

План лекции

Тема 4. Система кровообращения.

4.1. Морфо-функциональные особенности организации сердца

Автоматия.

4.2. Сердечный цикл. Клапанный аппарат сердца.

4.3. Нервные и гуморальные механизмы внутри- и внесердечной регуляции сердца.

! 4.4. Строение сосудистой системы. Классификация сосудов.

Артериальное давление.

! 4.5. Артериальный пульс. Венный пульс. Микроциркуляторное русло.

4.6. Функциональная система, поддерживающая артериальное давление.

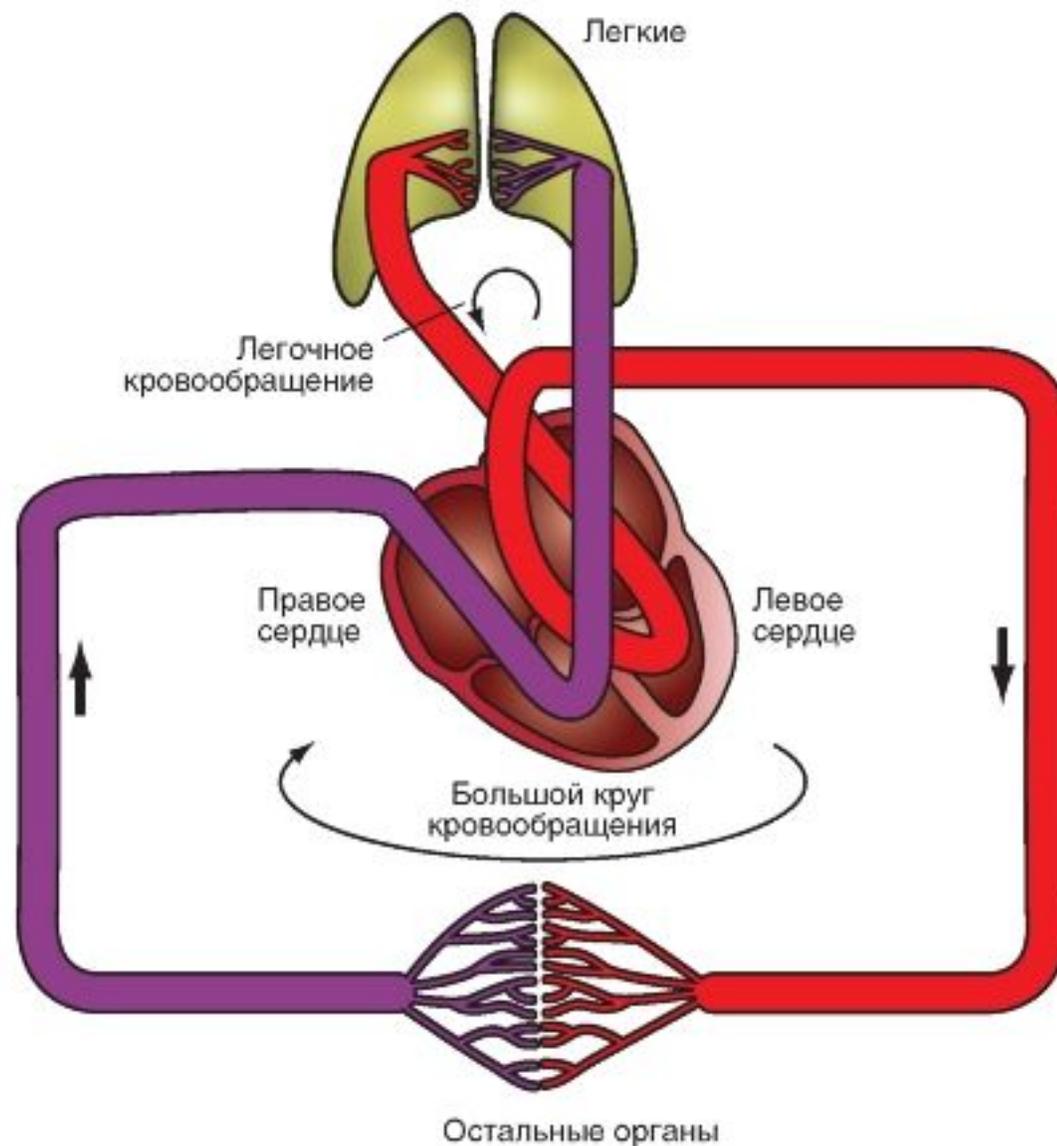
□ **Кровеносная система** служит для доставки к тканям необходимых веществ и их распределения и для удаления побочных продуктов обмена веществ.

□ **Кровеносная система** принимает участие в механизмах поддержания гомеостаза:

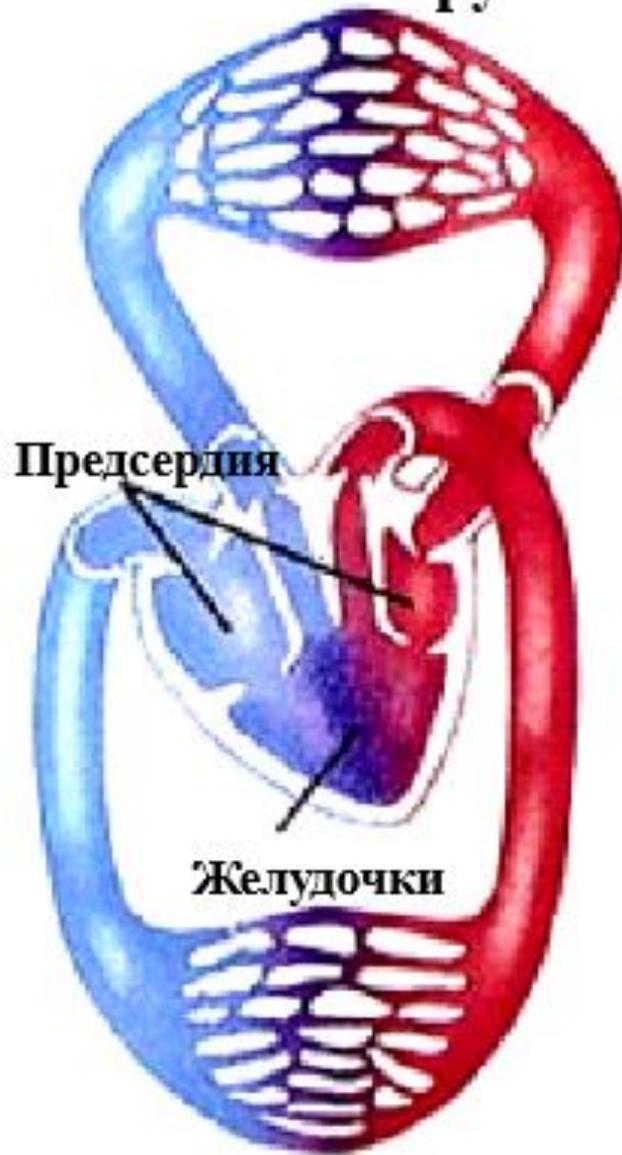
- регуляция температуры тела,
- поддержание баланса жидкости в организме,
- регулирование снабжения клеток кислородом и питательными веществами при различных физиологических состояниях организма.

Сердечно-сосудистая система состоит из насоса - **сердца**, системы распределяющих и собирающих трубок - **кровеносных сосудов** и обширной системы тонких сосудов, обеспечивающих быстрый обмен веществ между тканями и сосудами - **капилляров**.

Поступление крови к тканям регулируется определенными механизмами, и эти регулирующие механизмы способны удовлетворять меняющиеся потребности различных тканей в соответствии с различными физиологическими и патологическими состояниями.



Малый круг



Большой круг

БОЛЬШОЙ КРУГ

Левый желудочек - аорта, артерии, капилляры и вены мускулатуры тела и всех органов (кроме легких), полые вены - правое предсердие

Объем крови – **84%**

Величина давления

в крупных артериях – **120/80** мм рт.ст.

в капиллярах - 35 -15 мм рт.ст.

Скорость движения крови в крупных артериях – 30-50 см/с

МАЛЫЙ КРУГ

Правый желудочек –легочной ствол, сосуды легких, легочные вены – левое предсердие

Объем крови – **9%**

Величина давления

в крупных артериях – **25/8** мм рт.ст.

в капиллярах - 8 - 3 мм рт.ст.

Скорость движения крови в крупных артериях – 10 см/с

Различное распределение равных объемов крови из правого и левого отделов сердца.

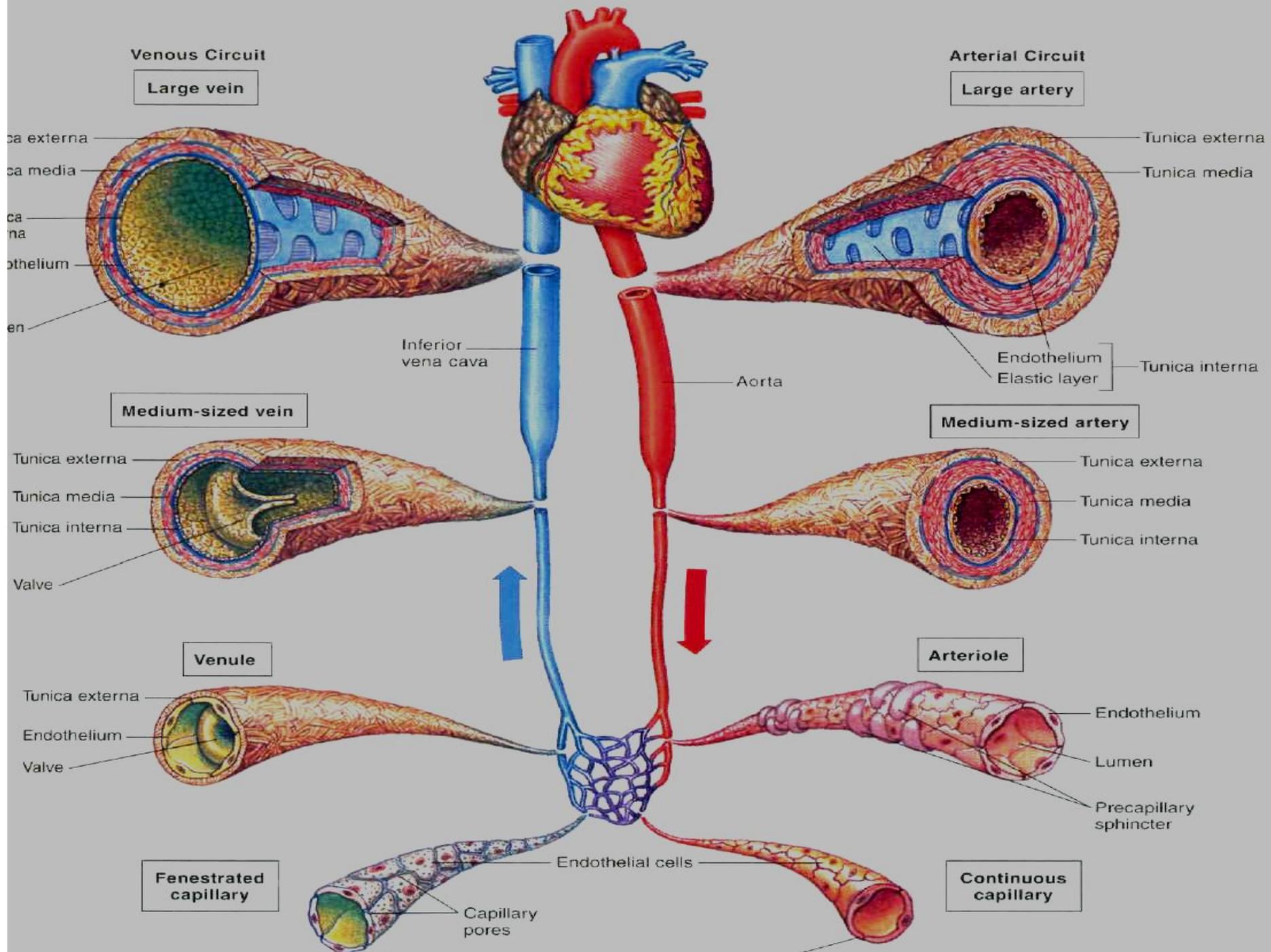
Из правого желудочка кровь попадает только в легкие, где осуществляется функция газообмена и теплоотдачи.

Из левого желудочка кровь распределяется по всем органам и тканям, потребности которых различны даже в состоянии покоя.

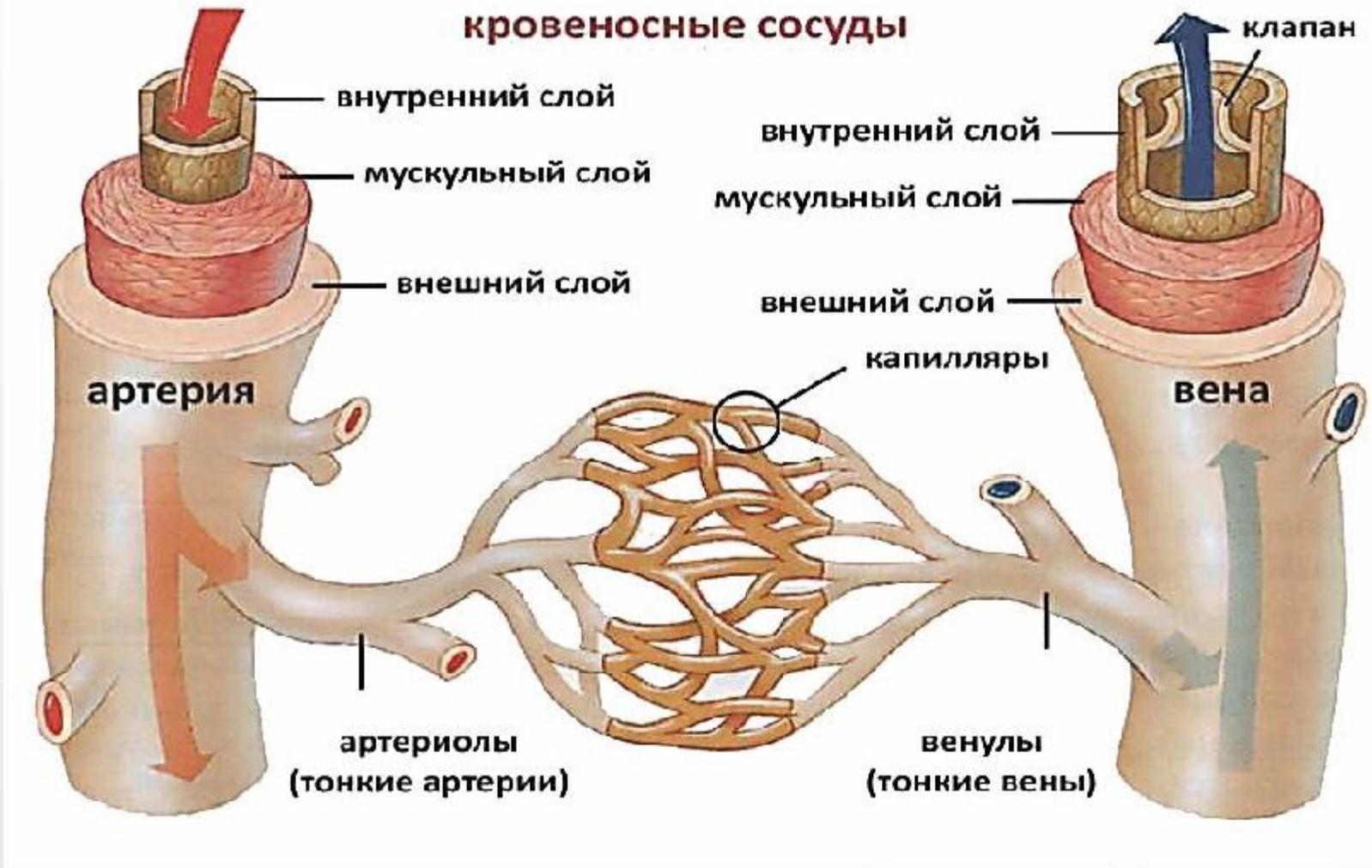
На долю головного мозга приходится **13-15%**,
в сердце по коронарным сосудам поступает около **5%**, через ЖКТ и печень проходит **20-25%**,
через почки - **15-20%**,
через скелетные мышцы **15-20%**,
в коже протекает **3-6%**,
и через кости, костный мозг, жировую и соединительную ткани - **10-15%**.

Морфофункциональная классификация сосудов

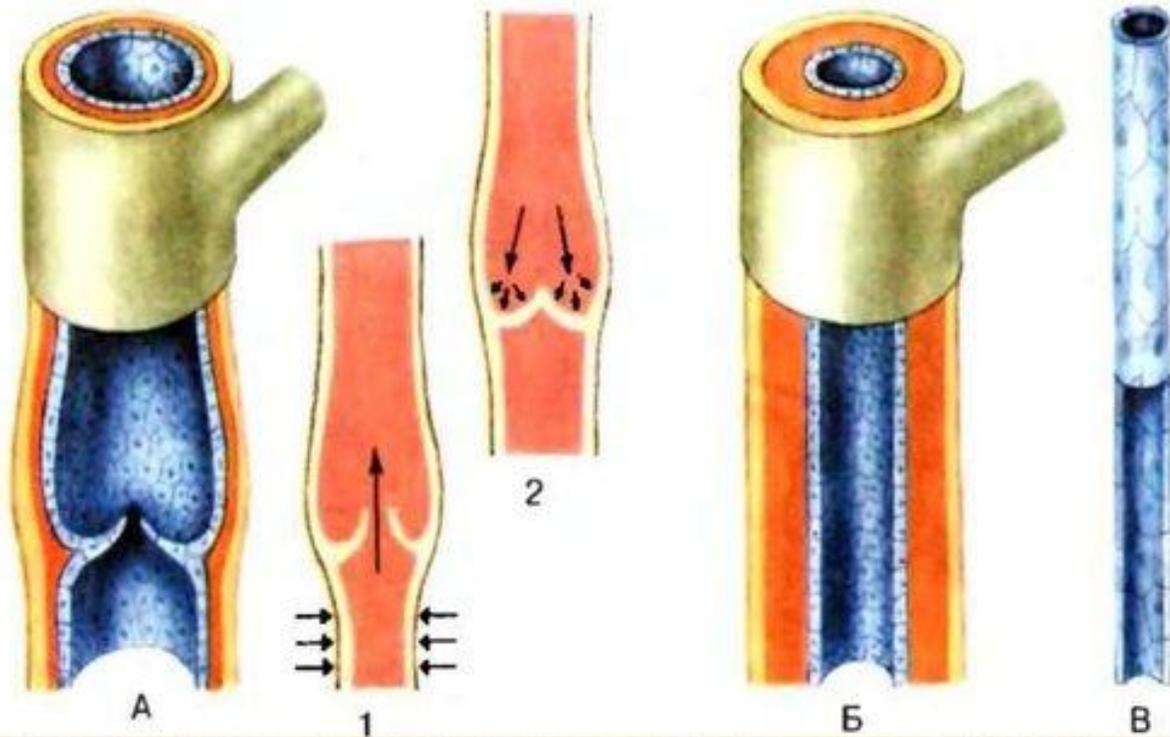
- ❖ **Амортизирующие сосуды** – эластического типа - амортизация пульсовых колебаний крови (крупные артерии);
- ❖ **Резистивные** – мышечного типа - создание сопротивления току крови (артерии мышечного типа, артериолы);
- ❖ **Сосуды-шунты** – артерио-венозные анастомозы;
- ❖ **Сосуды-сфинктеры** – прекращение тока крови по капиллярам (прекапиллярные сфинктеры);
- ❖ **Обменные сосуды** – капилляры - обмен воды, электролитов, газов и т.д.
- ❖ **Емкостные сосуды** – депо крови (вены).



Ход кровеносных сосудов



Строение кровеносных сосудов



Вены – трехслойные сосуды с кармановидным клапаном, несут кровь к сердцу, залегают неглубоко под кожей, кровь течет медленно

Артерии – трехслойные сосуды с толстыми стенками, несут кровь от сердца, залегают глубоко под кожей, кровь течет медленно

Капилляры – однослойные сосуды с тонкой стенкой, осуществляют обмен в-вами с тканевой жидкостью

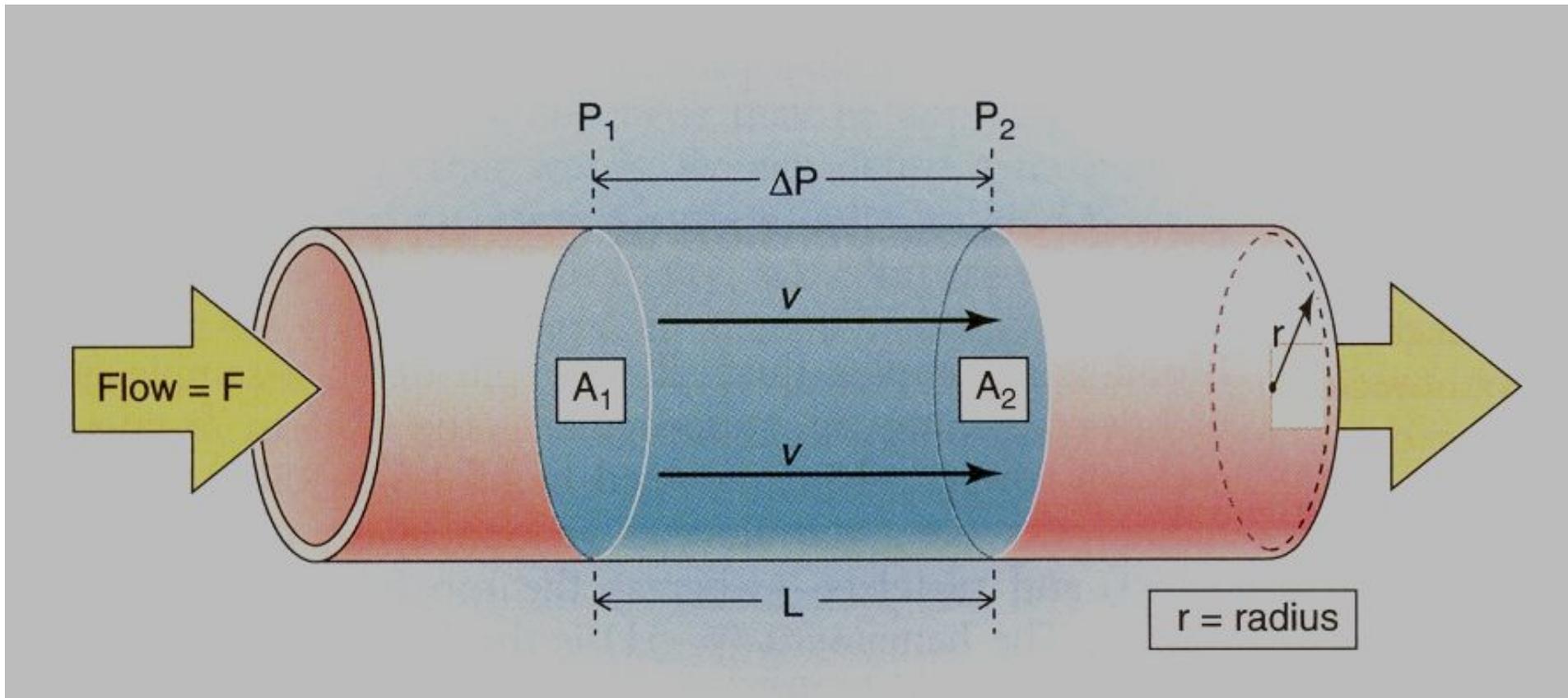
Слои:

внешний – соединительная ткань,
средний - мышечная ткань,
внутренний – эпителиальная ткань

Гемодинамика - движение крови по сосудам, возникающее вследствие разности гидростатического давления в различных участках сосудистой системы.

Параметры кровотока

- ✓ **Объемный кровоток** - объем крови, протекающий через поперечное сечение сосуда в единицу времени.
- ✓ **Линейная скорость** – скорость движения частиц крови.
- ✓ **Время кругооборота** - время, в течение которого частица крови пройдет большой и малый круги кровообращения.



**Движение крови по сосуду
пропорционально разности давления
между двумя точками P_1 и P_2**

ОБЪЕМНЫЙ КРОВОТОК (Q)

Закон Пуазейля :
$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

Закон Хагена-Пуазейля:
$$R = \frac{8 \eta L}{\pi r^4}$$

Q - объемный кровоток см³ / с

P₁– P₂ - разность давлений в начале и конце сосуда

R - сопротивление

η – вязкость крови

L - длина сосуда

r - радиус просвета сосуда

ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТЬ КРОВОТОКА ВРЕМЯ КРУГООБОРОТА КРОВИ

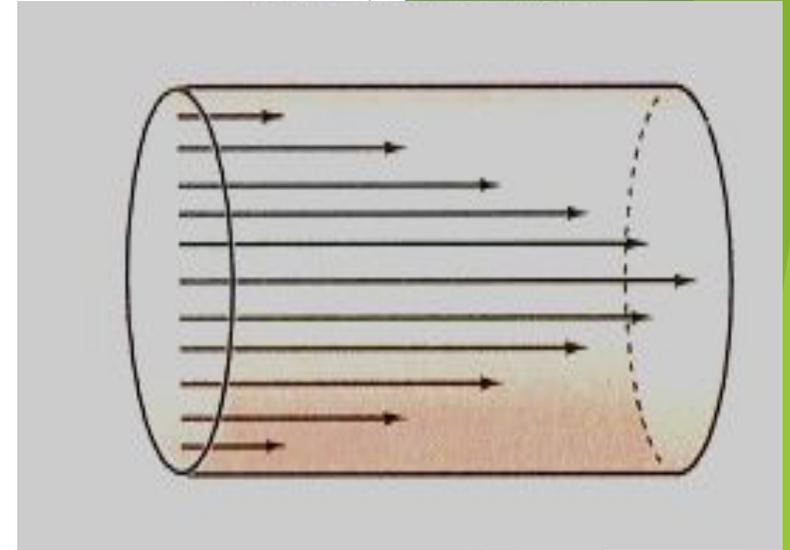
$$V = \frac{Q}{\pi r^2} = \text{см/сек}$$

Q – объемная скорость кровотока,
V – линейная скорость кровотока
r – радиус, **r²** – площадь поперечного сечения сосуда

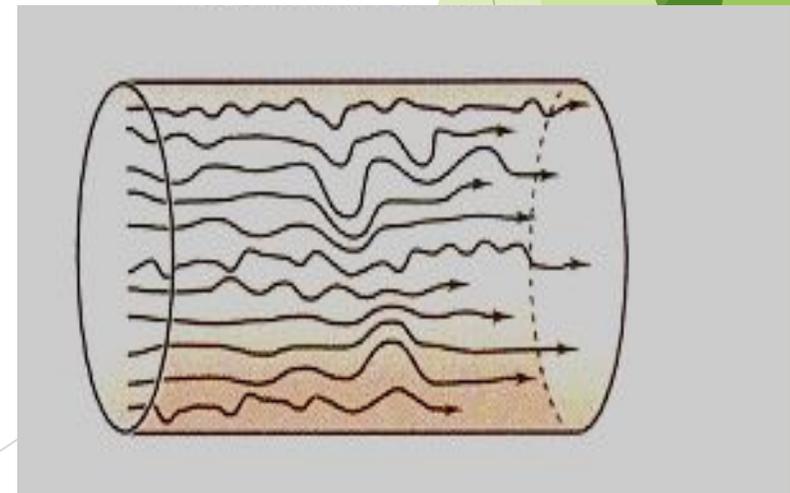
- **Время полного кругооборота крови:**
27 систол или 20-23 с, из этого
по малому кругу: 1/5 времени,
по большому: 4/5 общего времени

Ламинарный и турбулентный тип течения крови

Ламинарный тип



Турбулентный тип

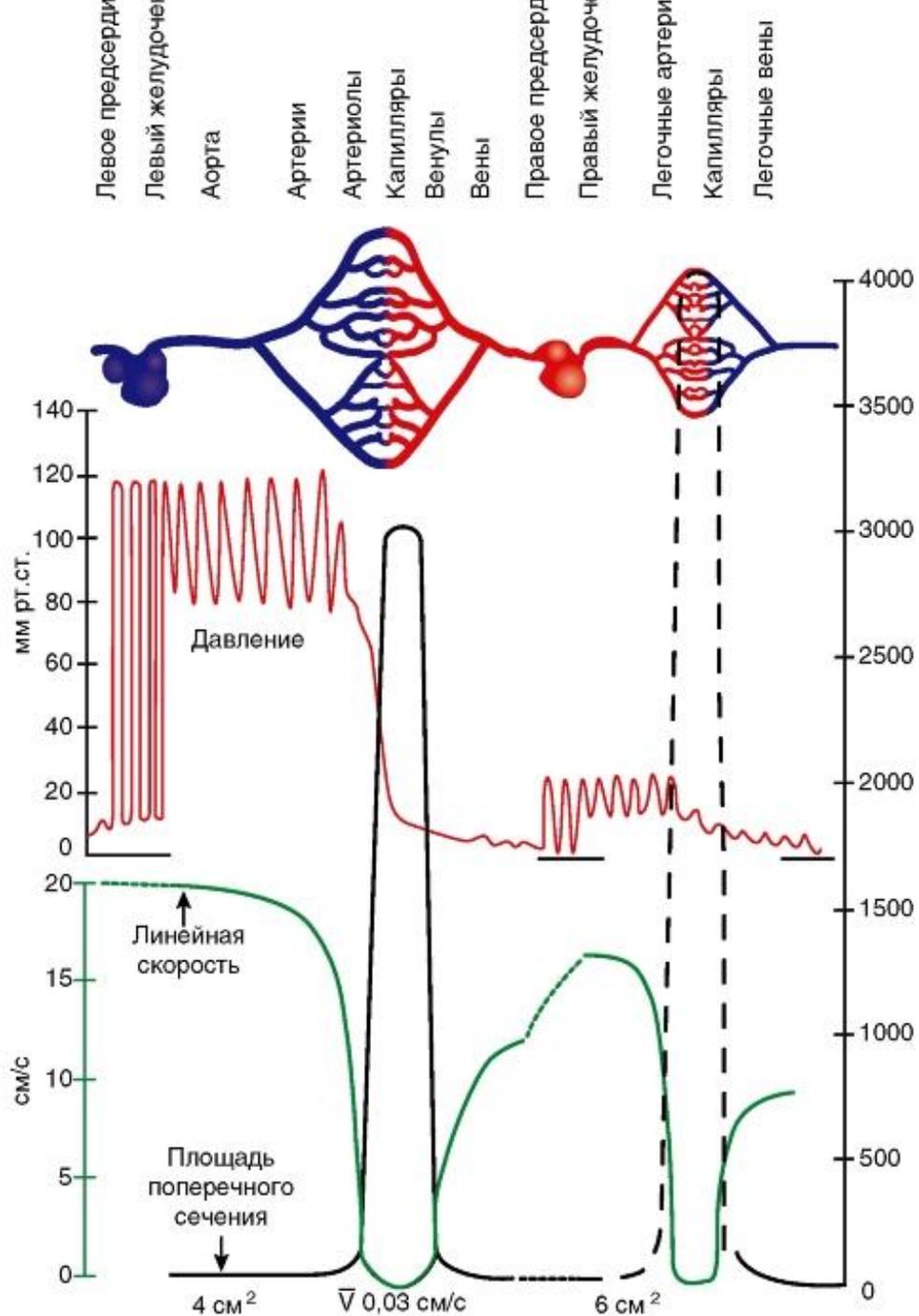


- ✓ при ламинарном течении все мельчайшие частицы жидкости движутся в потоках, параллельных оси трубки;
- ✓ движения жидкости в радиальном направлении или по окружности не происходит.
- ✓ Пристеночный слой жидкости неподвижен; центральный поток жидкости в трубке имеет максимальную скорость.

- ✓ в турбулентном потоке мельчайшие частицы жидкости беспорядочно движутся в центральном, радиальном и круговом направлениях.
- ✓ Часто наблюдаются вихревые движения и переход через среднюю линию

- **Давление** — это величина, численно равная силе, действующей на единицу площади поверхности в направлении, перпендикулярном к этой поверхности.
- **Артериальное давление** — давление, оказываемое кровью в артериальных сосудах.
- **Венозное давление** — давление, оказываемое кровью в венах и т.д.

Давление крови в сосудах



Соотношение между площадью поперечного сечения, давлением и средней линейной скоростью кровотока в различных отделах сердечно-сосудистой системы

$$V = \frac{Q}{\pi r^2} = \text{см/сек}$$

Артериальное давление

$$P_{\text{пульсовое}} = P_{\text{сист}} - P_{\text{диаст}}$$

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{диаст}} + 1/2 P_{\text{пульсовое}}$$

– для центральных сосудов

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{диаст}} + 1/3 P_{\text{пульсовое}}$$

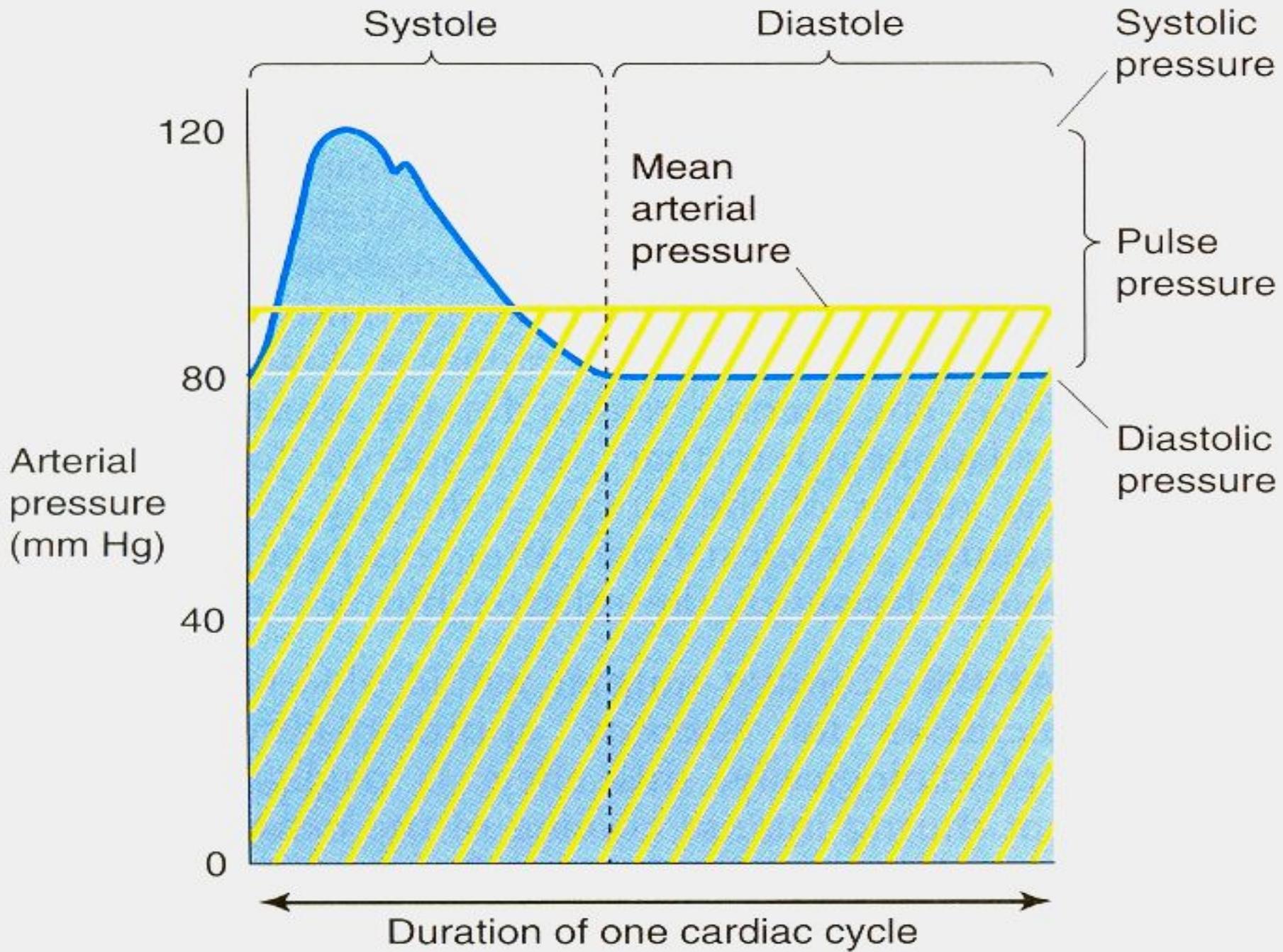
- для периферических сосудов

Среднее артериальное давление

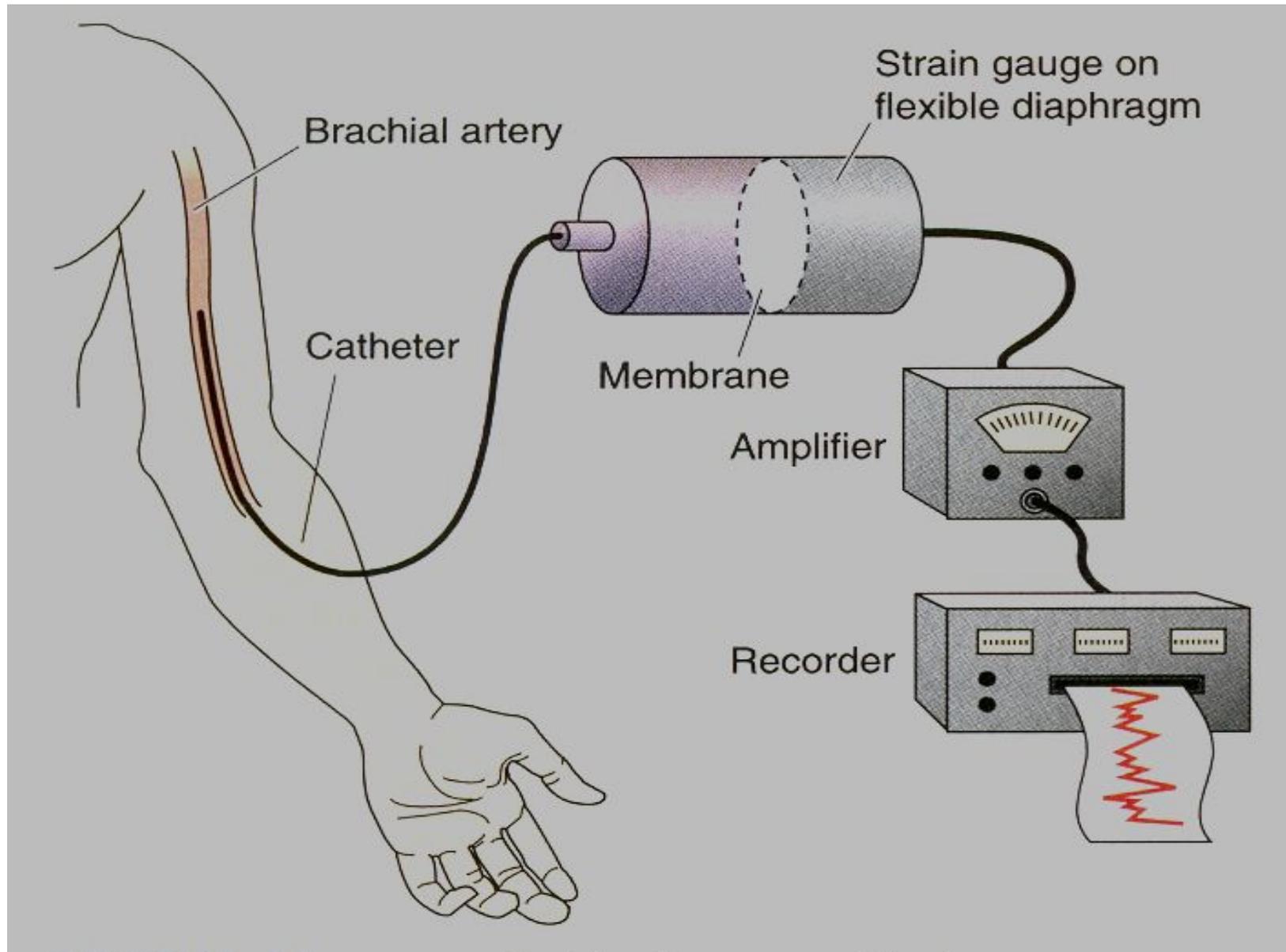
- **Среднее артериальное давление** – представляет усредненную величину артериального давления во время сердечного цикла. Его величина ближе к величине диастолического давления, т.к. длительность диастолы больше длительности систолы.

$$P_{\text{среднее}} = P_{\text{диастолическое}} + 1/3 P_{\text{пульсового}}$$

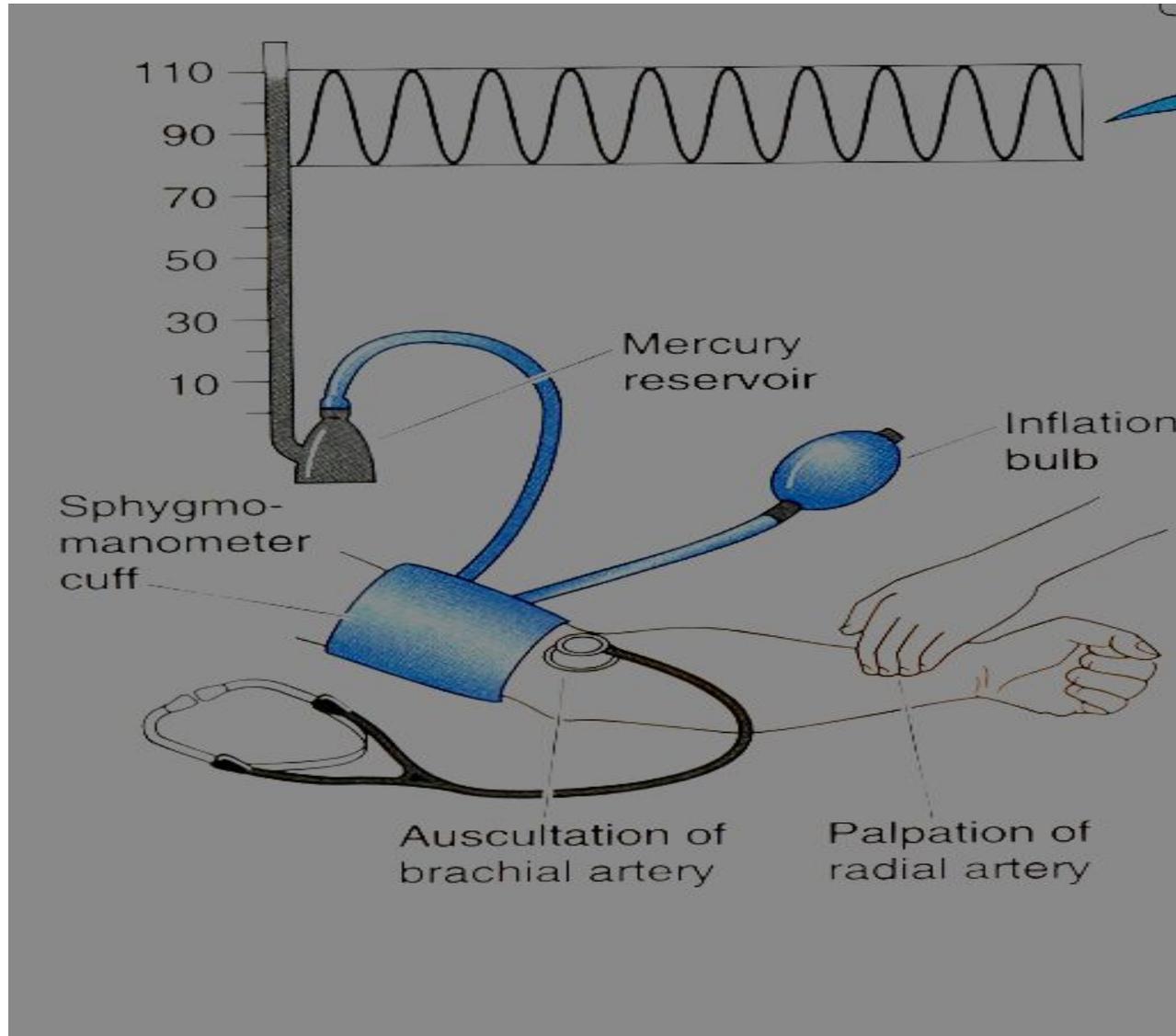
- Среднее артериальное давление и венозное давление создают градиент давления, который является движущей силой для кровотока в капиллярах.



Прямой (кروавый) метод измерения АД



Непрямой (аускультативный) метод измерения АД



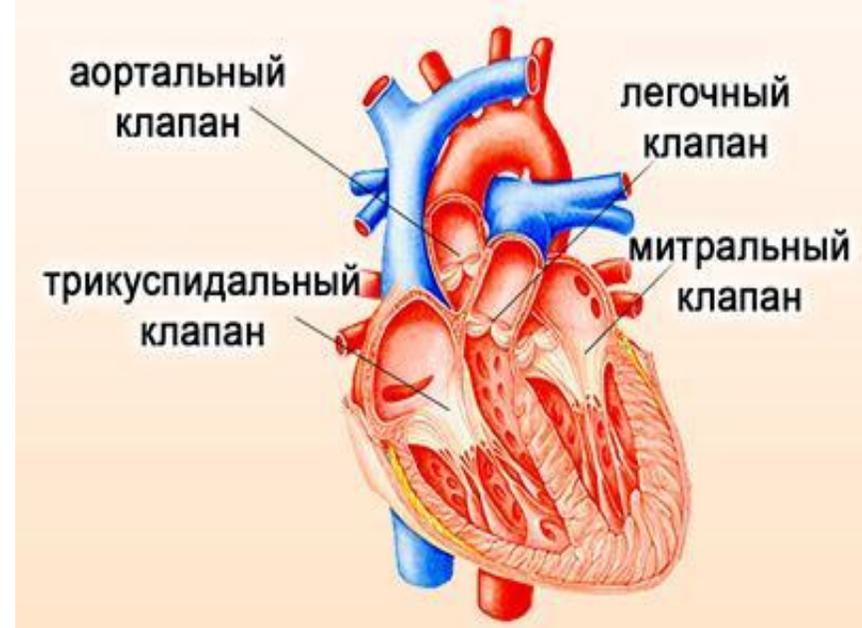
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВЫХ ВОЛН ПО СОСУДАМ

- **Скорость распространения пульсовой волны (V_{II})**
в артериях эластического типа = 5-8 м/с
мышечного типа = 7-10 м/с
в крупных венах = 1-3 м/с
- **Время полного кругооборота крови:**
27 систол или 20-23 с, из этого по малому кругу: 1/5
времени, по большому: 4/5 общего времени

Артериальный пульс -

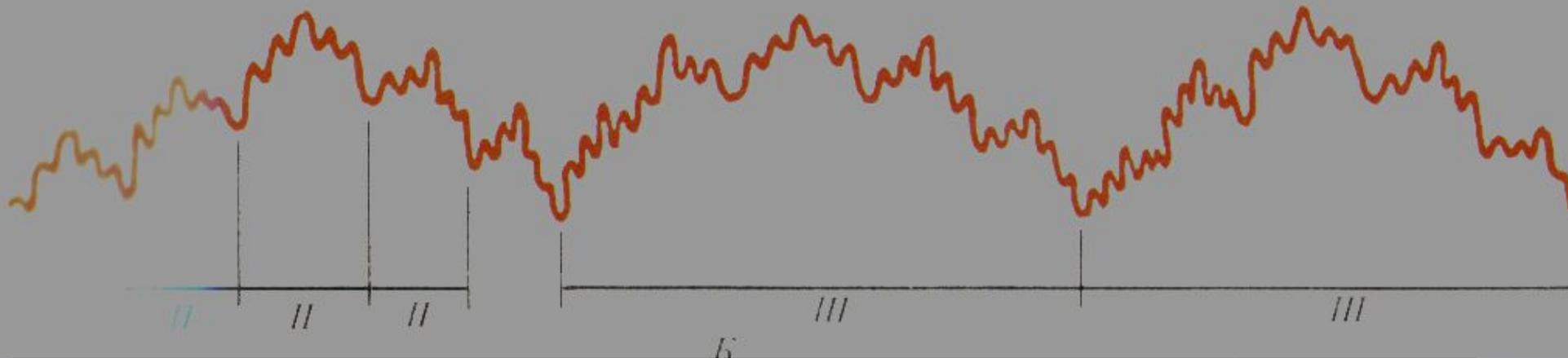
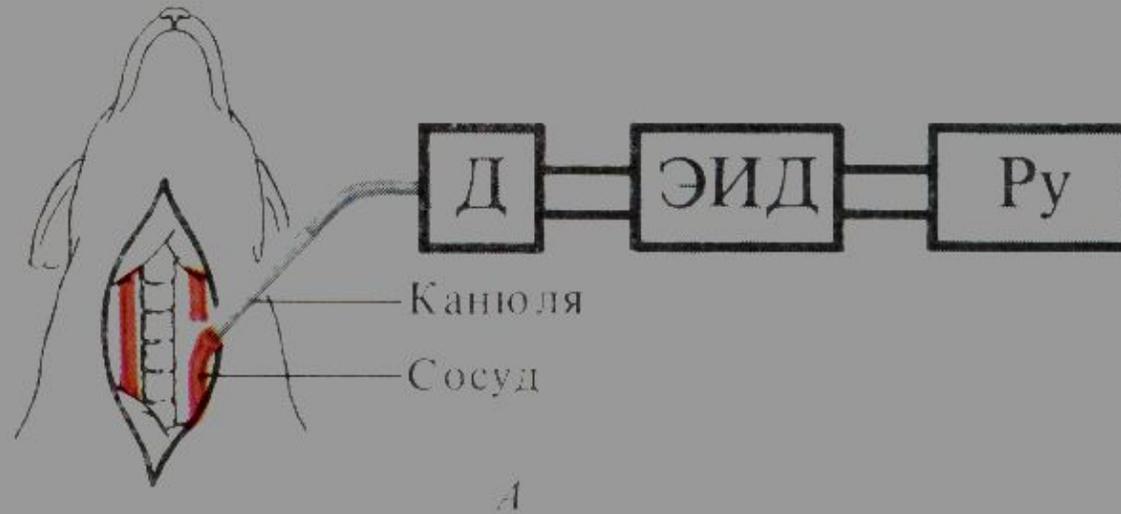
ритмические колебания стенки артерии, вызываемые повышением давления во время систолы сердца

СФИГМОГРАММА



- ❑ **Анакрота** –подъем вследствие повышения АД и растяжения стенки артерии при изгнании крови.
- ❑ **Катакрота** – спад в конце систолы желудочка, когда давление в нем падает.
- ❑ **Инцизура** – выемка. В систолу желудочка давление падает и кровь из аорты стремится назад, но ударяется о полулунные клапаны.
- ❑ **Дикротический подъем** – кровь отражается от полулунных клапанов.

Сфизмограмма, волны I, II и III порядков



На сфигмограмме волны трех порядков:

1 порядка - **пульсовые волны**, связаны с систолой и диастолой сердца, в минуту у человека от 60 до 80.

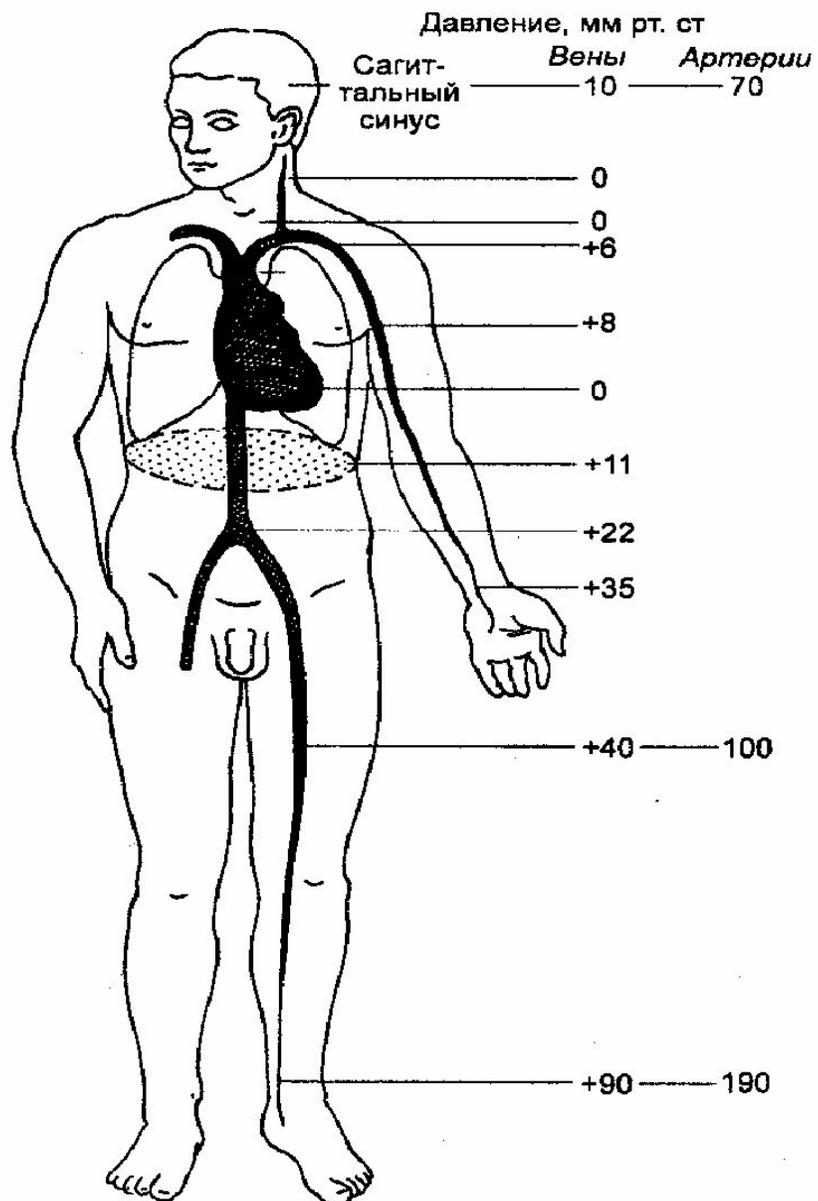
2 порядка - **дыхательные волны**, в минуту у человека от 16 до 20. Во время вдоха давление в малом круге увеличивается, а в большом-снижается.

3 порядка - **тонические** волны, связаны с состоянием сосудо-двигательного центра. Их около 4-5 в минуту.

Факторы, обеспечивающие движение крови по венам

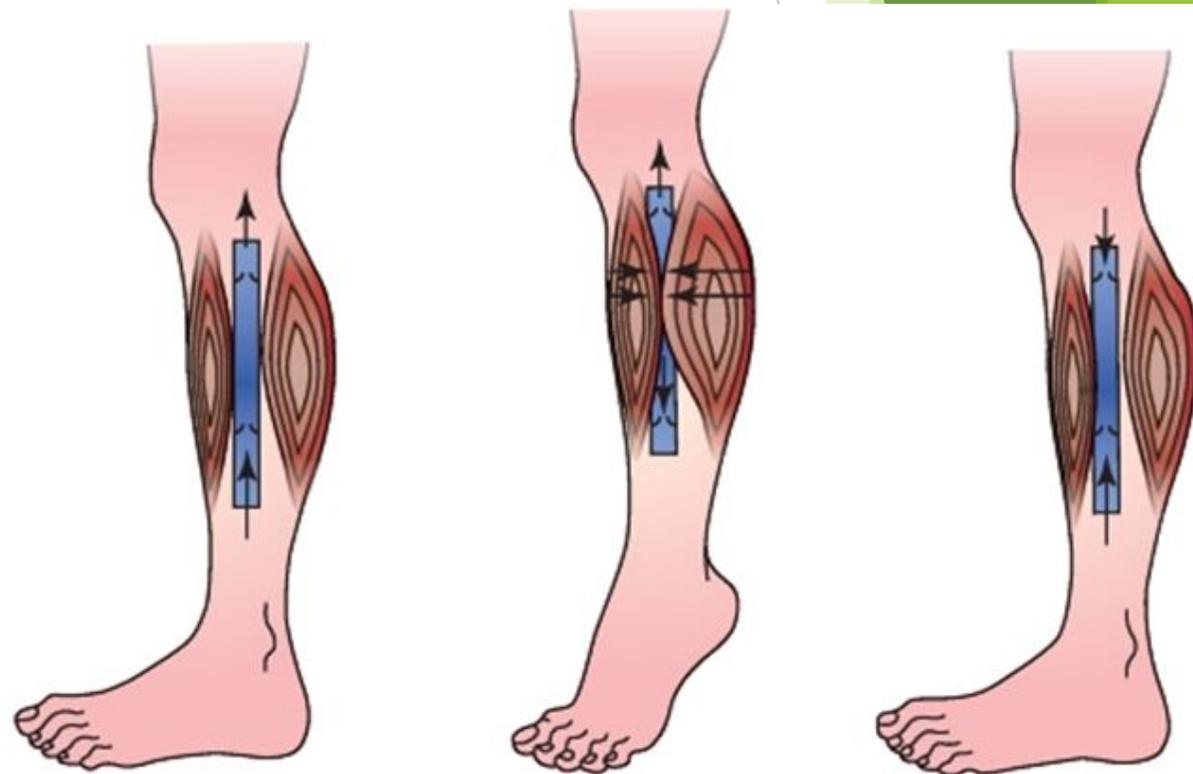
- ✓ **Клапаны вен**
- ✓ **Мышечный насос** – совместная работа скелетных мышц и клапанов вен;
- ✓ **Дыхательный насос** – во время вдоха уменьшается давление в венах грудной клетки и увеличивается – в брюшной полости, это способствует возврату крови в сердце;
- ✓ **Присасывающее действие сердца** - при систоле правого желудочка создается разрежение в правом предсердии, что способствует возврату крови в сердце.
- ✓ **Кровяное давление в венах** – небольшая разница давлений между капиллярами и правым предсердием.

Кровообращение в венах



Центральное венозное давление
(в месте впадения в правое предсердие) – 0 мм рт ст
Периферическое давление – 5-9 мм рт ст

Механизм совместного действия клапанов вен и скелетных мышц



Варикозное расширение вен



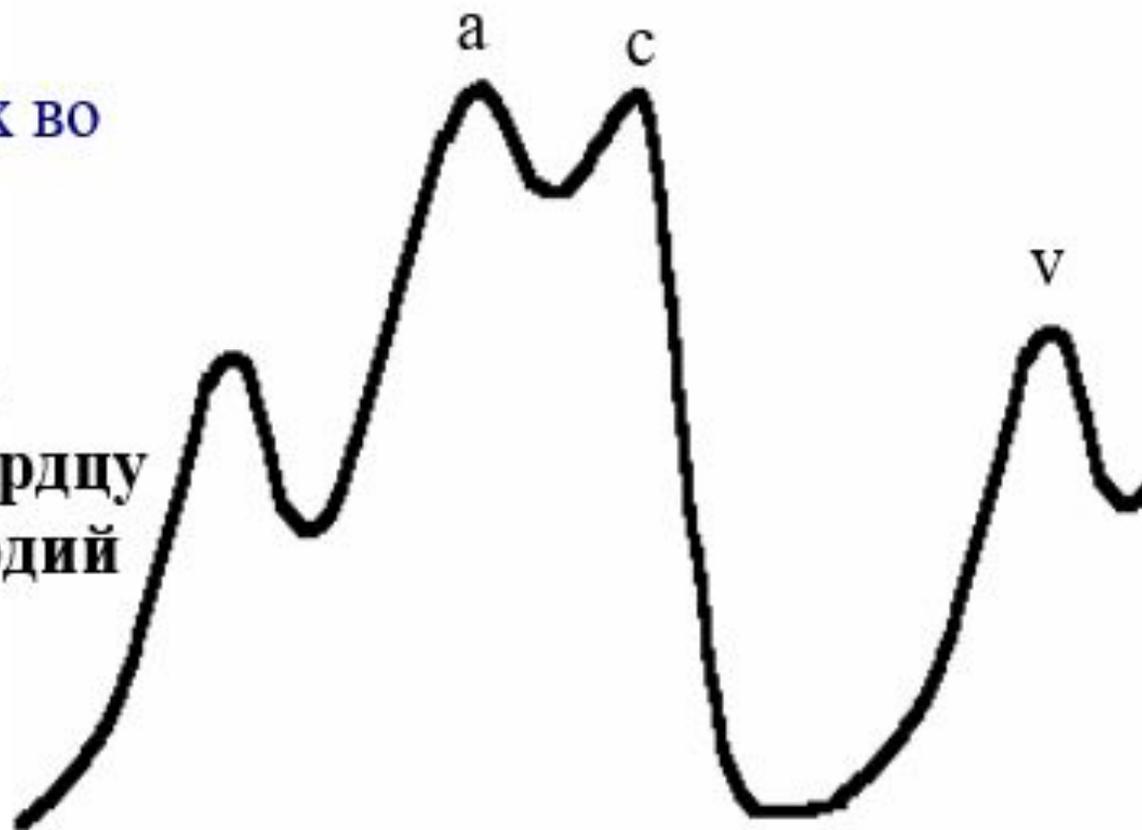
Здоровые вены



ФЛЕБОГРАММА

Венный пульс – колебание стенок вен, связанное с повышением давления в них во время систолы сердца

Обусловлен затруднением притока крови из вен к сердцу во время систолы предсердий и желудочков.



Волны флебограммы:

a – отражает систолу предсердий

c – систолу желудочков

v – конец диастолы предсердий

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

Составные части микроциркуляторного русла :

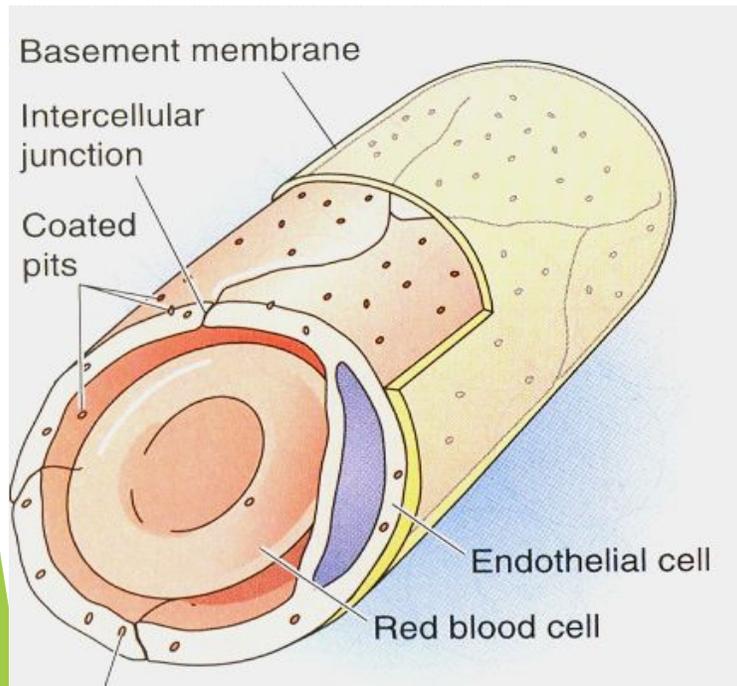
**артериола, метаартериола или прекапилляр,
капилляры, посткапилляры, венулы,
артериоло-венулярные анастомозы**

ОБЩИЕ СВОЙСТВА КАПИЛЛЯРОВ

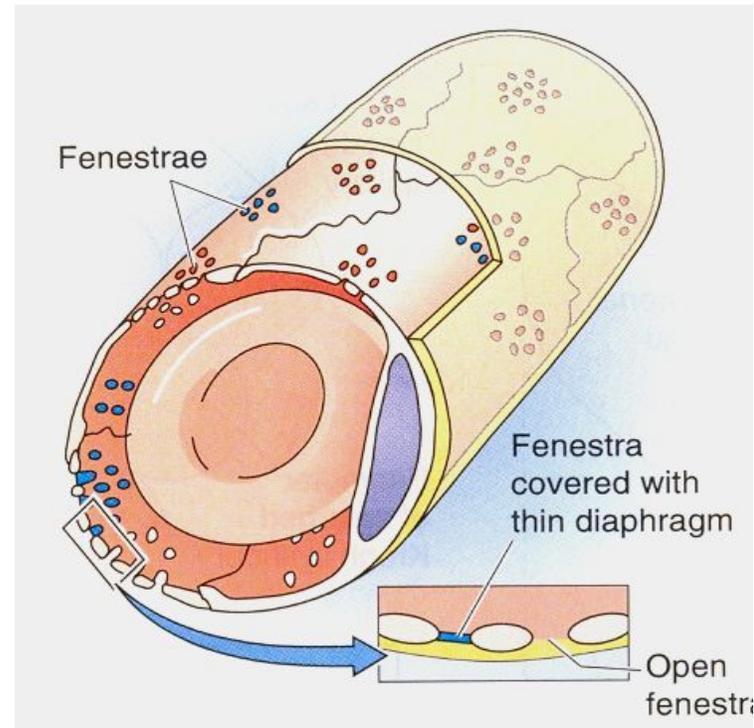
- ▶ Общее количество - 40 миллиардов
- ▶ Диаметр - 5-8 мкм, длина 0,5 - 1,1 мм
- ▶ Суммарная длина всех капилляров - 100000км
- ▶ Наименьшая линейная скорость крови - <1мм/с
- ▶ Наибольшая площадь поверхности на единицу массы ткани - >50 см²/г
- ▶ Очень малое расстояние между кровью и клетками ткани - <50 мкм

ТИПЫ КАПИЛЛЯРОВ

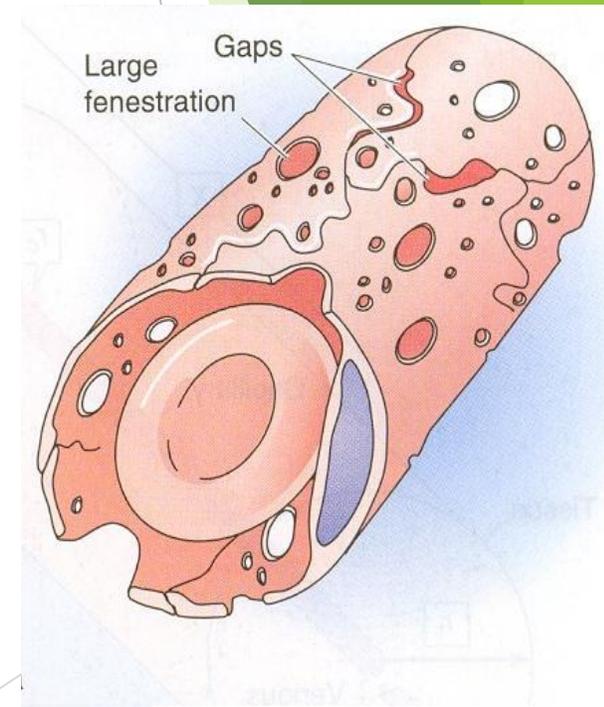
- Соматические с непрерывной стенкой



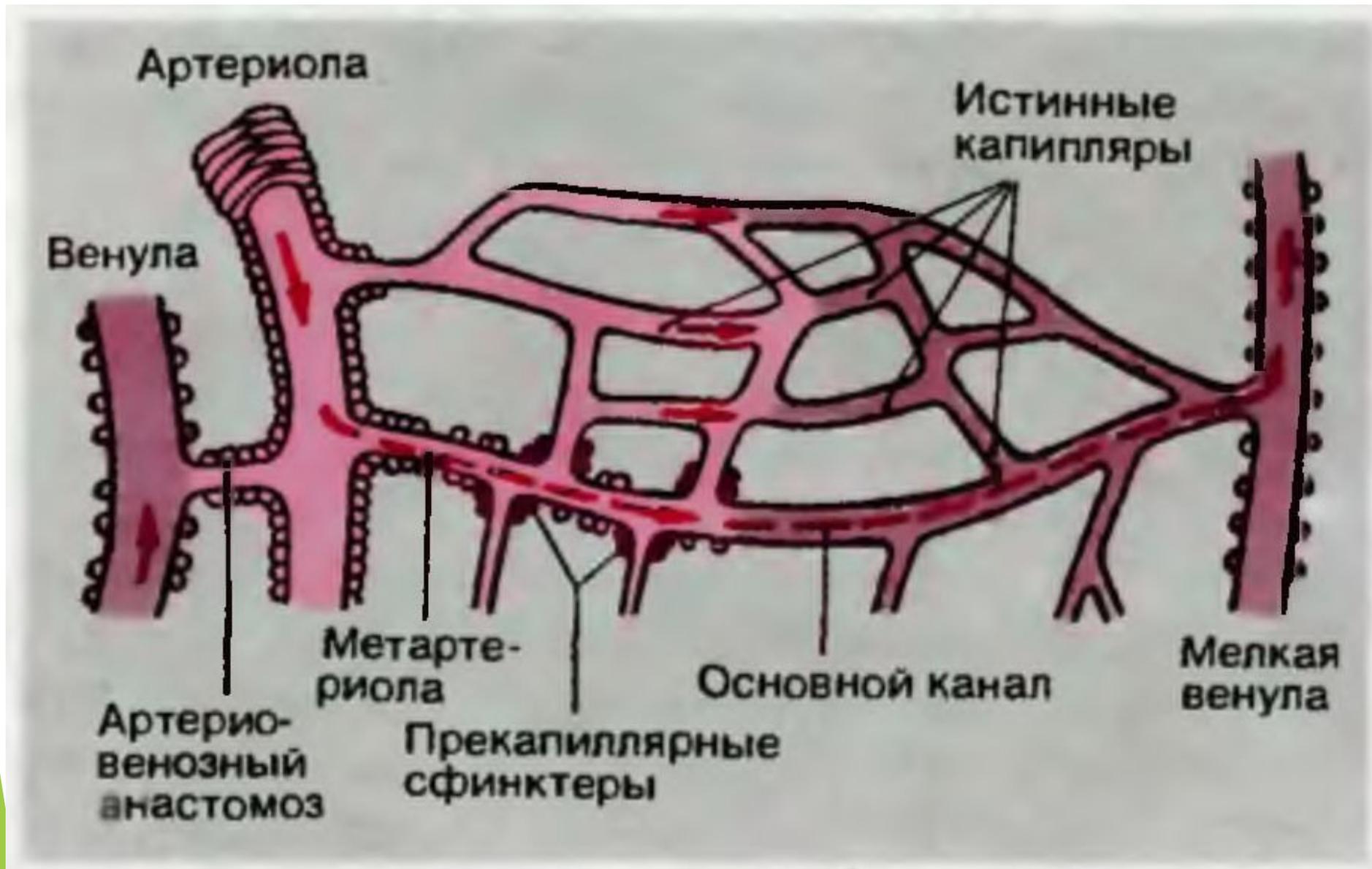
- Висцеральные или фенестрированные



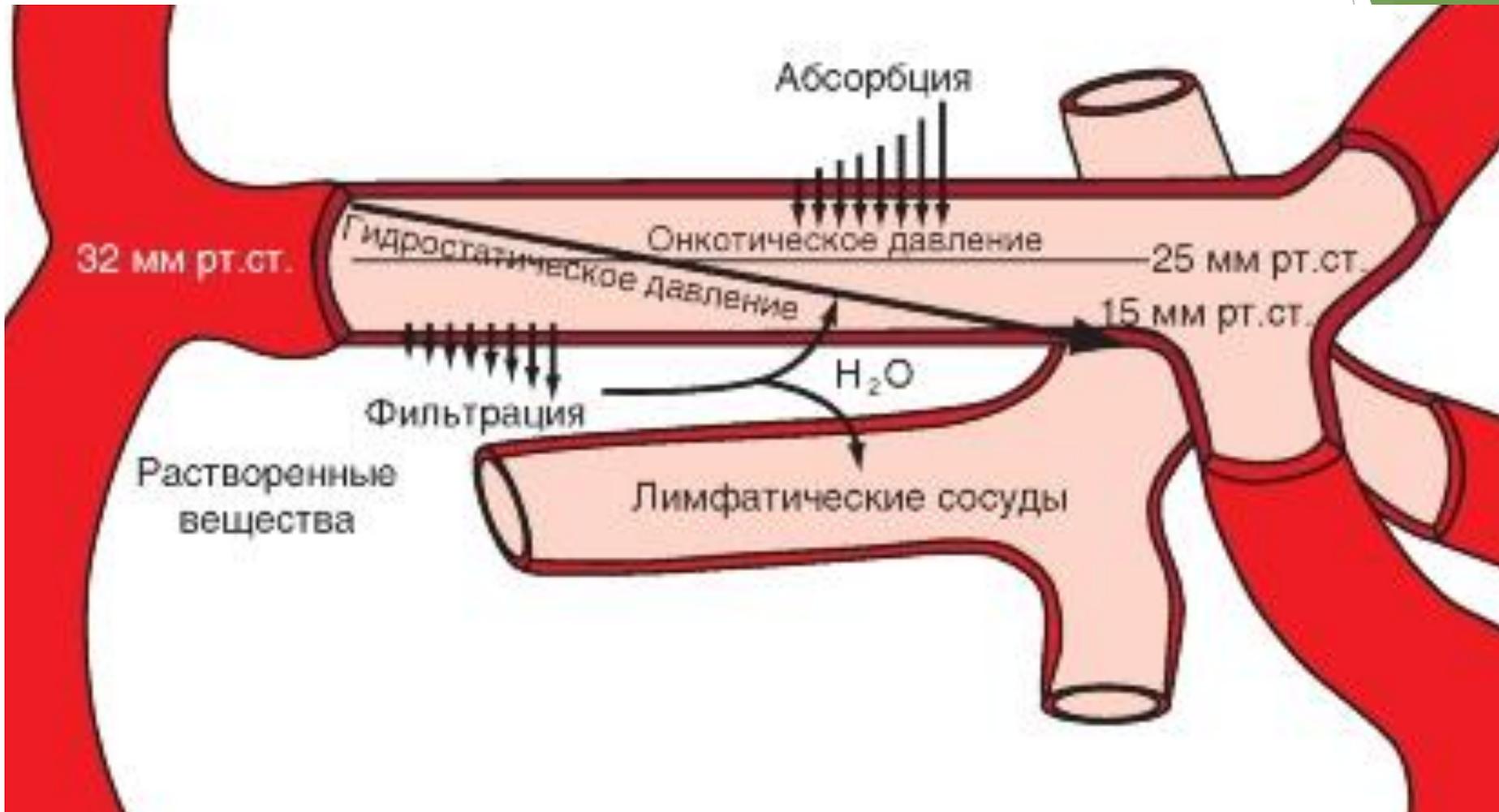
- Синусоидальные с прерывистой стенкой



Система микроциркуляторного русла



Фильтрация и реабсорбция в капиллярах



На артериальном конце капилляра преобладают процессы *фильтрации*, а на венозном – *реабсорбции*.

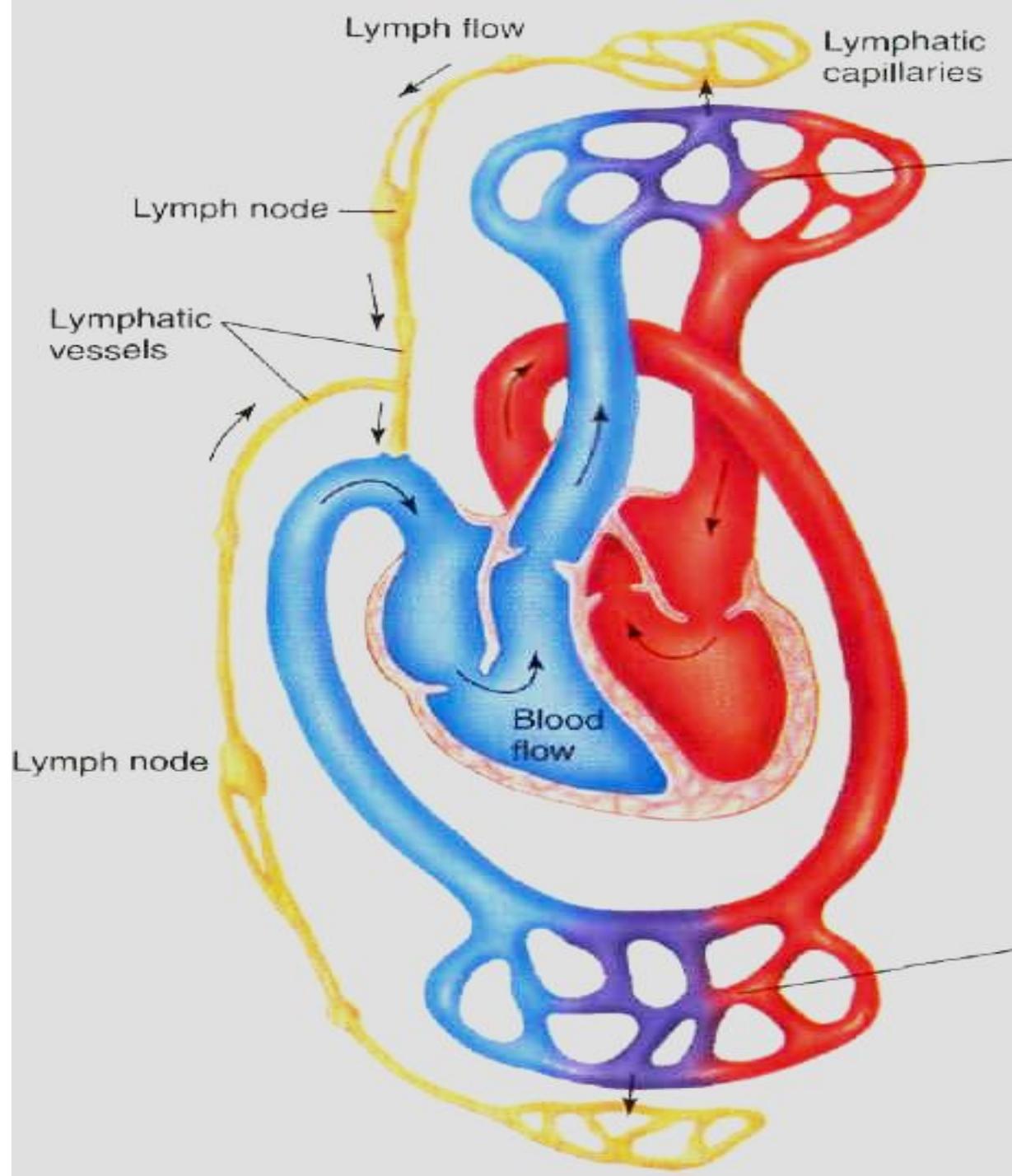
Скорость **фильтрации** – 20 л в сутки,
Скорость **реабсорбции** – 18 л в сутки,
2 л в сутки образует лимфу

Лимфатическая система представляет собой дополнительный путь, по которому жидкость из интерстициального пространства поступает в кровь.

Только лимфатическая система способна выводить из тканевых пространств белки и др. высокомолекулярные вещества, которые не могут непосредственно реабсорбироваться в кровь.

Возвращение белков в кровь из интерстициального пространства является важнейшей функцией, при нарушении которой человек может умереть через 24 часа.

**Взаимоотношения
между сердечно-
сосудистой и
лимфатической
системой**



Взаимоотношения между кровеносными и лимфатическими капиллярами

