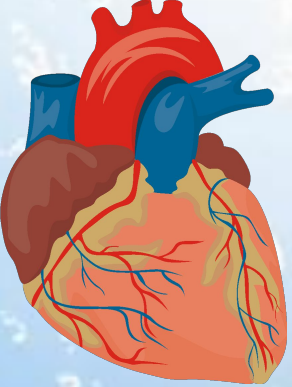
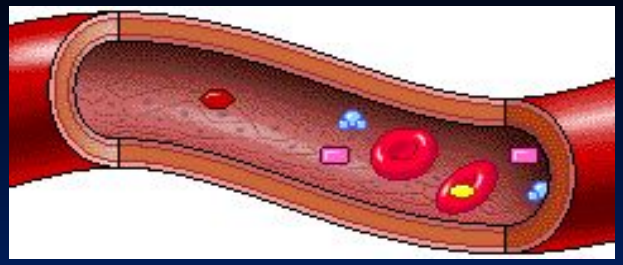
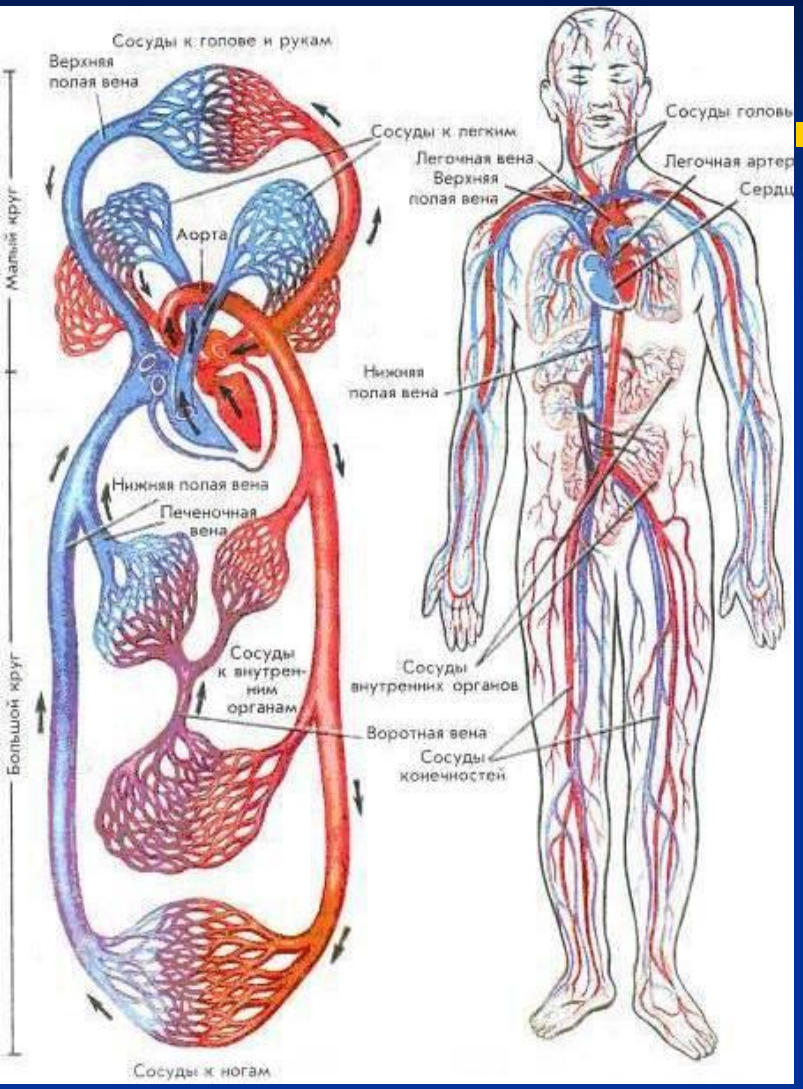


Лекция №2

Основы гидродинамики. Гемодинамика.

Гемодинамика





- Кровоток в сосудах происходит из-за разности гидростатического давления в различных частях системы кровообращения. Кровь всегда движется из области с высоким давлением в область с низким давлением.

Движение крови по сосудам

Давление

$$P = \frac{F_n}{S}$$

Скорость

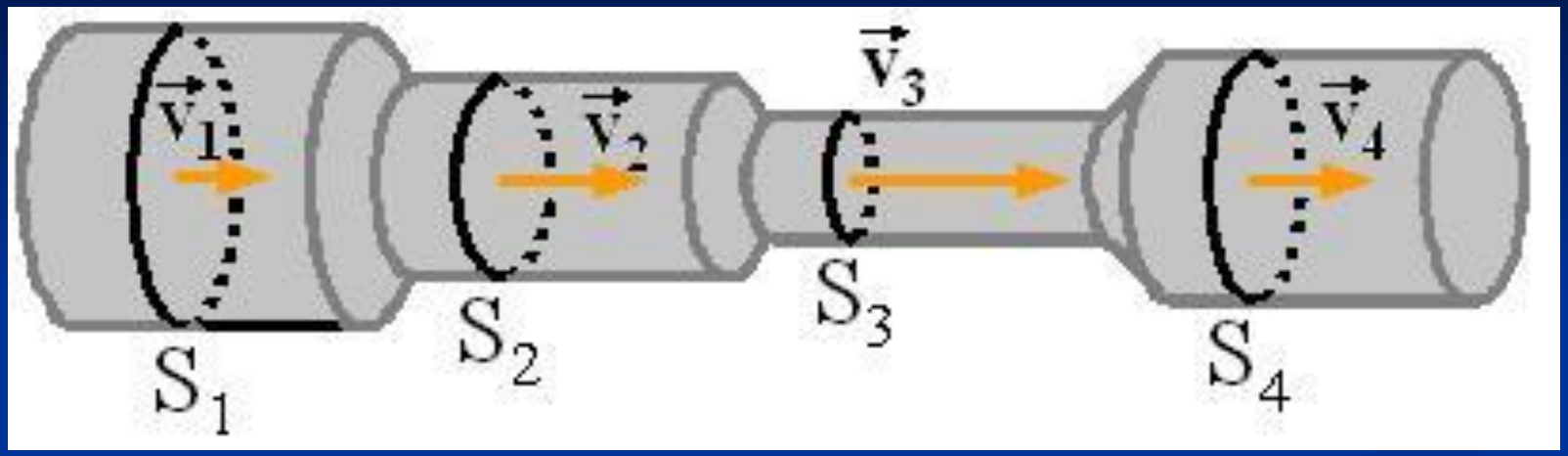
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Объемная скорость

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Уравнение неразрывности струи

S*V=const



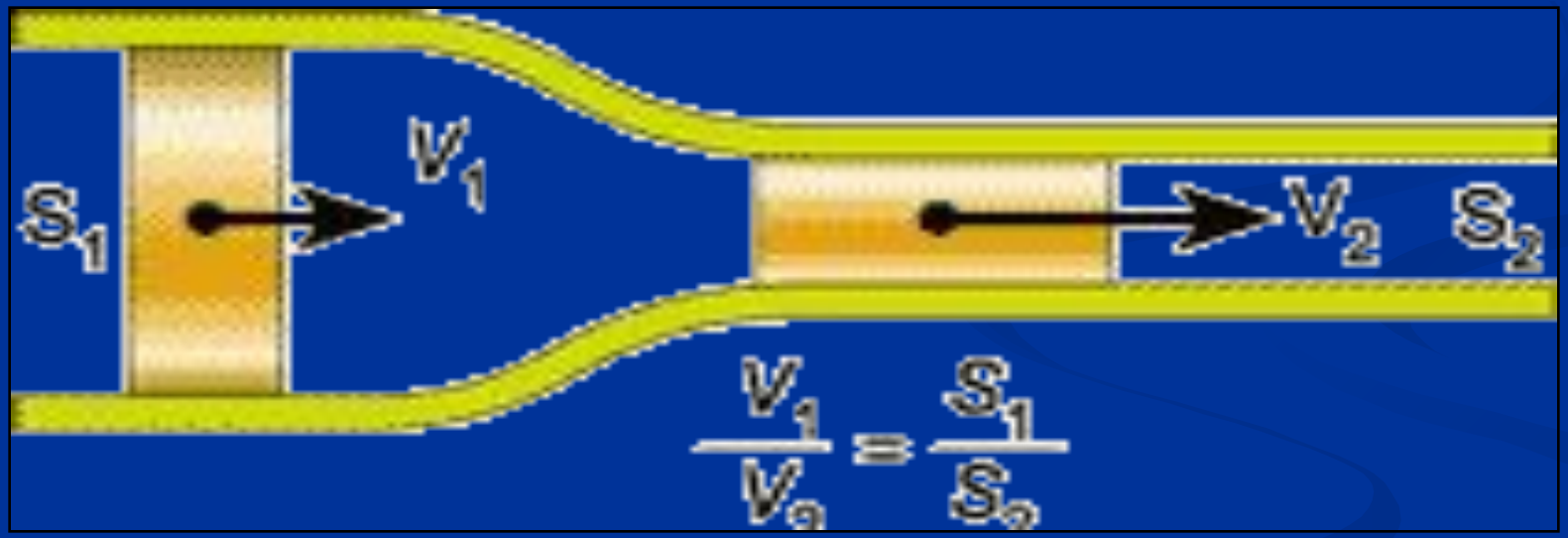
Объемная скорость(Q), или **поток жидкости,** – равна объему жидкости, который протекает через поперечное сечение за единицу времени.

$Q_1 = Q_2$ **Q=S*V**

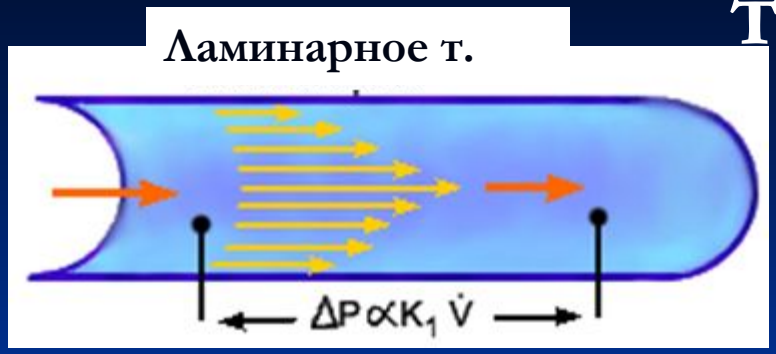
Q1=S1*v1
Q2=S2*v2

S1*v1=S2*v2

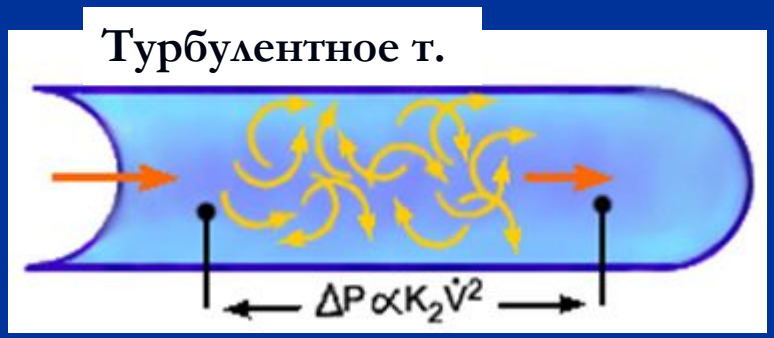
- Скорость течения зависит от площади поперечного сечения. Чем меньше площадь сечения, тем выше скорость

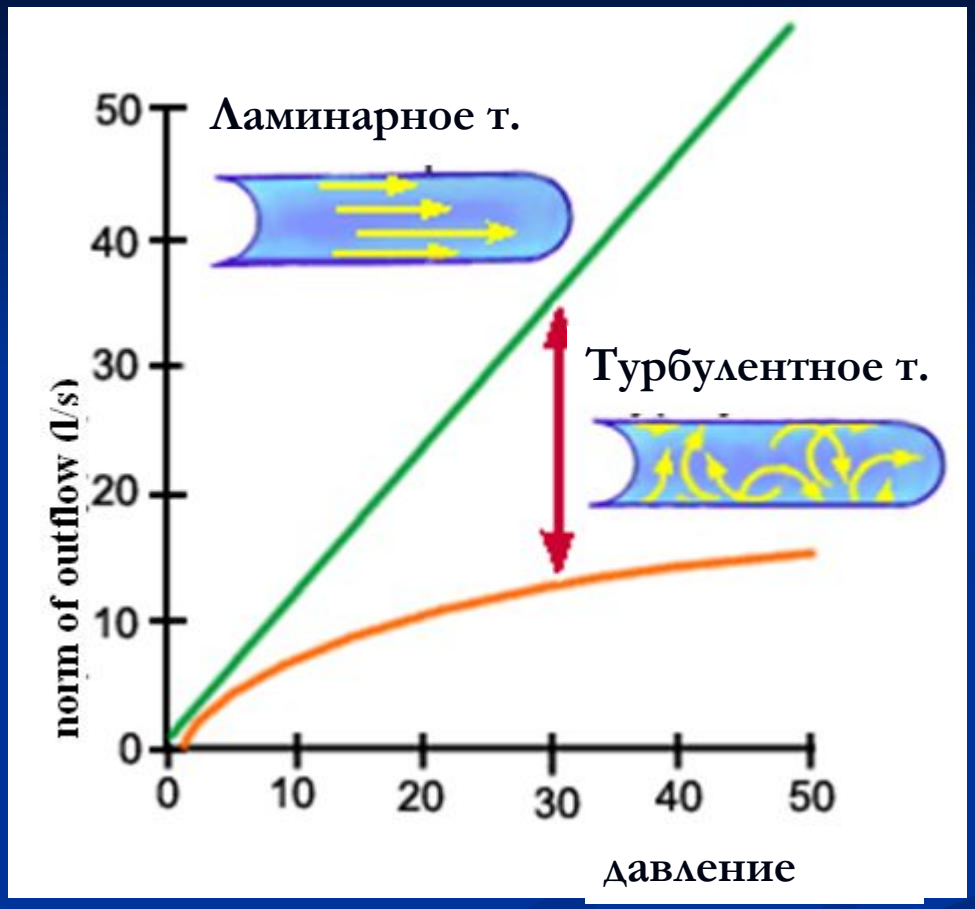


Ламинарное и турбулентное течение



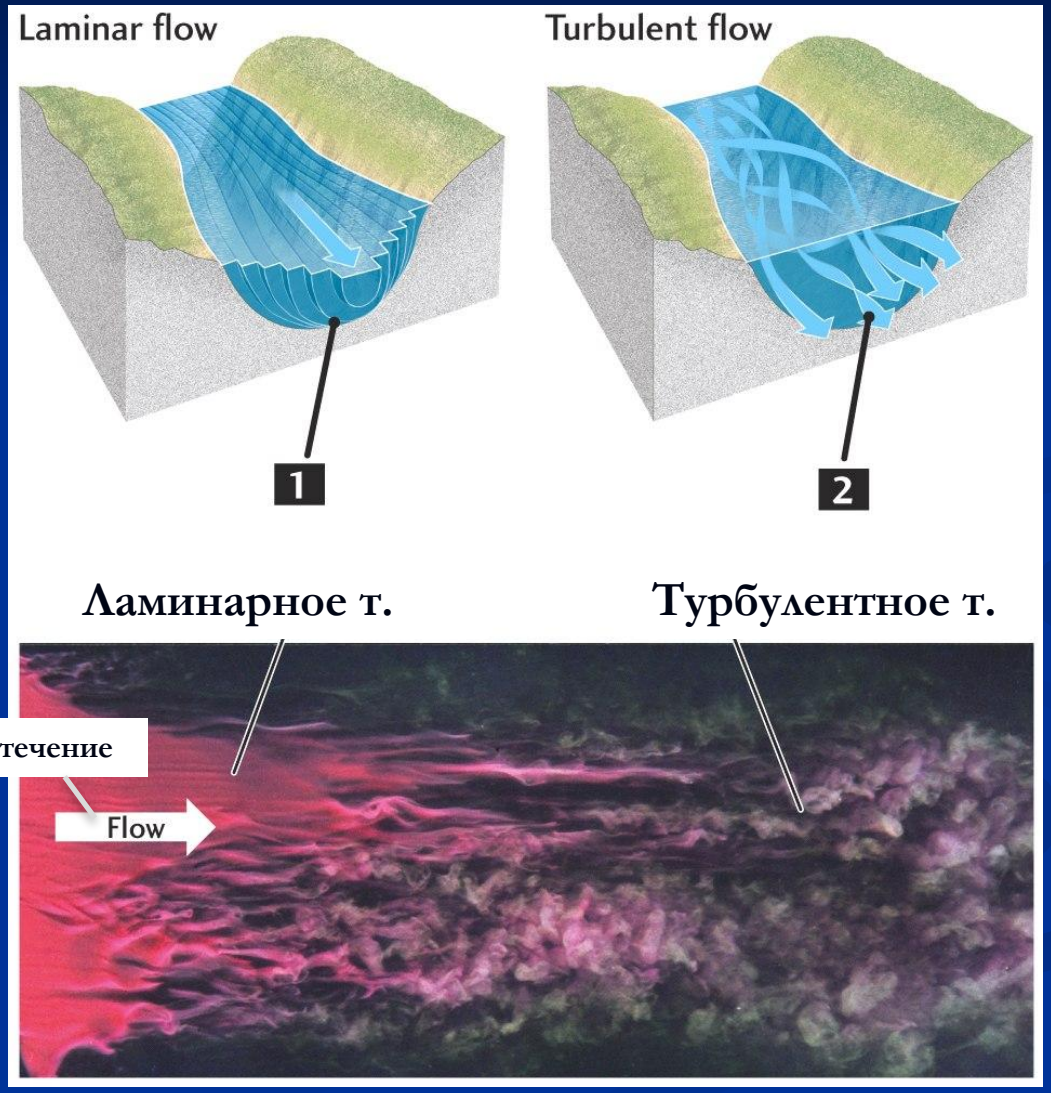
Ламинарное течение(лат. *lāmina* — «пластинка») — течение, при котором жидкость или газ перемещается слоями без перемешивания и пульсаций.



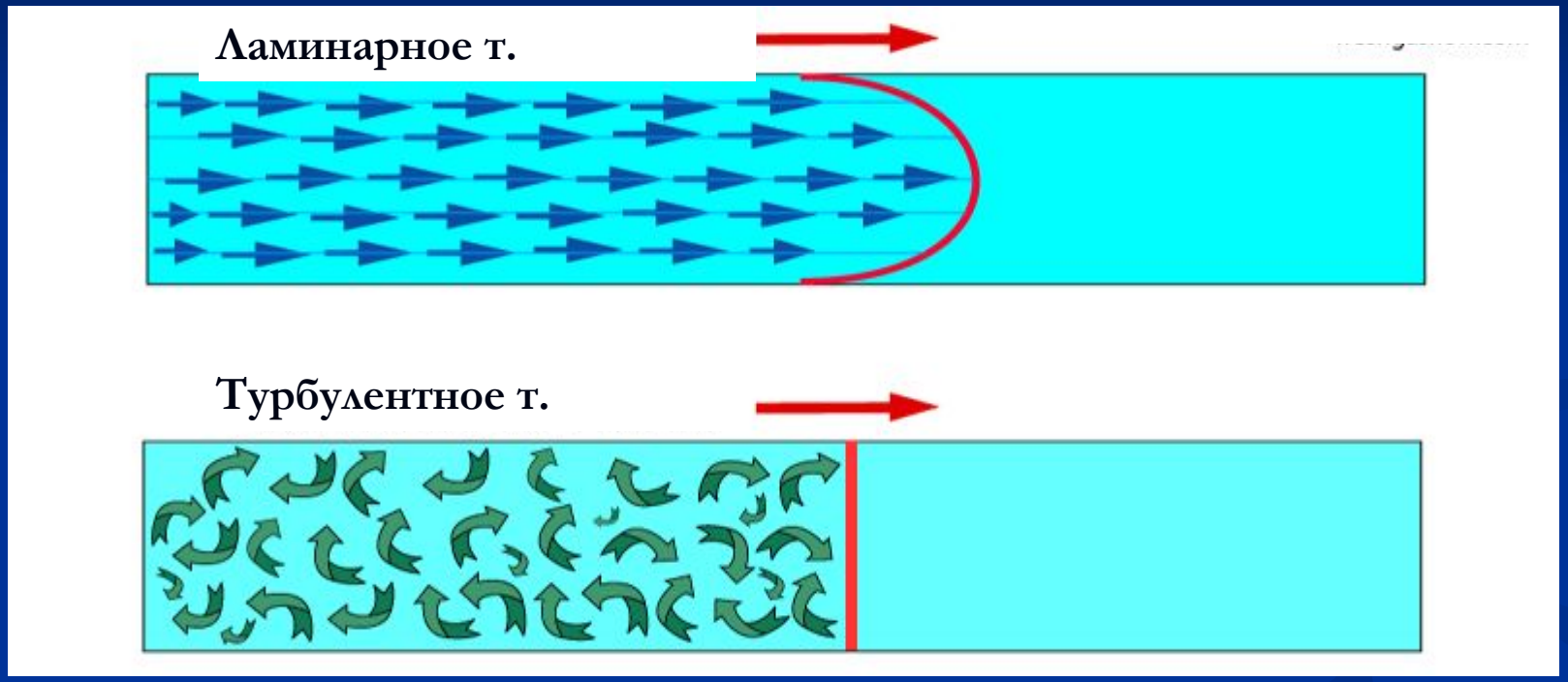


Турбулентное течение (от лат. *turbulentus* — бурный, беспорядочный), — течение, в котором жидкость или газ перемещаются на непостоянной скорости, слои смешиваются.

Ламинарное и турбулентное течение



Ламинарное и турбулентное течение

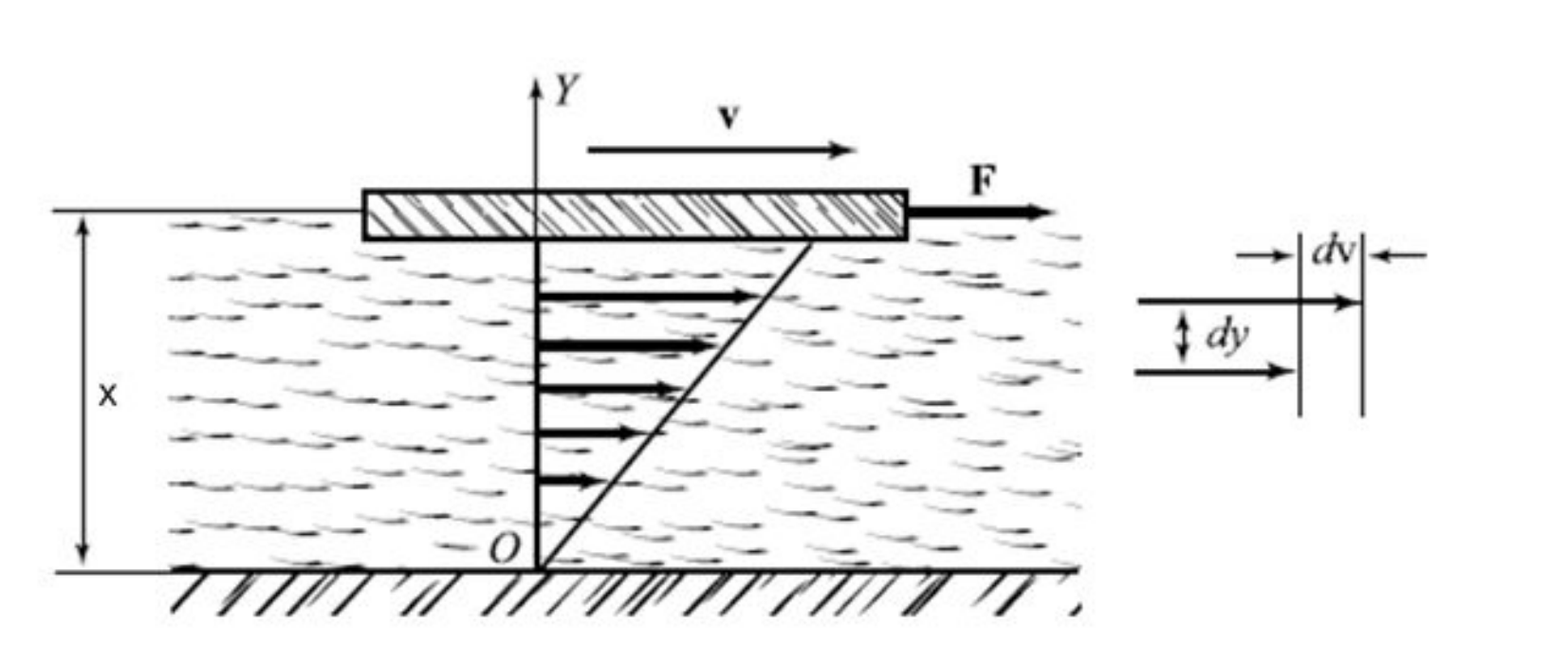


Вязкость жидкости

$$F = -\eta \cdot \frac{d\upsilon}{dx} \cdot S$$

- Основной закон вязкого течения был предложен И. Ньютоном.
- (F-сила вязкого трения, **η-коефициент динамической вязкости,v-скорость течения,S-площадь соприкасающихся слоев)**

Эксперимент Ньютона



Число Рейнольдса

$$Re = \frac{v\,d\,\rho}{\eta}$$

Где d – поперечный размер трубы,
v – скорость потока,
η – динамическая вязкость,
ρ –плотность жидкости.
Число Рейнольдса- безразмерная величина. Оно указывает на характер течения (ламинарное или турбулентное)..

Закон Пуазейля

$$Q = \frac{(P_1 - P_2)\pi r^4}{8\eta l}$$

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

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

Закон устанавливает связь между объемной скоростью жидкости , перепадом давления, радиусом трубы, длиной трубы и вязкостью жидкости.
Этот закон применим только для ламинарного течения.

Измерение вязкости крови

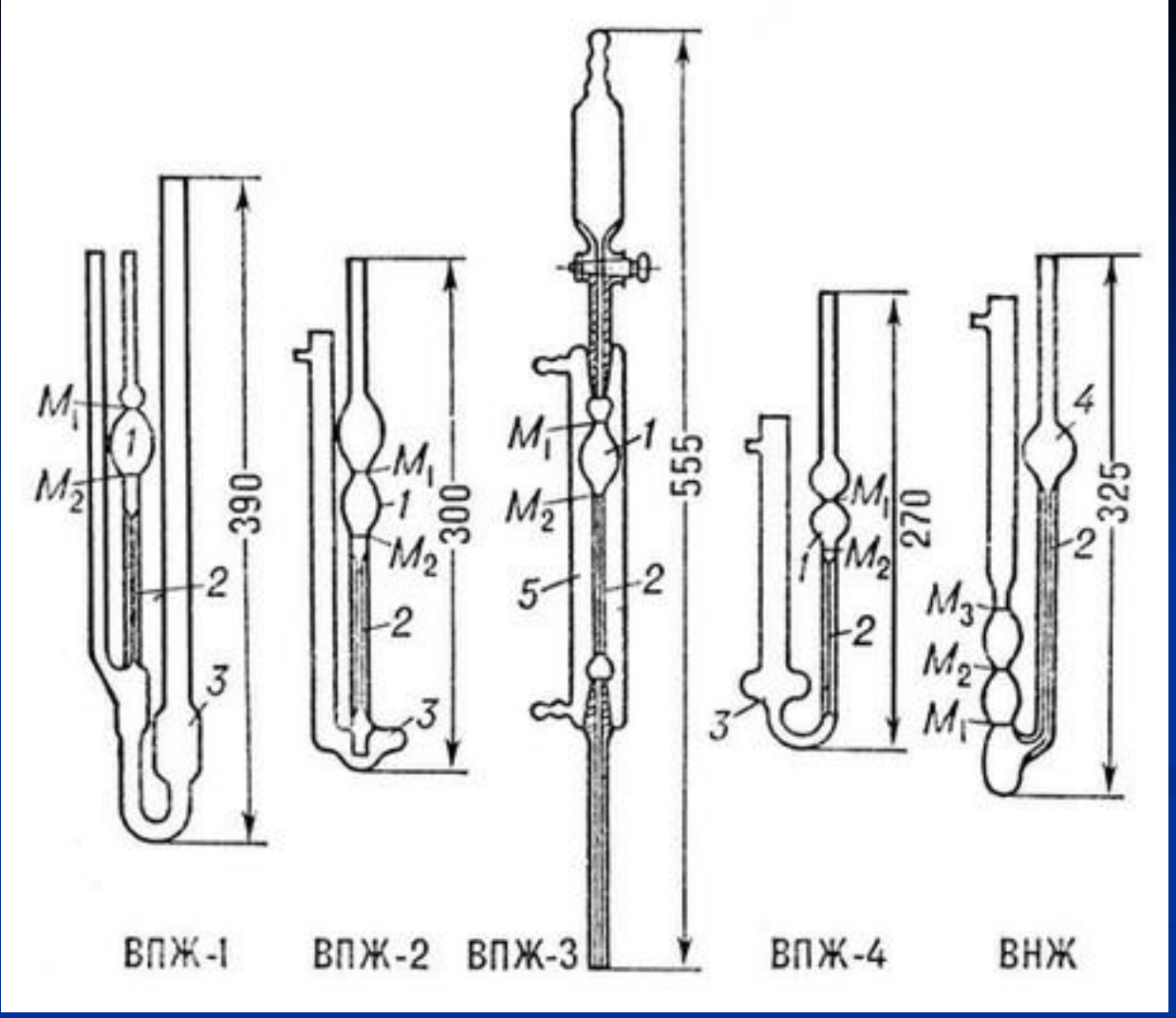
Вискозиметр (от лат. viscosus — вязкий) — прибор для определения динамической или кинематической вязкости вещества. Вязкость измеряется в пуазах(П) и паскаль-секундах (Па·с).

Вискозиметры бывают: капиллярными, ротационными, с падающим шариком и других типов.

Вискозиметр **ВК-4(капиллярный)**

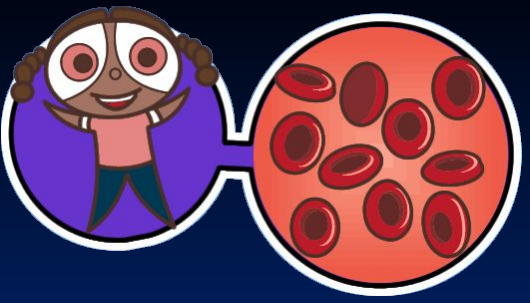
$$Q = \Delta P \frac{\pi r^4}{8 \eta L}$$

Виды вискозиметров



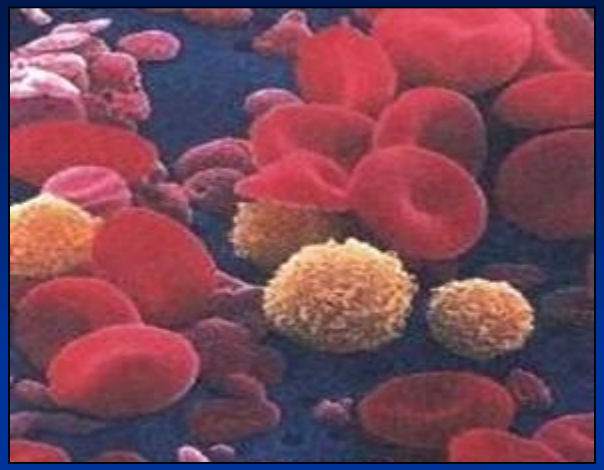
Стеклянные капиллярные вискозиметры: 1 — измерительные резервуары; 2 — капилляры; 3 — приемные сосуды; 4 — питающий резервуар (в вискозиметрах для непрозрачных жидкостей ВНЖ); 5 — термостатирующая рубашка; М1, М2 (у ВНЖ также М3) — метки, служащие для измерения времени истечения жидкости из измерительных резервуаров или их заполнения (у ВНЖ).

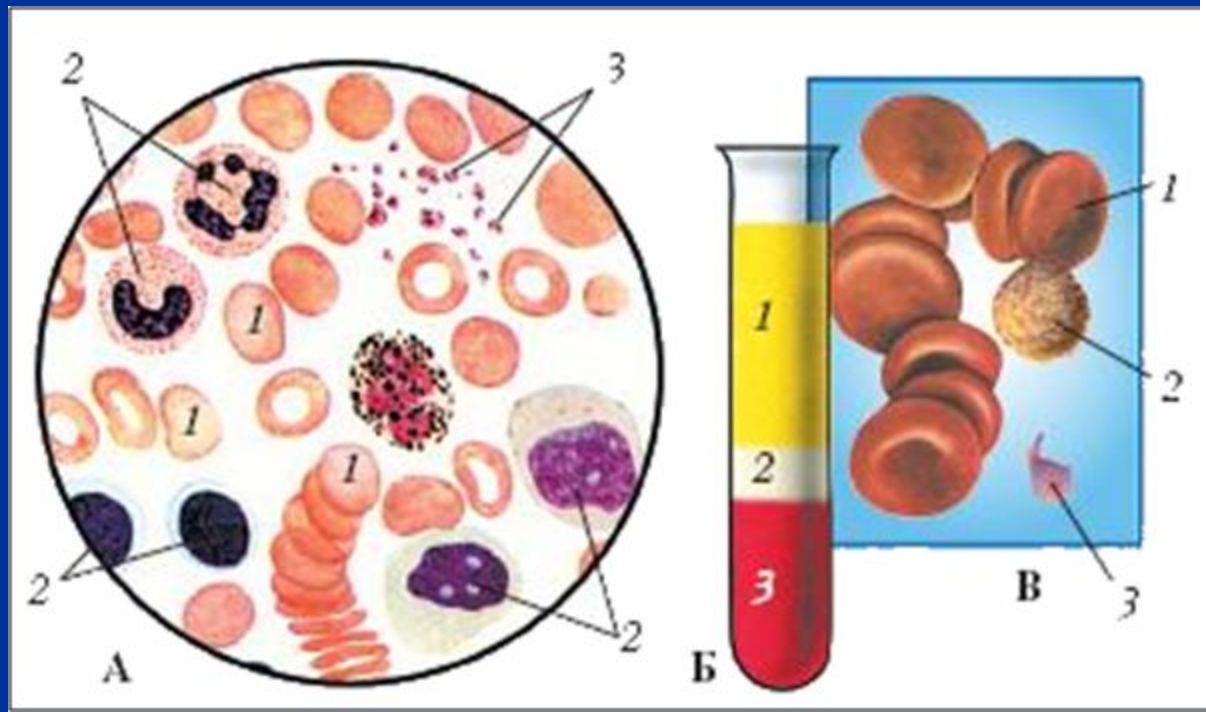
Вискозиметр с падающим шариком



Состав крови

Кровь- жидкая ткань, которая циркулирует по сердечно-сосудистой системе человека. Состоит из плазмы и форменных элементов: клеток лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов.

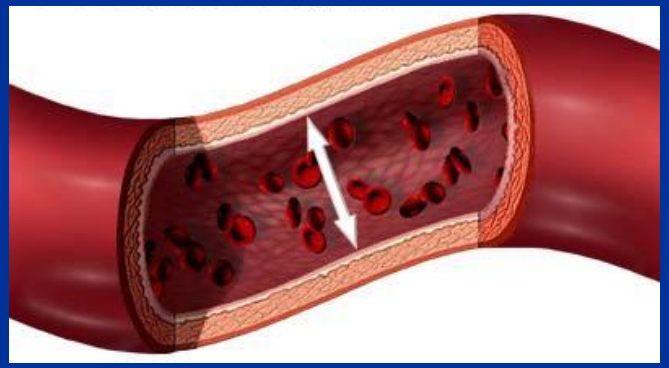




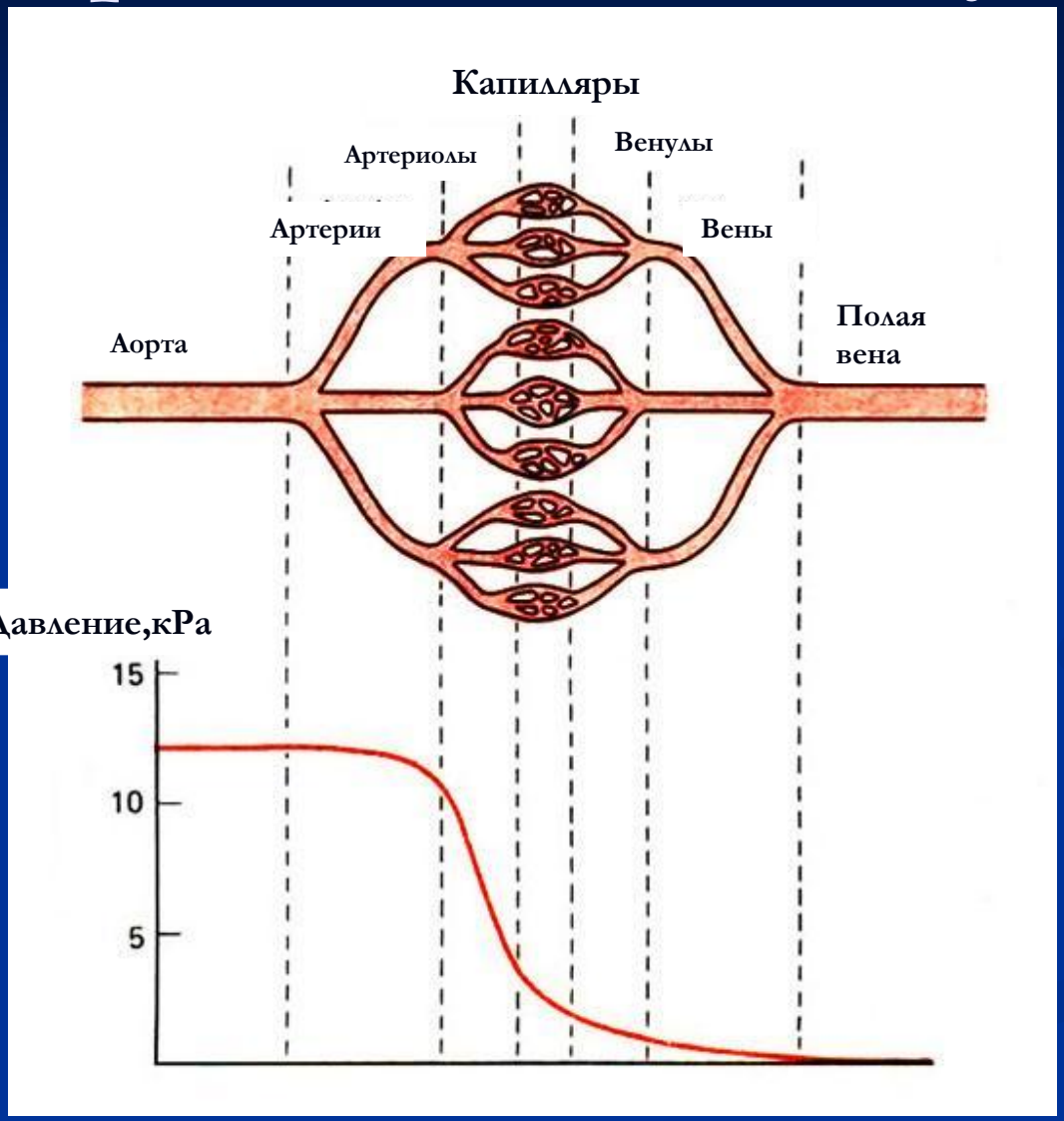
Состав крови.
А – кровь под микроскопом:
1 – эритроциты;
2 – лейкоциты;
3 – тромбоциты;
Б – расслоившаяся кровь: 1 – плазма; 2 – лейкоциты; 3 – эритроциты;
В – форменные элементы: 1 – эритроциты; 2 – лейкоциты; 3 – тромбоциты;

Эритроциты

- ***Эритроциты (с греч.Erythro - красный and cytos – клетка), также называют“красные клетки крови”. Эритроциты обладают высокой эластичностью. Вязкость крови зависит от концентрации эритроцитов***



Изменение кровяного давления в разных частях сосудистой системы

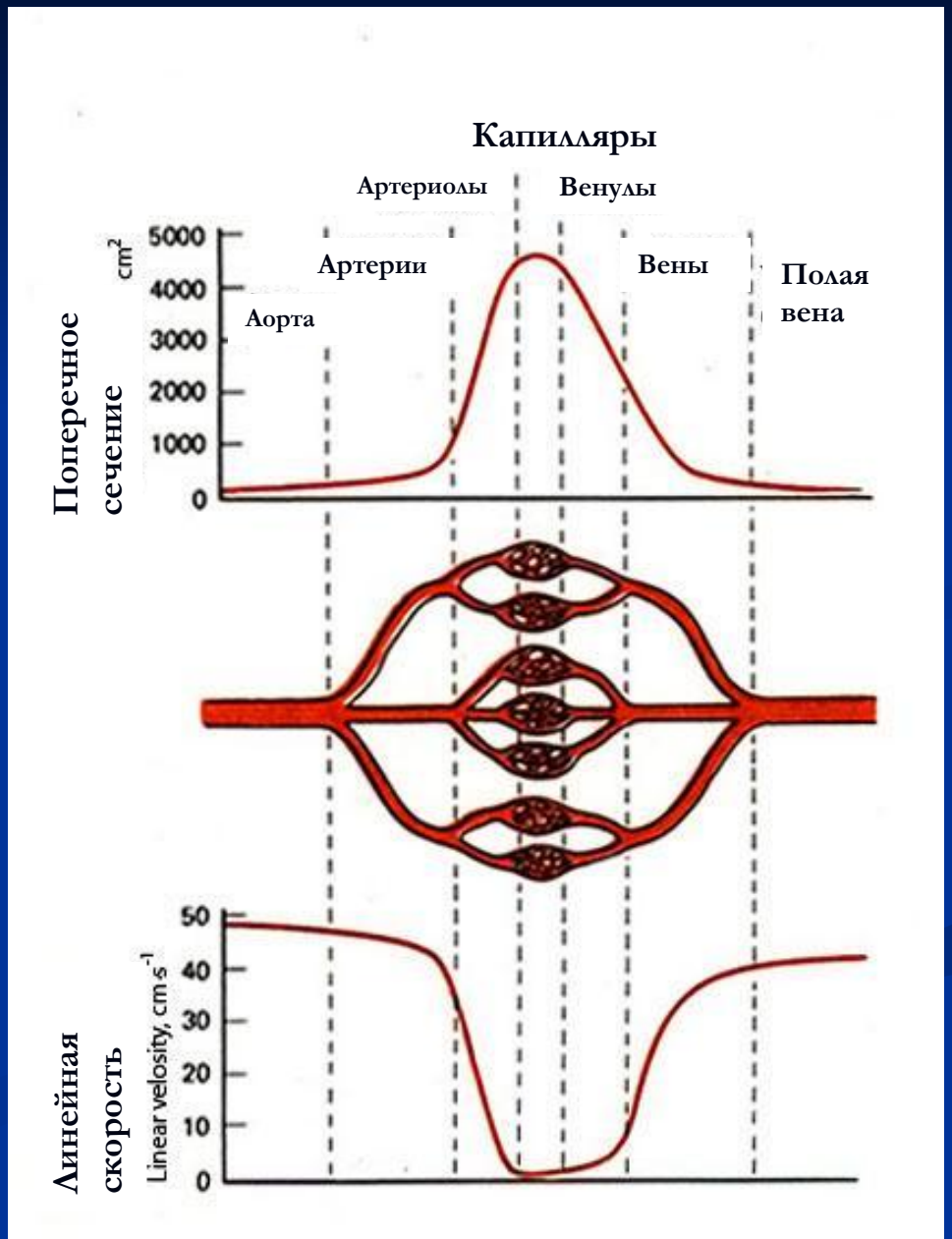


Значительное уменьшение давления происходит в артериолах, так как они имеют высокое сопротивление. Вот почему их относят к сосудам резистивного типа.

Скорость кровотока в различных частях сосудистой системы

Скорость кровотока в различных частях сосудистой системы обратно пропорциональна площади поперечного сечения этой части.

Самая высокая скорость кровотока наблюдается в крупных сосудах кровеносной системы - артериях и венах. Наименьшая скорость кровотока в капиллярах. Поперечное сечение всех артерий или всех вен меньше, чем поперечное сечение капилляров. Так как капилляры являются наиболее многочисленными сосудами в кровеносной системе.



Основные параметры сердечно-сосудистой системы

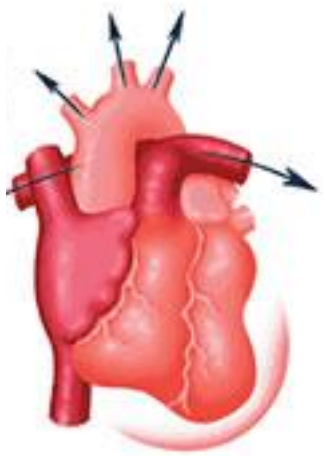
Параметр	Аорта	Капилляры	Полая вена
Поперечное сечение, cm^2	3 – 4	2500 – 3000	6 – 8
Средняя скорость, cm/c	20 – 25	0,03 – 0,05	10 – 15
Среднее давление, мм ртутного столбика	100	30 – 15	6 – 0

Общее поперечное сечение ветвей аорты больше, чем сечение самой аорты. Капилляры имеют наибольшую общую площадь поперечного сечения, как их число больше. В целом площадь поперечного сечения капилляров равна 3000 см ^{2}. Капилляры сливаются, образуя венулы, которые сливаясь обр. полую вену. Так площадь поперечного сечения снижается до 6-8 см ^{2} что в два раза больше, чем сечения аорты.

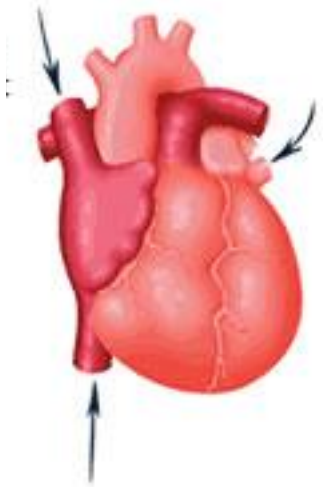
Кровяное давление(КД)

- **Кровяное давление** — давление, которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов , возникает в результате сокращения сердца, нагнетающего кровь в сосудистую систему, и сопротивления сосудов;
- При каждом ударе сердца кровяное давление колеблется между наименьшим (диастолическим) наибольшим (систолическим) .
- Систолическое давление- показывает максимальное артериальное давление в конце сердечного цикла, когда желудочки сокращаются. Диастолическое давление -минимальное артериальное давление, в начале сердечного цикла, когда желудочки, наполненный кровью. Нормальное значение для здорового взрослого человека составляет 120 мм рт.ст. -систолическое д.и 80 мм рт.ст. диастолическое д.(записывается как 120/80 мм рт. ст.)

Систола
Во время систолы сердце сокращается,КД повышается, кровь выталкивается в сосуды



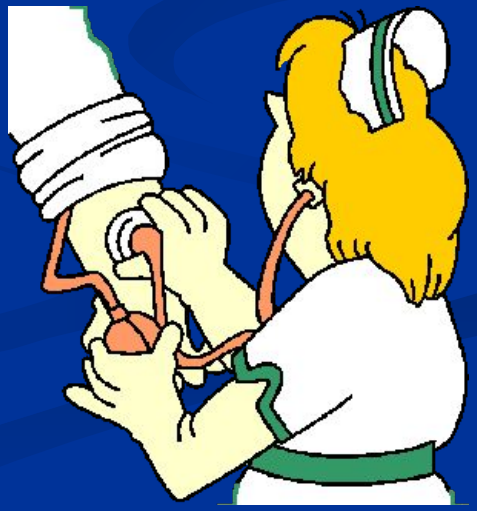
Диастола
Во время диастолы сердце расслабляется, КД падает и сердце наполняется кровью



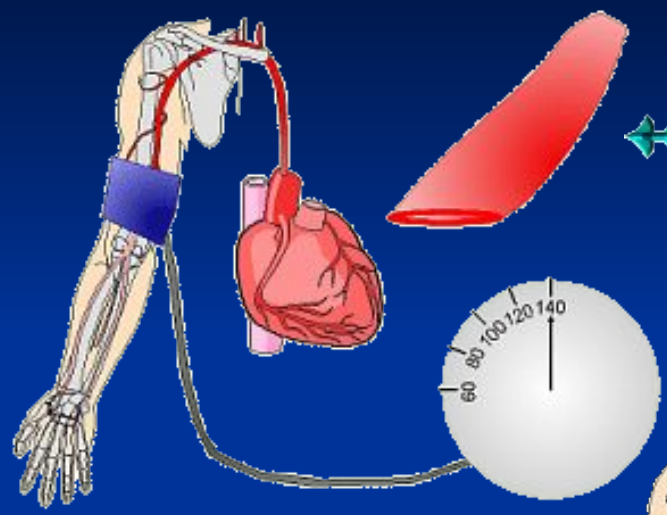
Кровяное давление

Коротков Н.С. (1874 – 1920)

- Коротков Николай Сергеевич– русский хирург. Изобрёл акустический метод измерения артериального давления.

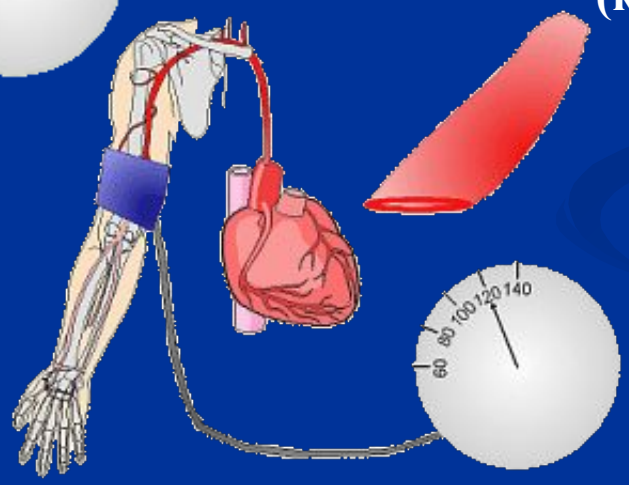


Тоны Короткова

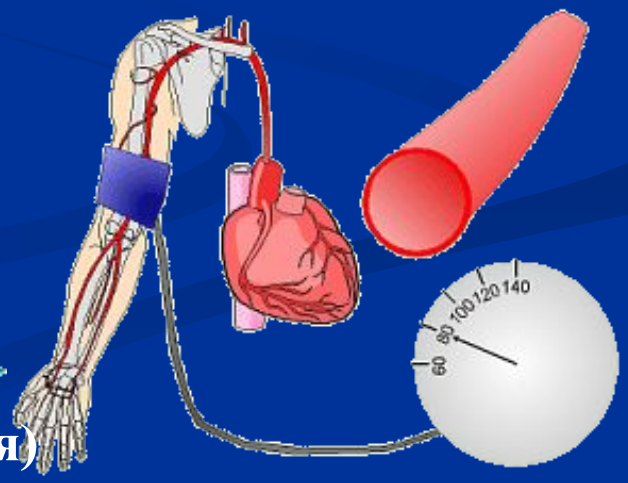


Давление в манжете выше, чем систолическое давления (кровь не продвигается)

Давление в манжете между систолой и диастолой (кровь движется порциями)



Давление в манжете меньше, чем диастолическое давление (кровь может свободно перемещаться)



Виды сфигмоманометров

Ртутный

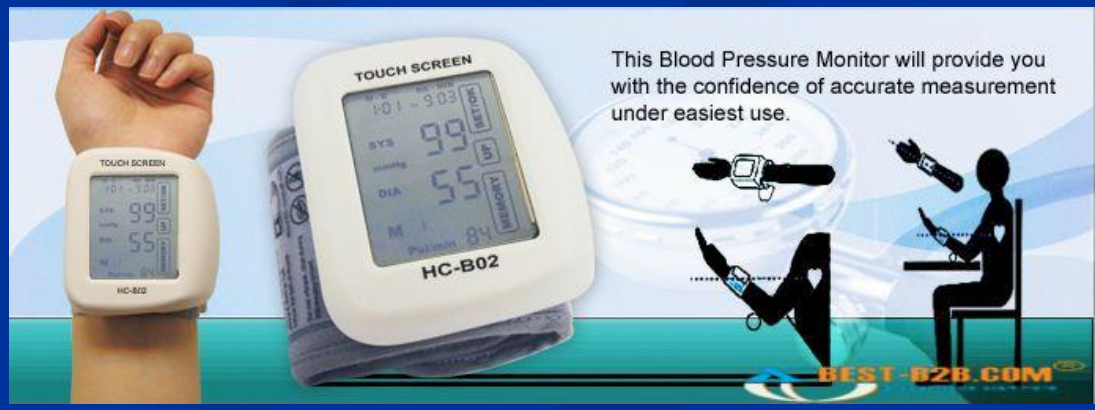
Механический

Электронный

Измерение КД

Электронный сфигмоманометр

Ртутный сфигмоманометр



Измерение КД

Независимо от положения обследуемого, предплечье его руки и аппарат должны находиться на уровне сердца. Нижний край манжетки располагают примерно на 2 см выше локтевого сгиба.

Воздух нагнетают в манжетку до тех пор, пока не исчезает пульс на лучевой артерии вследствие пережатия сосудов. Фонендоскоп прикладывают к локтевой ямке в точке пульсации артерии непосредственно под нижним краем манжетки.

Воздух из манжетки нужно выпускать медленно, со скоростью 2 мм рт. ст. на один удар пульса. Это необходимо, чтобы точнее определить уровень АД. Точка шкалы манометра, в которой появились различимые пульсовые удары (тоны), отмечается как систолическое давление(1 фаза), а точка, в которой они исчезают, — как диастолическое(5 фаза).

Факторы, от которых зависит артериальное давление

-
- $Q = (P_1 - P_2) / R$
- $P_1 - P_2 = QR$
- $P_{арт} - P_{вен} = QR$
- $P_{арт} \sim = QR$
- Q – СИСТОЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ СЕРДЦА
- R – сопротивление сосудов большого круга