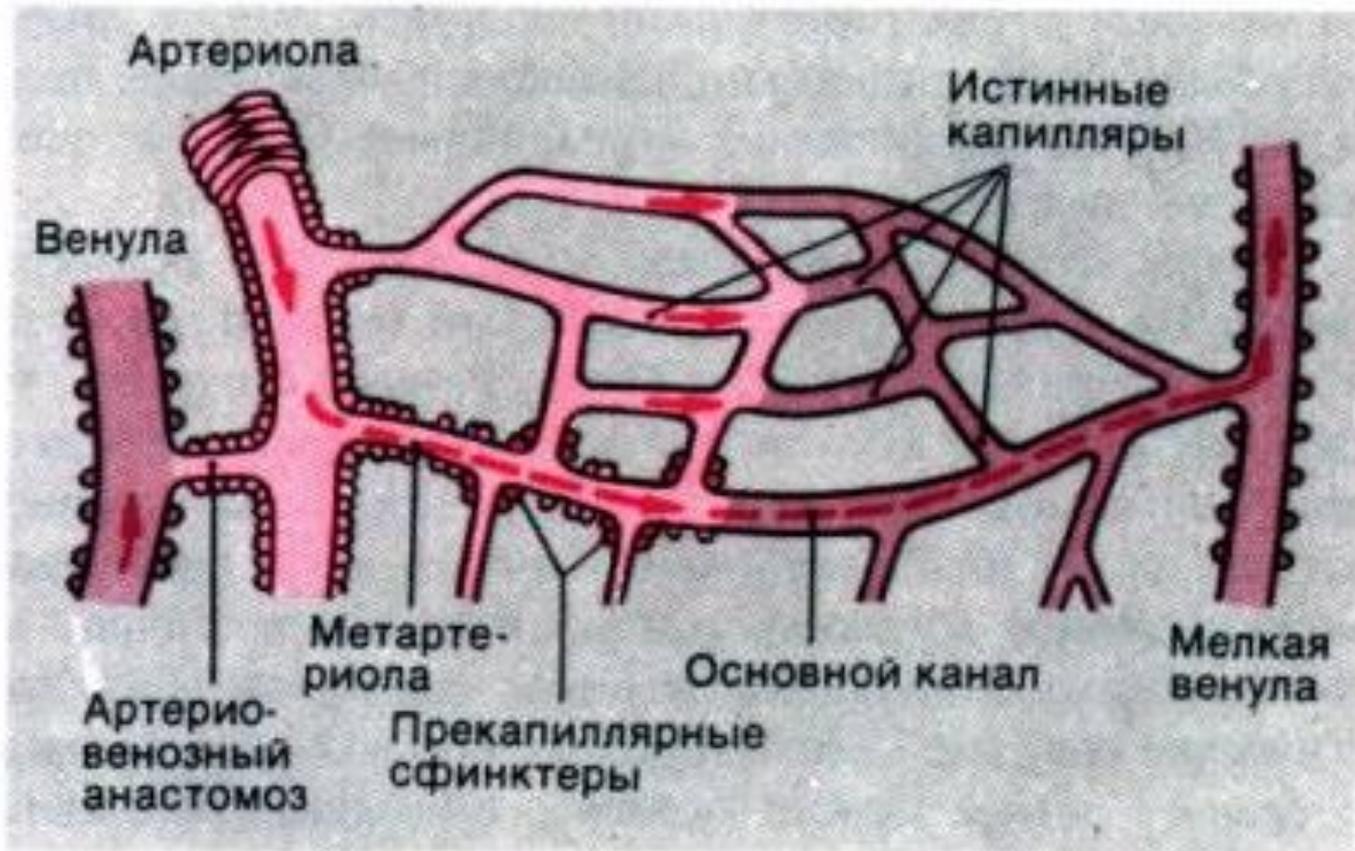
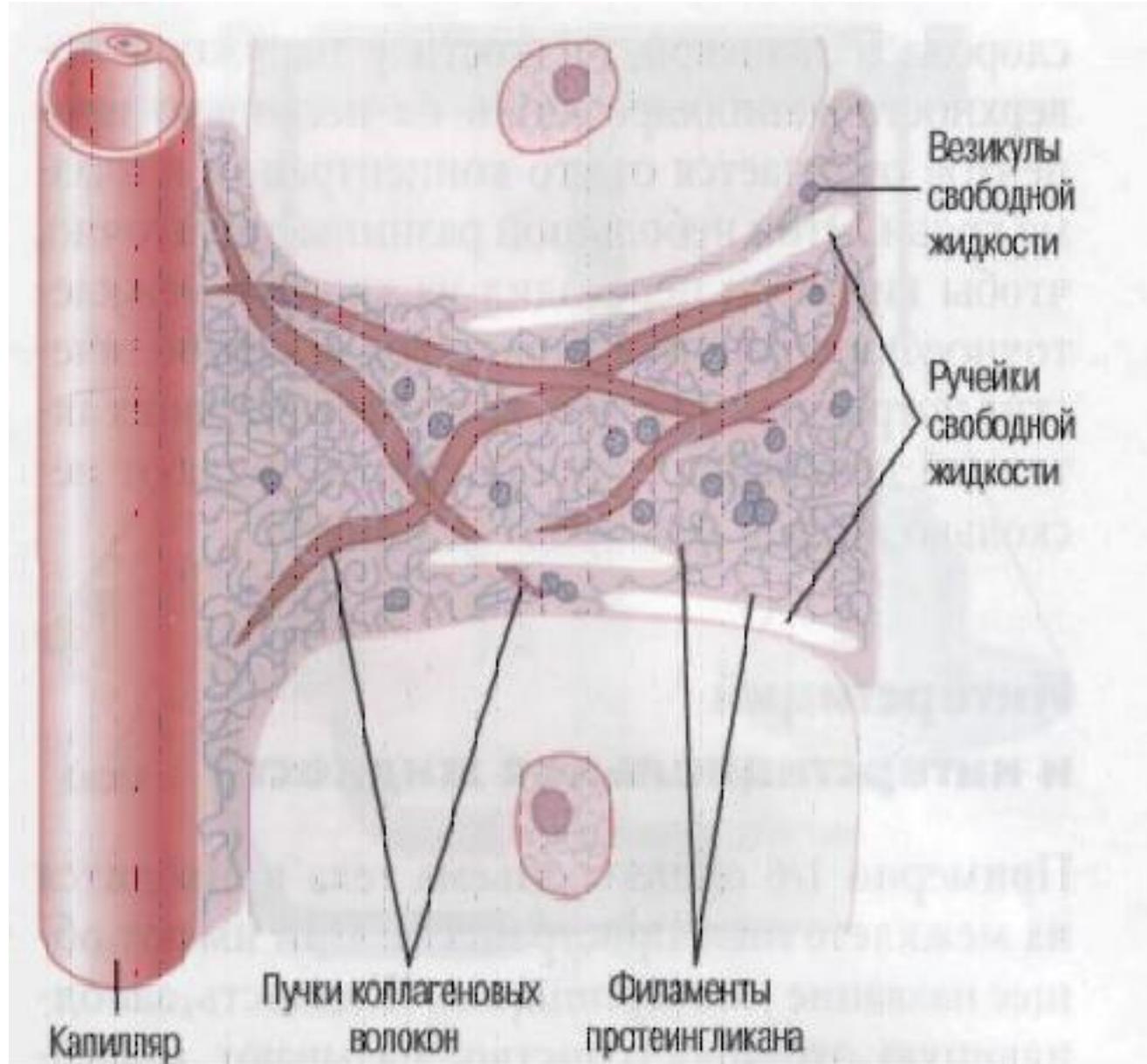


Схема микроциркуляторного русла. От артериолы ответвляются метартериолы, несколько более широкие, чем истинные капилляры. Продолжением метартериолы служит основной канал. Стенка метартериолы в области ответвления от артериолы содержит гладкомышечные волокна (изображены полукругами вокруг стенок сосудов).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



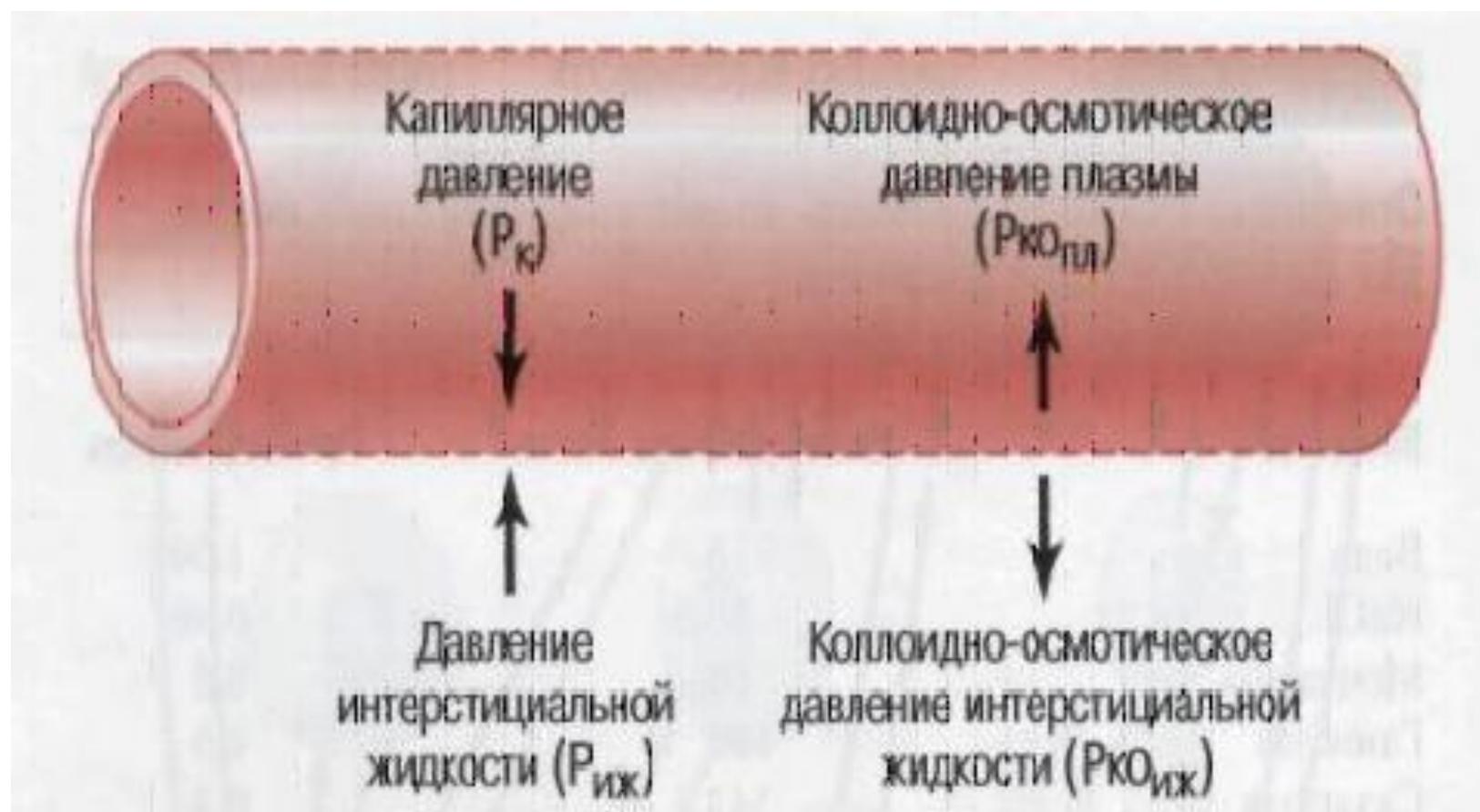
Структура интерстиция. Все пространство между пучками коллагеновых волокон заполнено филаментами протеингликана. Встречаются везикулы и небольшие ручейки свободной жидкости

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

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

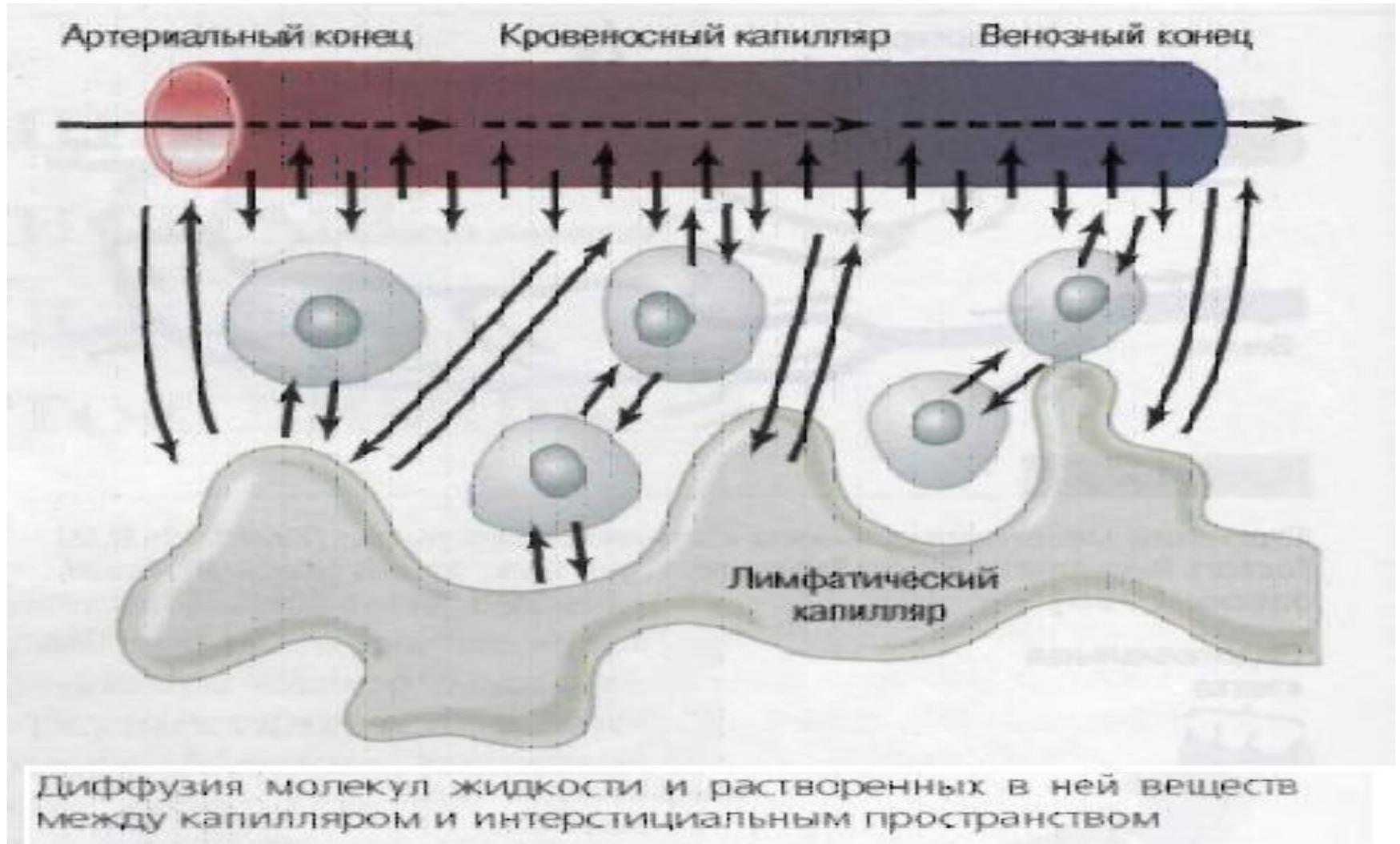
$\frac{dm}{dt}$ - скорость диффузии,

$\frac{dc}{dx}$ - 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

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

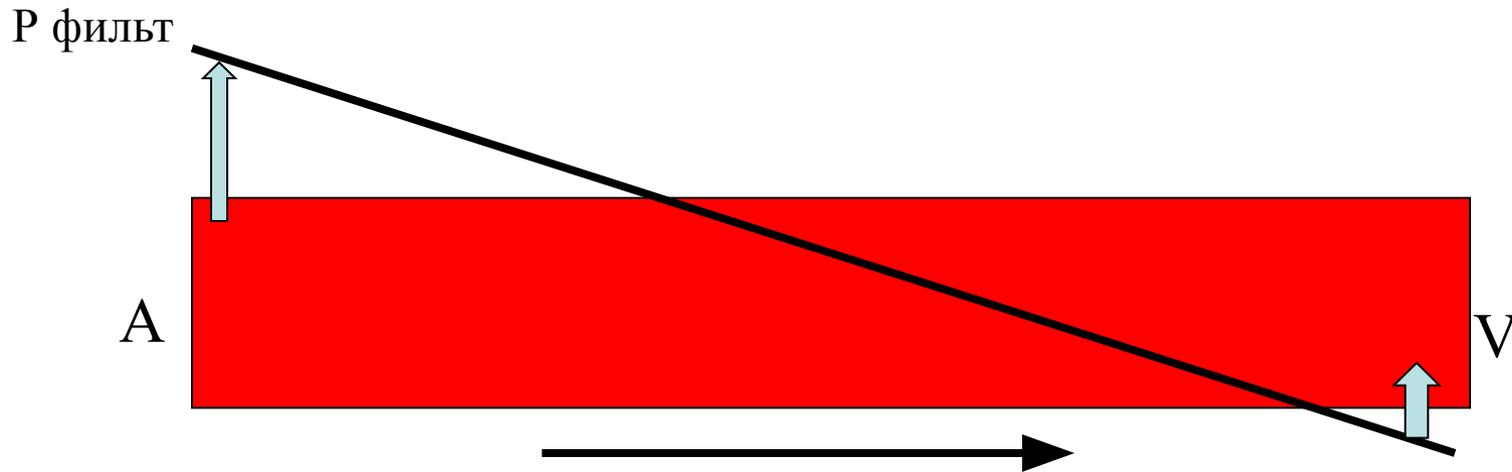
$$V_{\text{проксим}} = \frac{K}{K} (32 + 4,5 - 3 - 25) = \text{мм.рт.ст.}$$

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

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

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

Роль гидростатического давления крови для транскапиллярного обмена



$$P_{гк} = 30 \text{ мм Hg}$$

$$P_{онк} = 25 \text{ мм Hg}$$

$$P_{тк} = 8 \text{ мм Hg}$$

$$P_{фильт} = +13 \text{ мм Hg}$$

$$P_{гк} = 15 \text{ мм Hg}$$

$$P_{онк} = 25 \text{ мм Hg}$$

$$P_{тк} = 8 \text{ мм Hg}$$

$$P_{фильт} = -2 \text{ мм Hg}$$

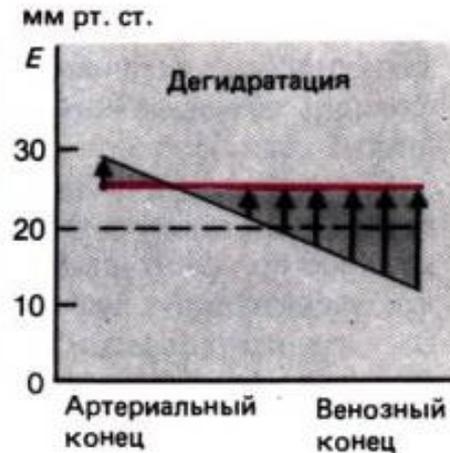
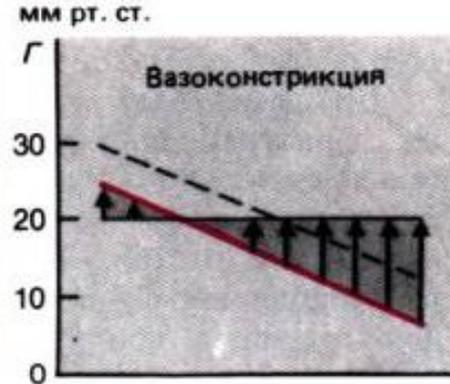
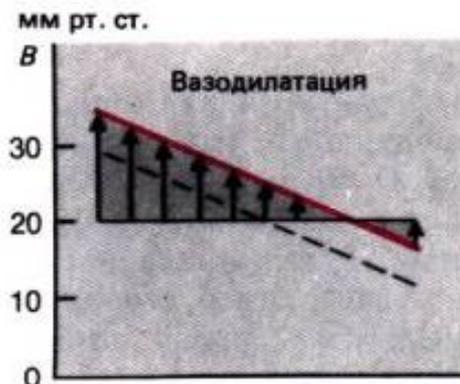
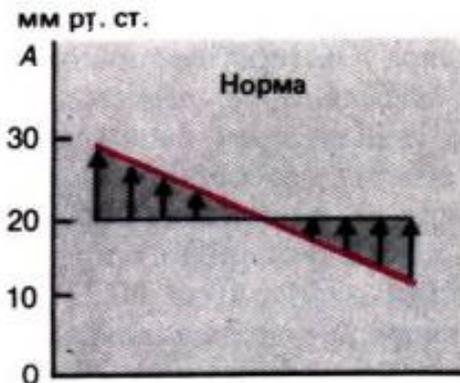


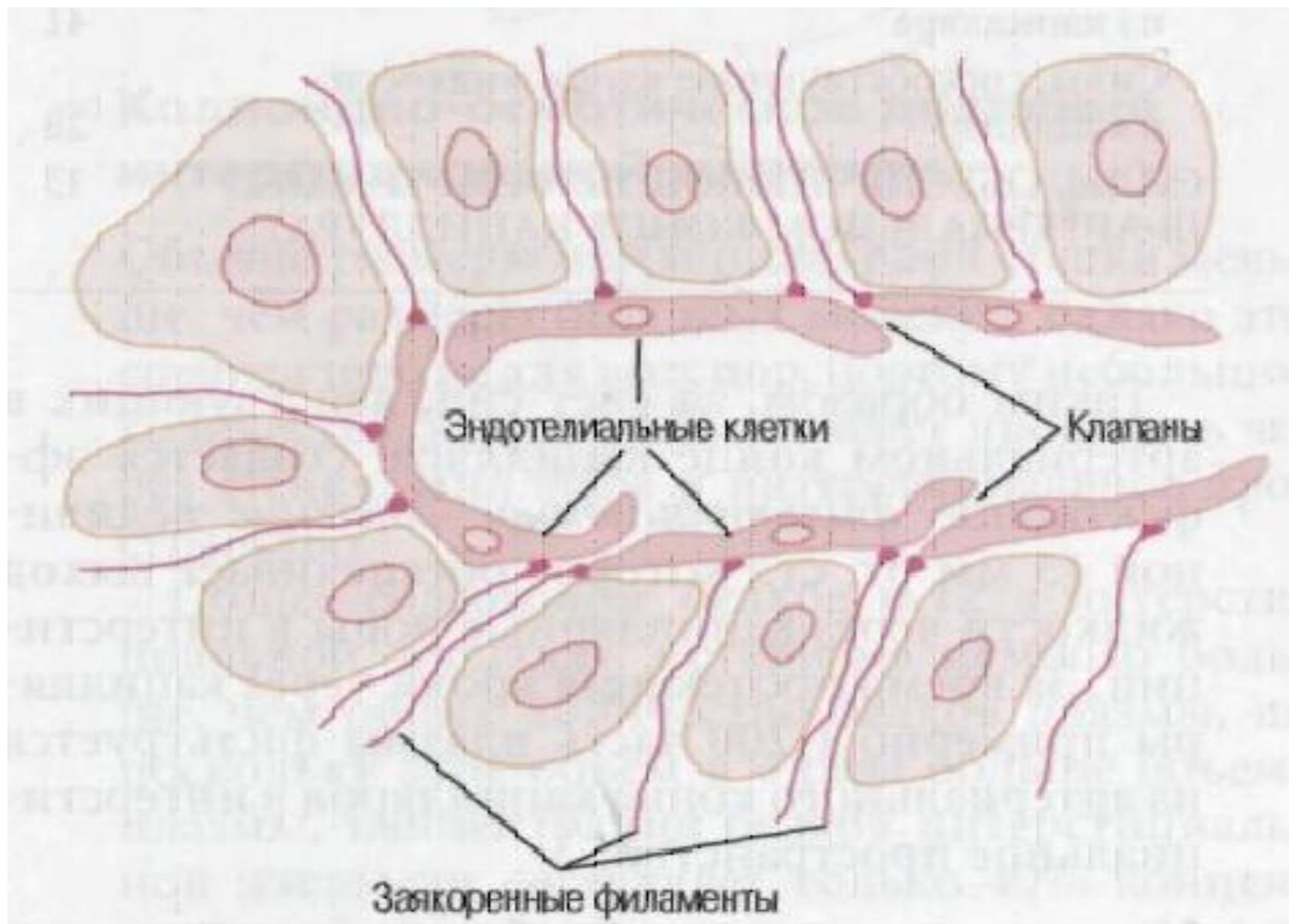
Схема фильтрации и реабсорбции в капиллярах в различных физиологических и патологических условиях.

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))

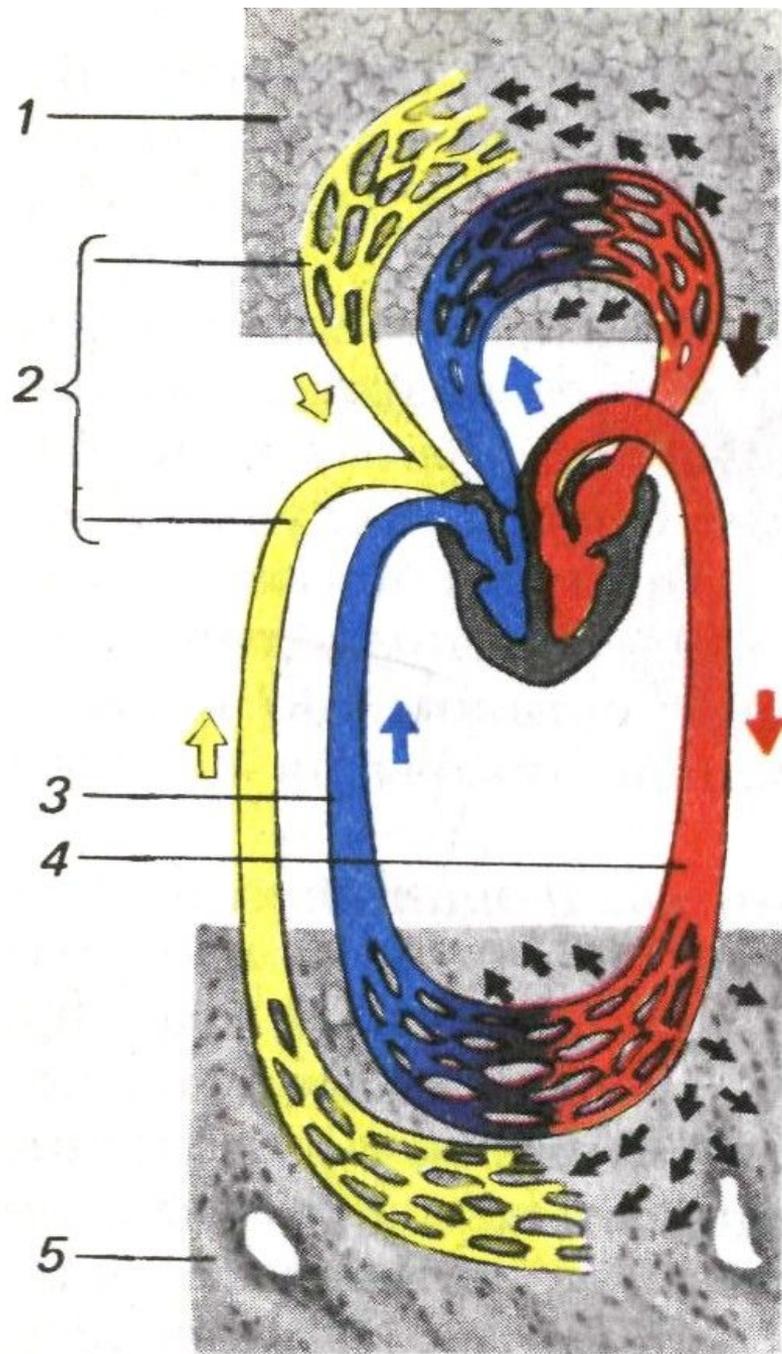
Физиология лимфатической системы

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

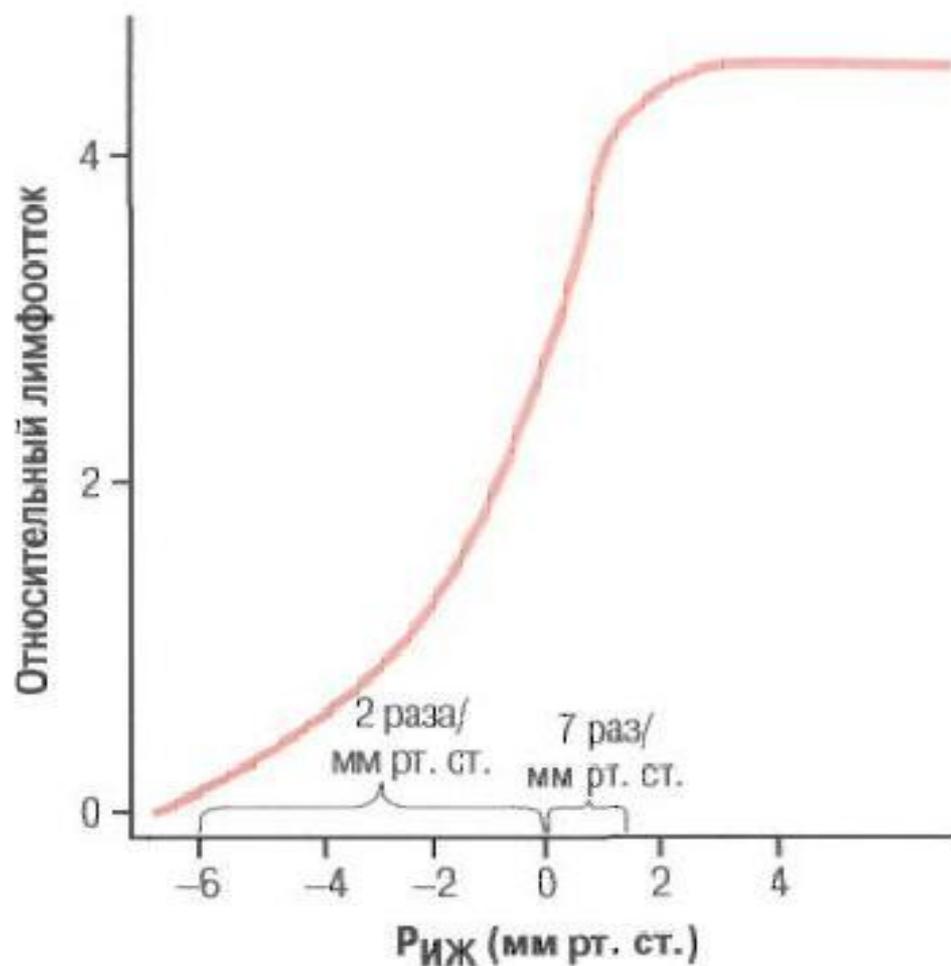
У человека natoщак с массой тела 60 кг в состоянии покоя содержится 1,5-3 л лимфы, т. е. 25-50 мл/кг.

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 (Р_{ИЖ}) становится выше атмосферного давления (0 мм рт. ст.) (предоставлено Harry Gibson и Aubrey Taylor)

Скорость движения лимфы

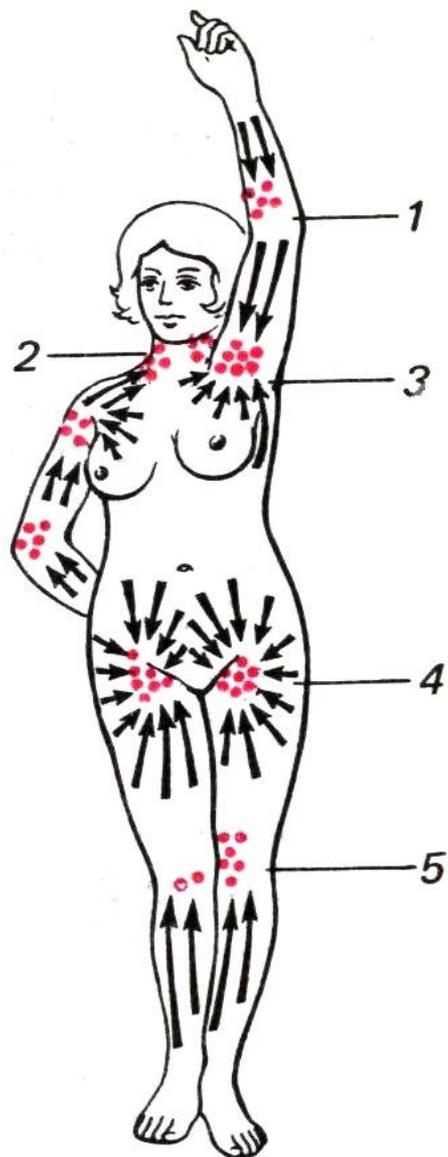
В состоянии покоя через грудной проток лимфа протекает со скоростью около **100 мл/ч**

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

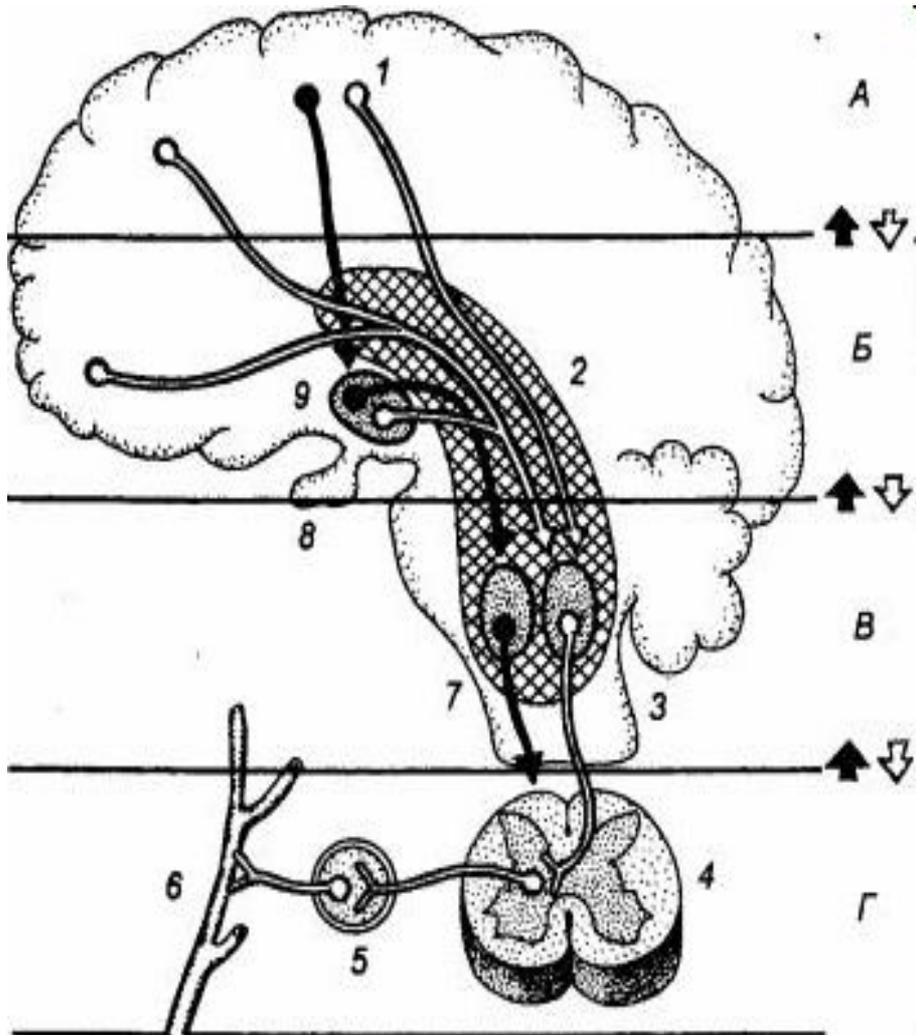
Центральная регуляция системной гемодинамики:

- 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.**

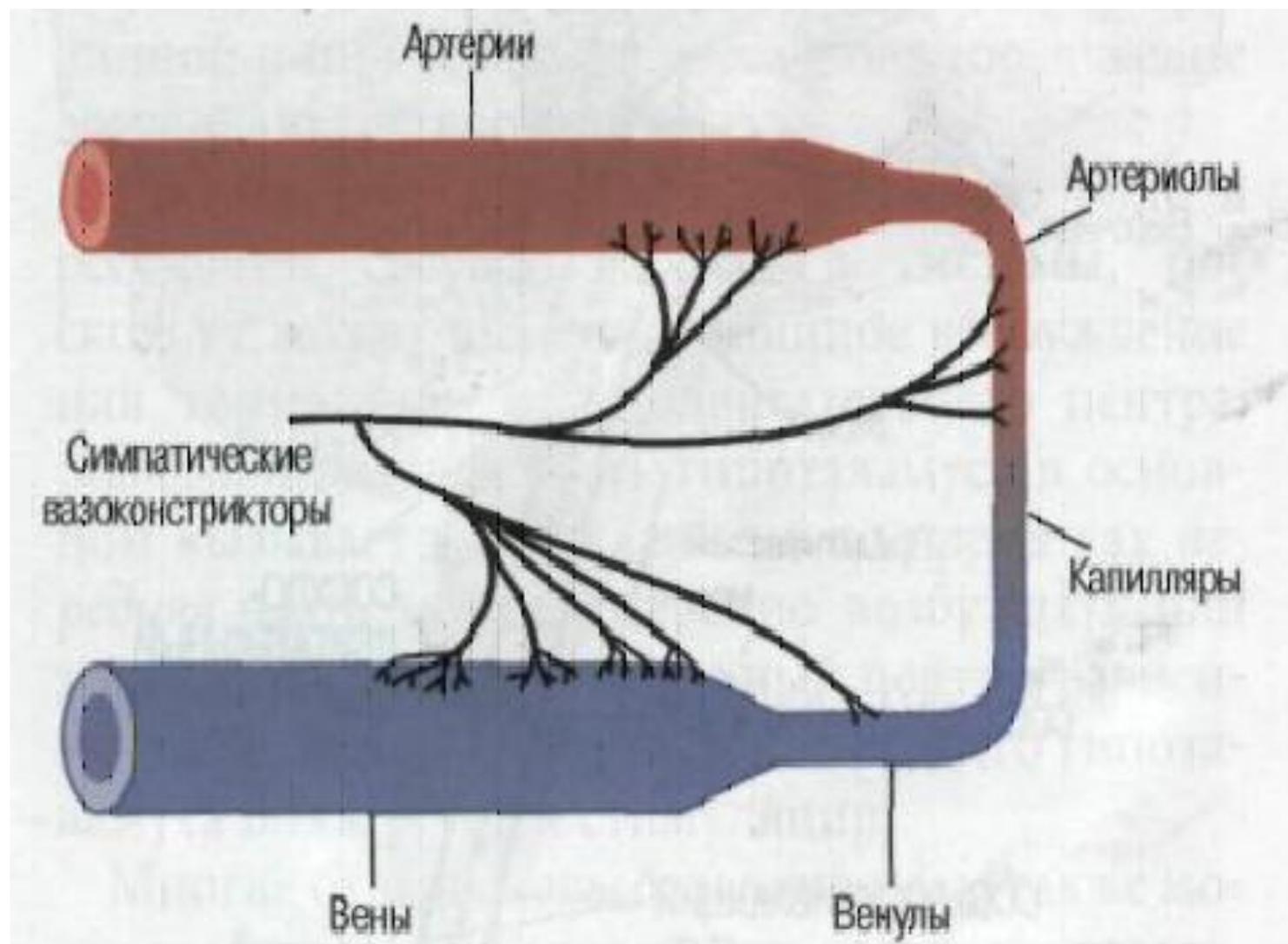
- **СПИННОЙ МОЗГ** - обеспечивает эфферентную иннервацию сосудов и подчинен вышерасположенным центрам
- **ГИПОТАЛАМУС** - обеспечивает безусловнорефлекторные адаптивные реакции ССС
- **КОРА** - обеспечивает условнорефлекторные адаптивные реакции ССС

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:

α - адренорецепторы - констрикция и тонус

β - 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.

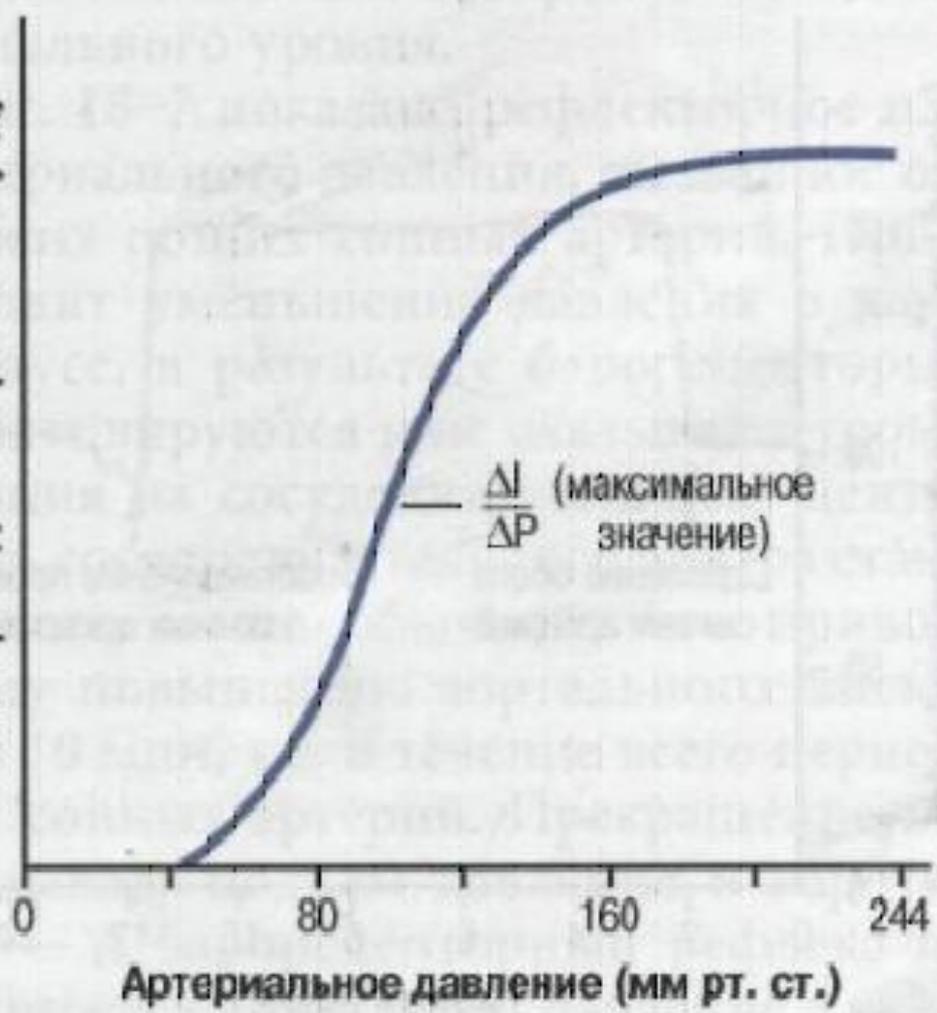
К ним относятся:

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

Рефлексы при раздражении хемотрецепторов 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. ΔI – изменение импульсации в синокаротидном нерве (имп/сек); ΔP – 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 , pH , 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.

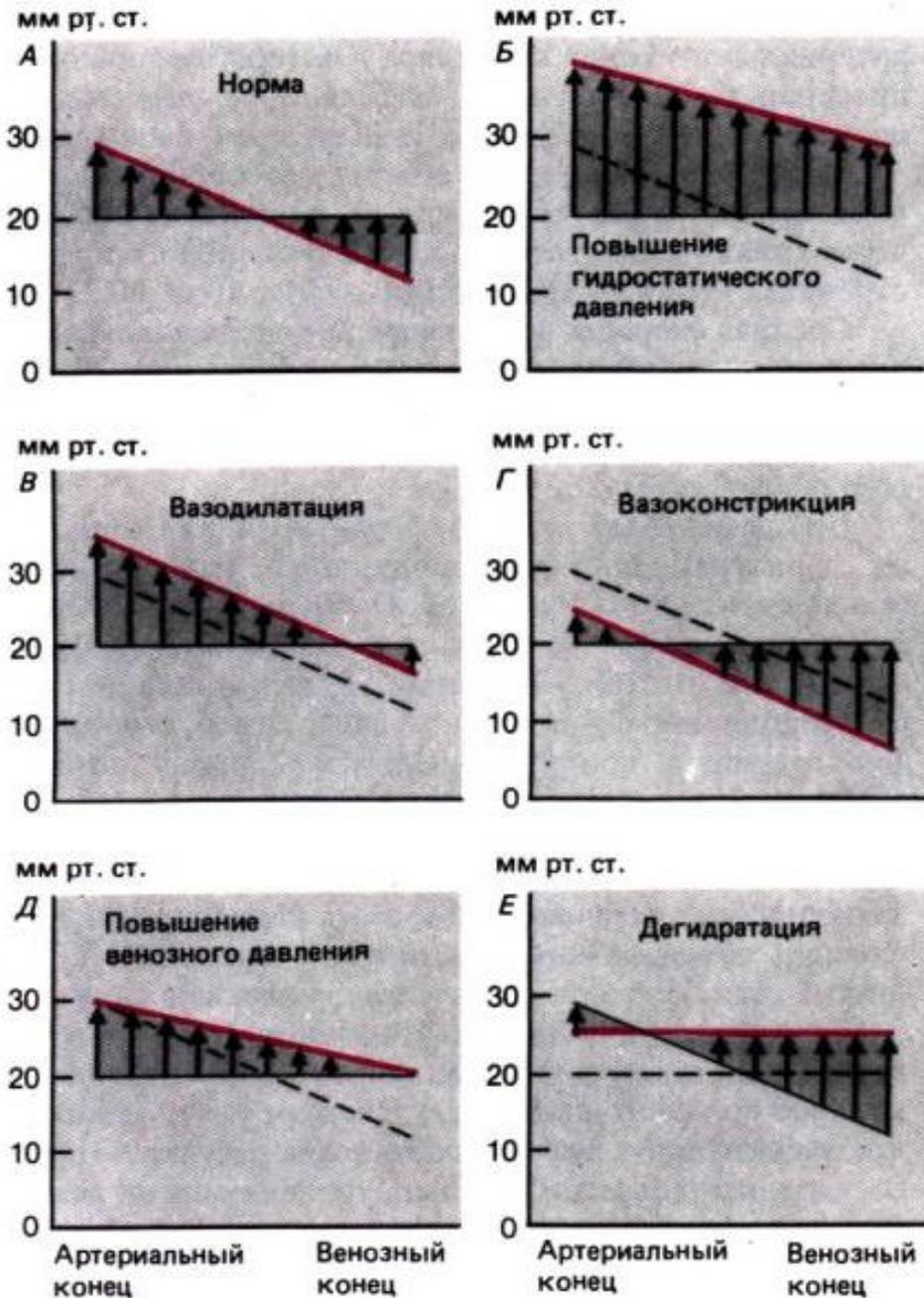
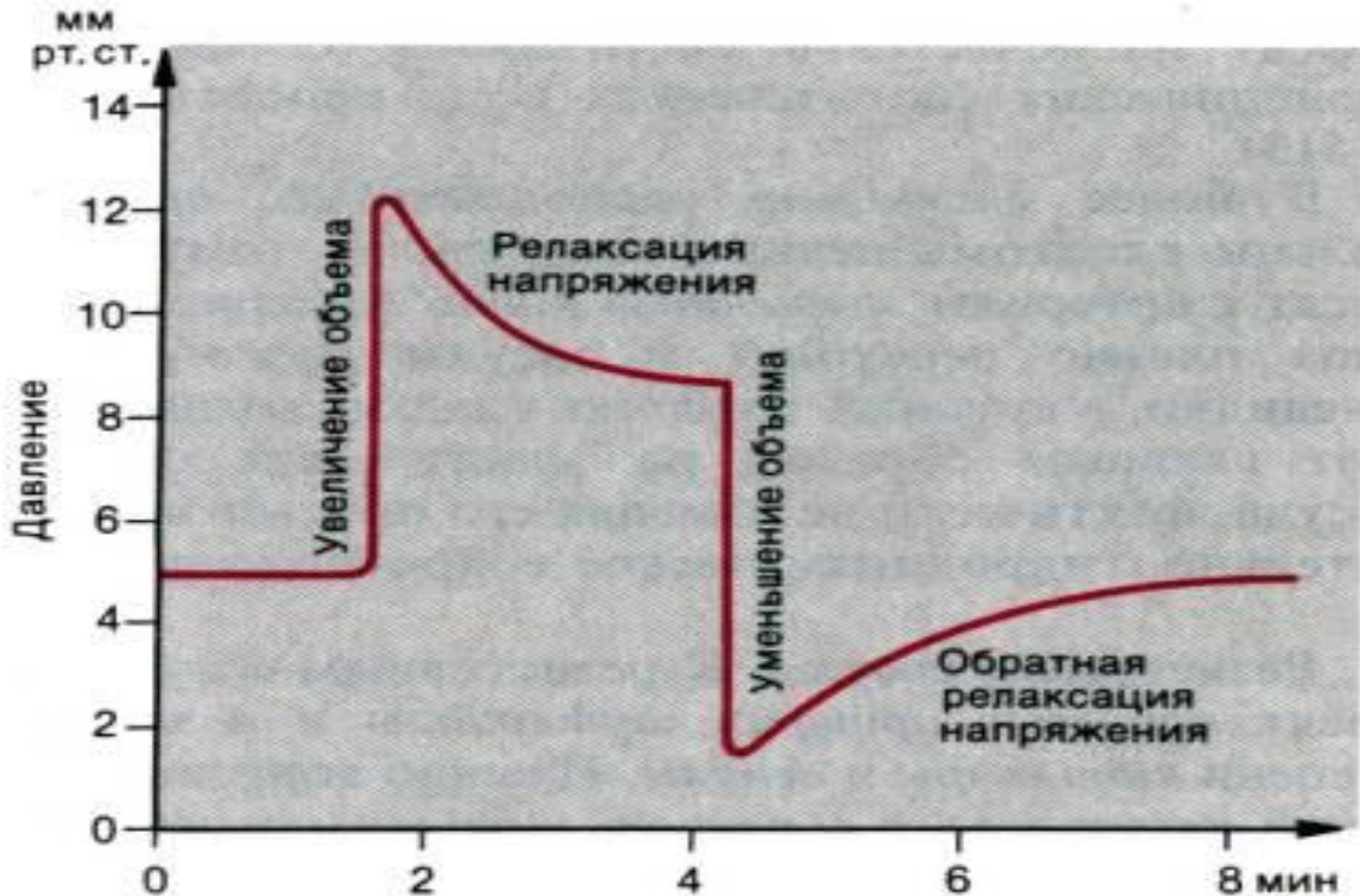
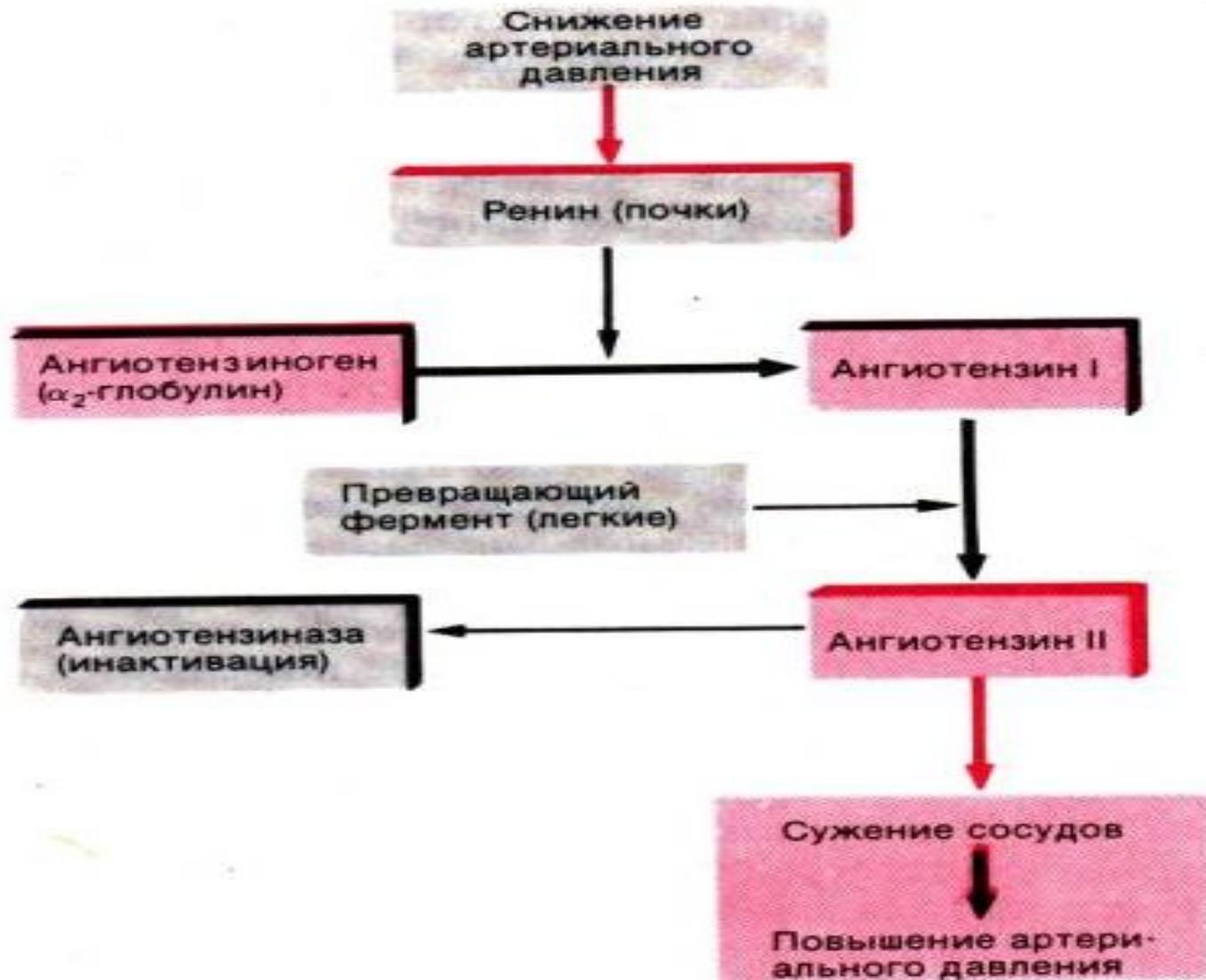


Схема фильтрации и реабсорбции в капиллярах в различных физиологических и патологических условиях.

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.

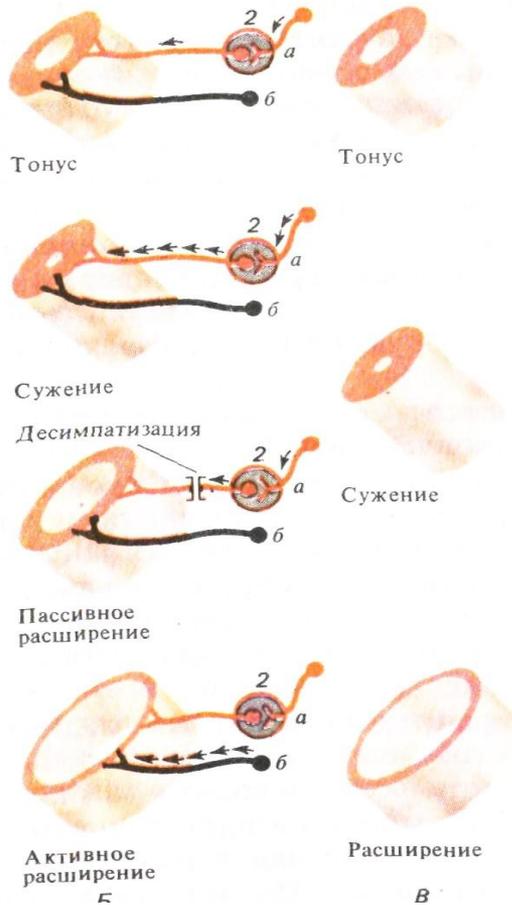
Альдостерон - при увеличении в крови ангиотензина II и снижении концентрации натрия в организме.

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

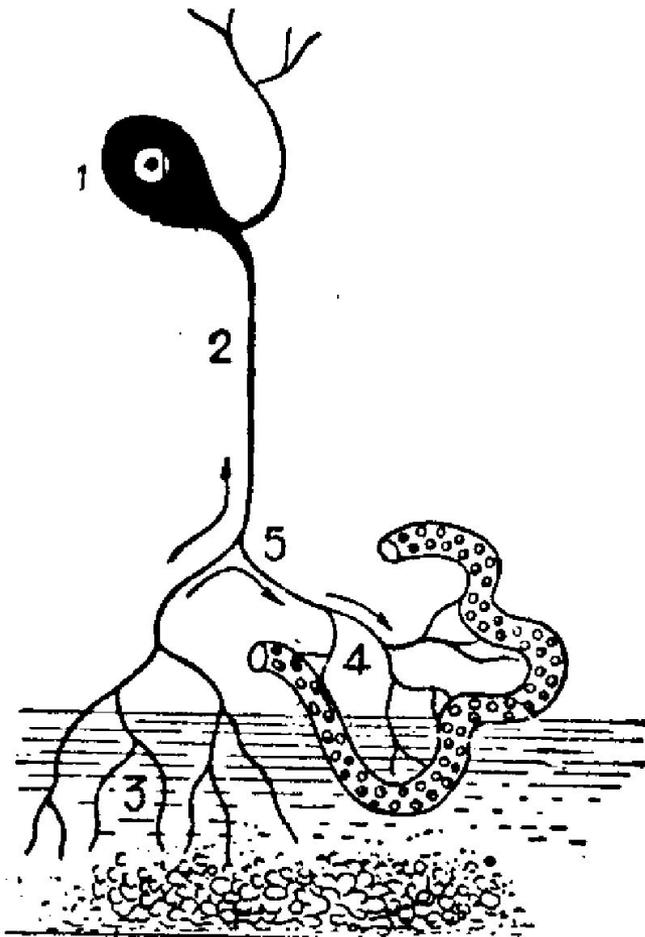


Норадренал
Ангиотензин
Вазопрессин
и др.

СО₂
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 — СО₂, 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

α активация сосудов вызывает их сужение, β - расширение. Норадреналин является преимущественно α -агонистом. Адреналин активирует и α и β рецепторы. Порог β рецепторов для адреналина ниже, чем α , 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

Норадреналин

Вазопрессин

Адреналин

Атриопептид

Простагландины

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

- PGE_2 и 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)

