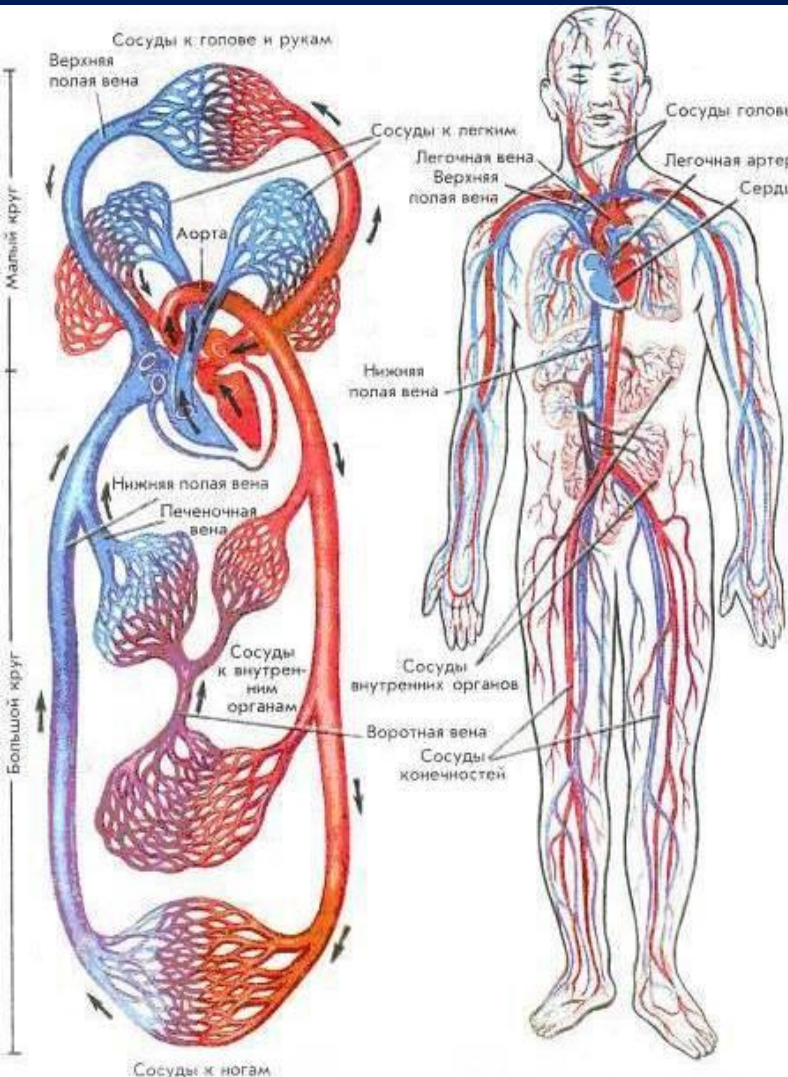
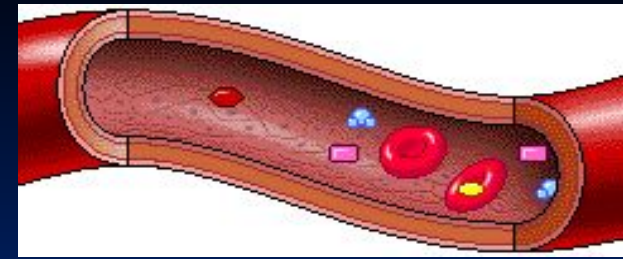


ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ. ГЕМОДИНАМИКА.



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

Полая
вена



Крупные
вены



Малые вены



венулы

Восходящая
аорта и дуга
аорты



Нисходящая аорта и
ее ветви



Малые
артерии



артериолы

Давление

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

Скорость

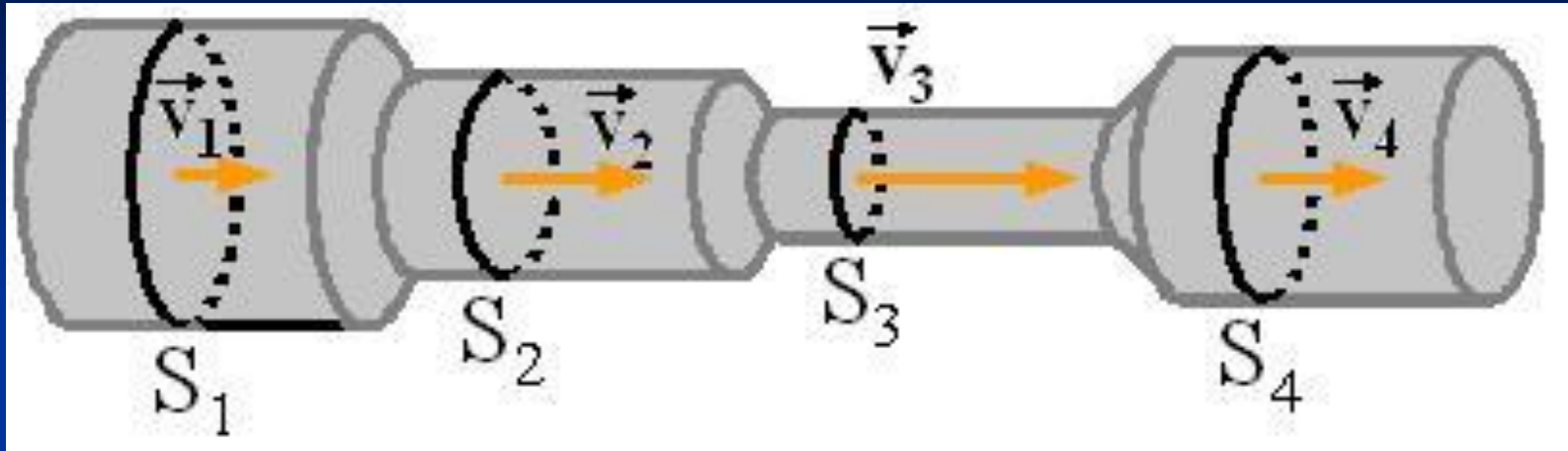
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Объемная скорость

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

Уравнение неразрывности струи

$S \cdot V = \text{const}$



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

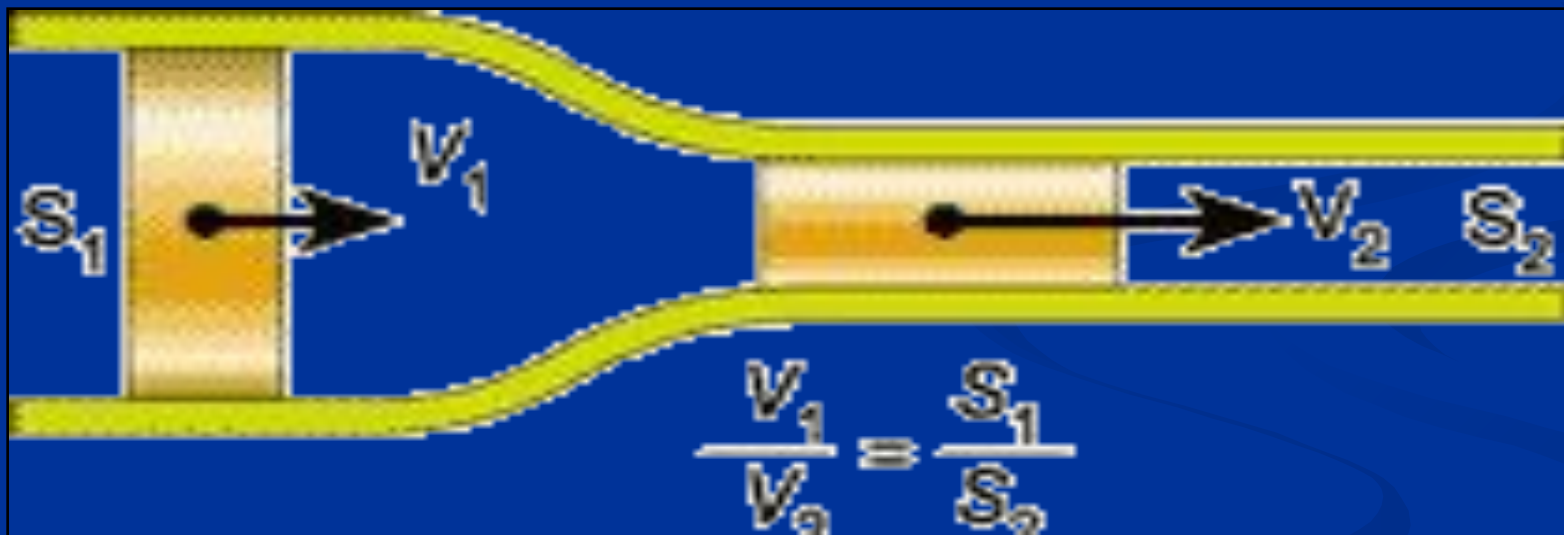
$$Q_1 = Q_2 \quad Q = S \cdot V$$

$$Q_1 = S_1 \cdot v_1$$

$$Q_2 = S_2 \cdot v_2$$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

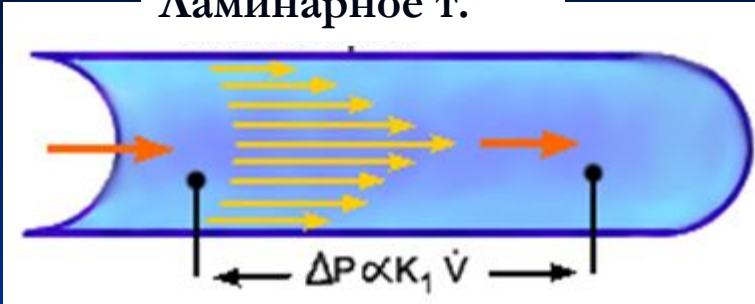
- Скорость течения зависит от площади поперечного сечения. Чем меньше площадь сечения, тем выше скорость



Ламинарное и турбулентное

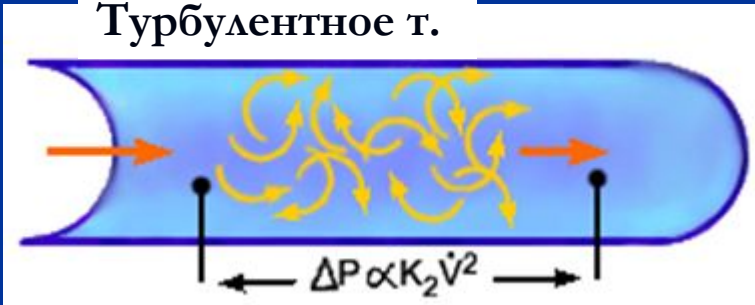
течение

Ламинарное т.

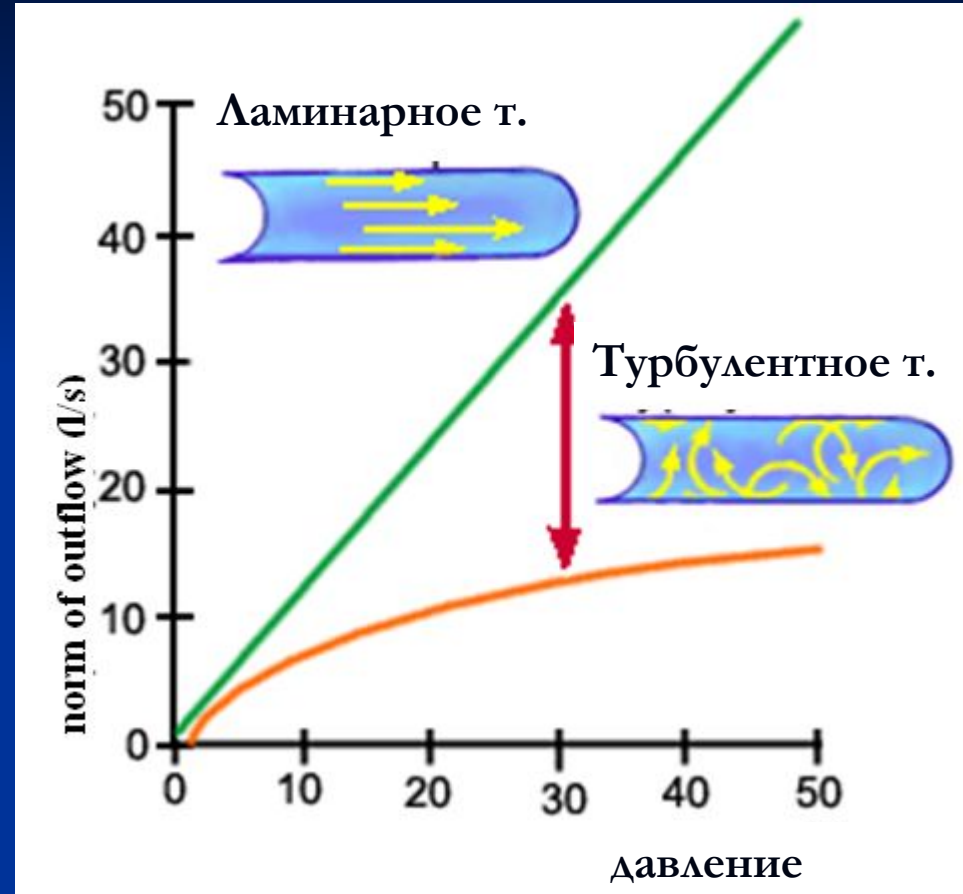


Ламинарное течение (лат. *lāmina* — «пластинка») — течение, при котором жидкость или газ перемещается слоями без перемешивания и пульсаций.

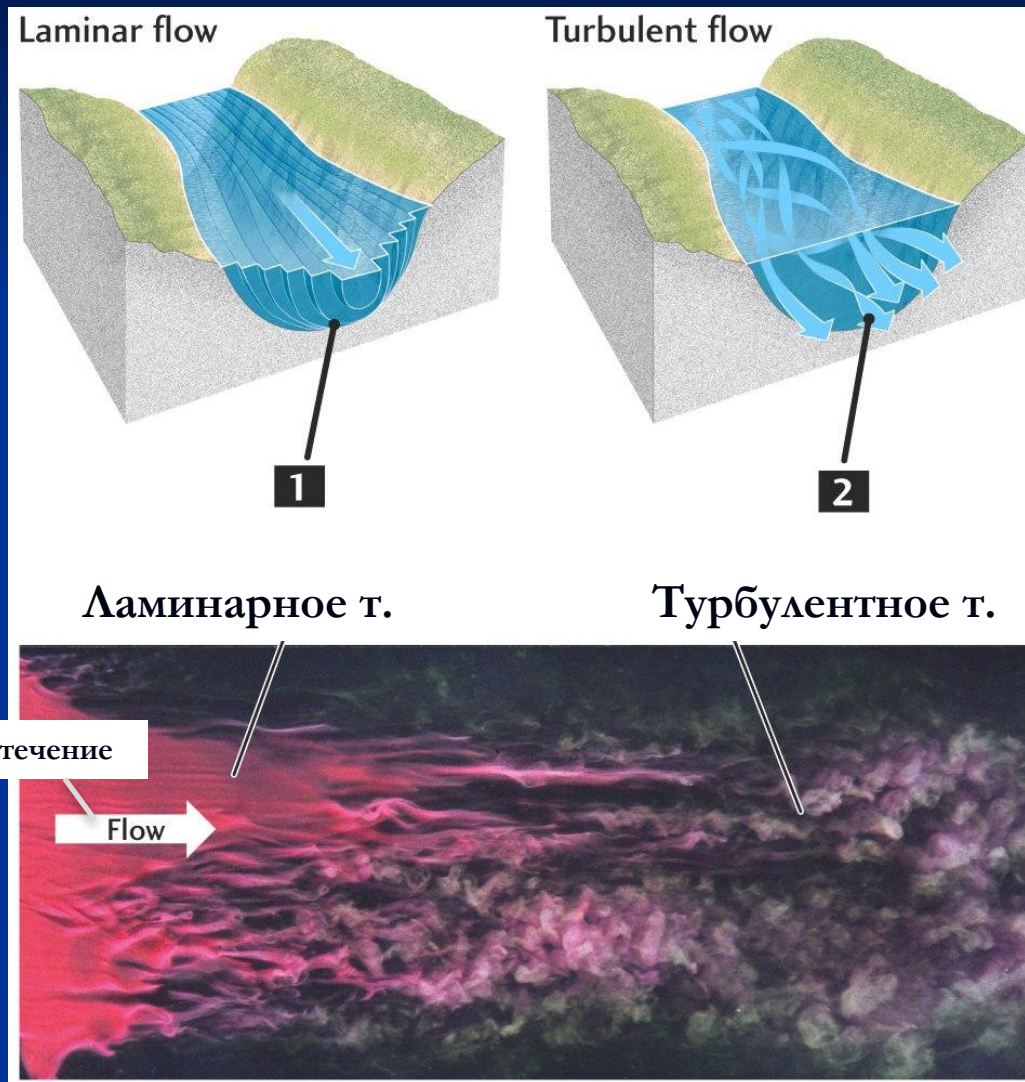
Турбулентное т.



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

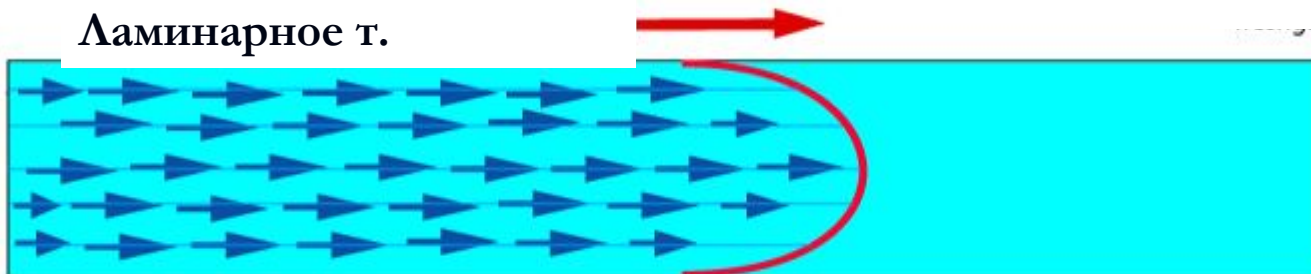


Ламинарное и турбулентное течение

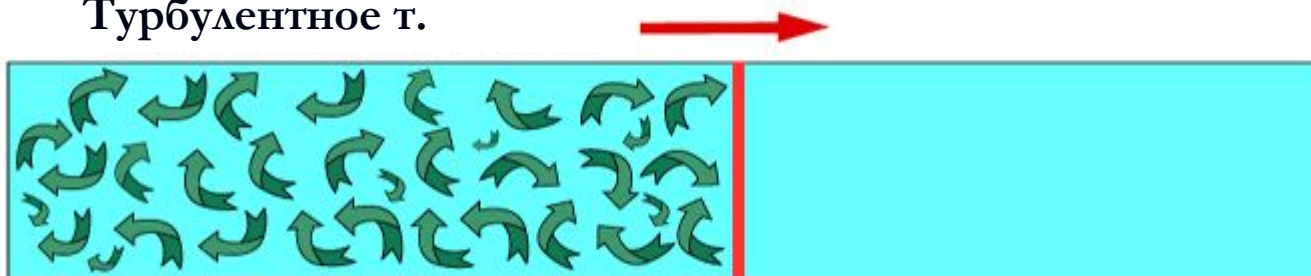


Ламинарное и турбулентное течение

Ламинарное т.



Турбулентное т.

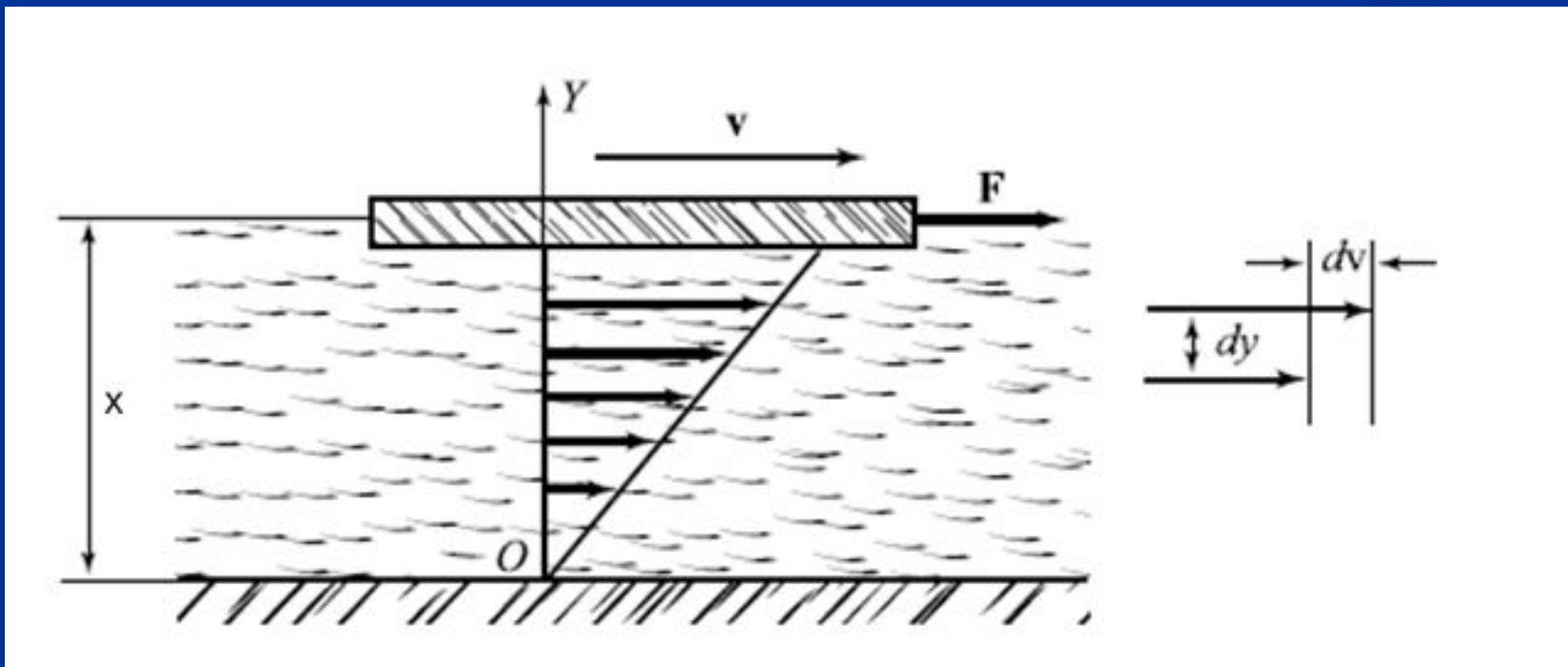


Вязкость жидкости

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

- Основной закон вязкого течения был предложен И. Ньютоном.
- (F-сила вязкого трения, η -коэффициент 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

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

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

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

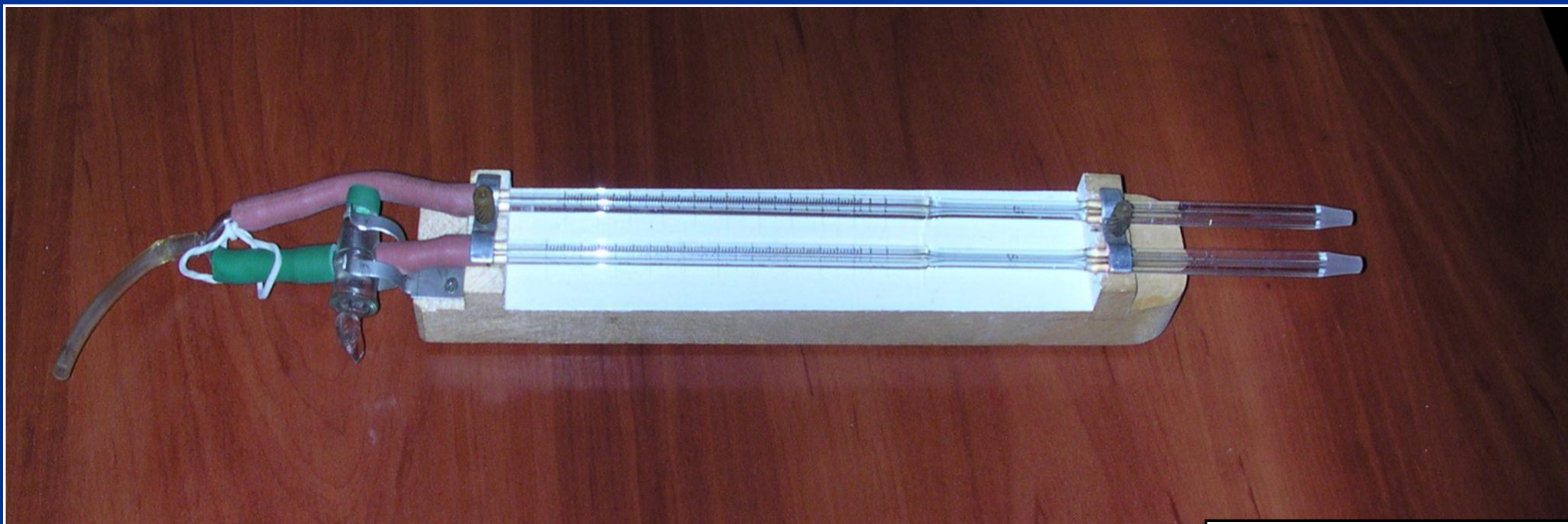
Закон устанавливает связь между объемной скоростью жидкости, перепадом давления, радиусом трубы, длиной трубы и вязкостью жидкости.

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).

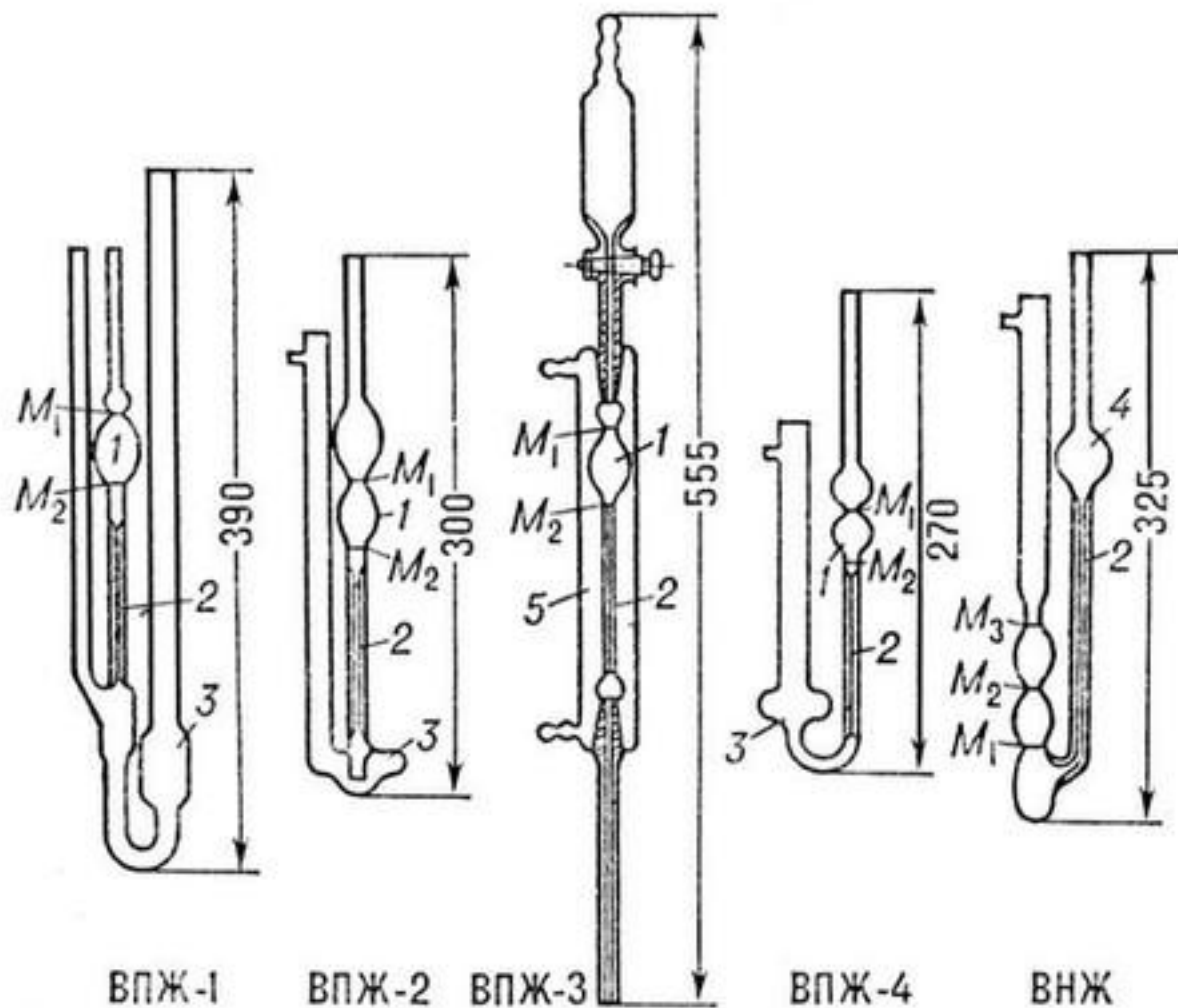
Вискозиметры бывают: капиллярными, ротационными, с падающим шариком и других типов.



Вискозиметр ВК-4(капиллярный)

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

Виды вискозиметров

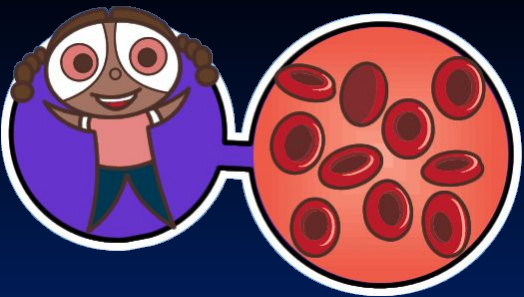


Стеклянные капиллярные вискозиметры: 1 — измерительные резервуары; 2 — капилляры; 3 — приемные сосуды; 4 — питающий резервуар (в вискозиметрах для непрозрачных жидкостей ВНЖ); 5 — термостатирующая рубашка; M1, M2 (у ВНЖ также M3) — метки, служащие для измерения времени истечения жидкости из измерительных резервуаров или их заполнения (у ВНЖ).

Вискозиметр с падающим шариком

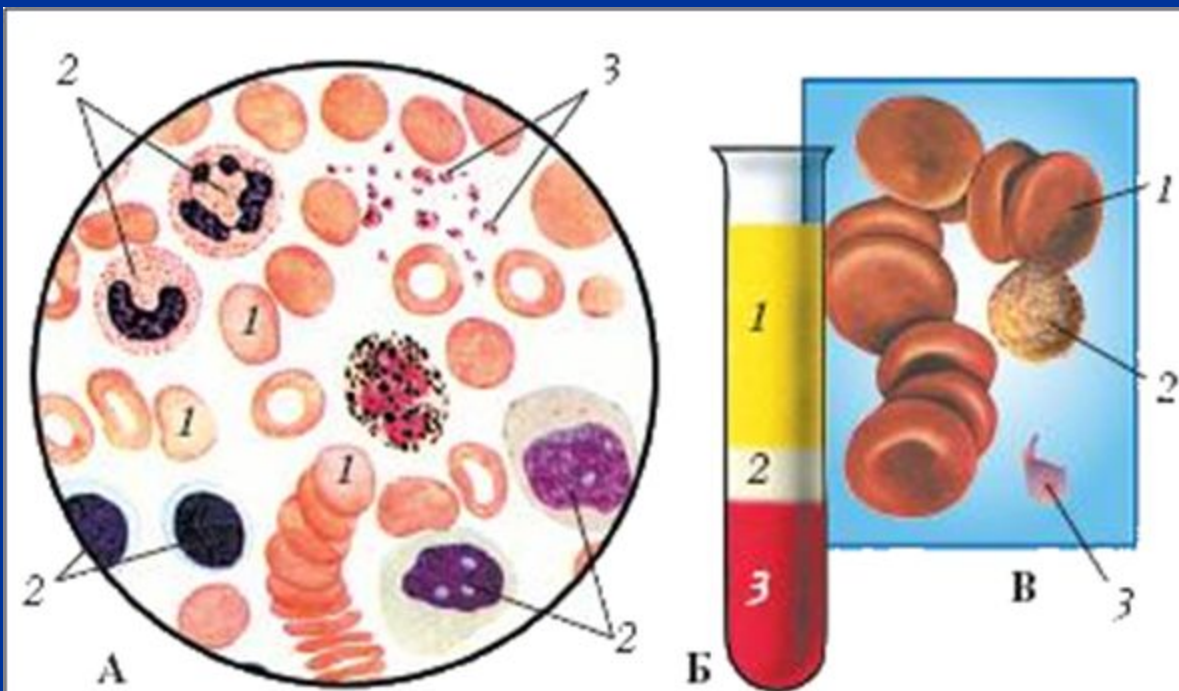


Вязкость (20°C (мПас)	Шарик
10^3	Гудрон 6
10^4	Мед 5 6
10^3	Глицерин 5 4
10^2	Машинное масло 3 4
10^1	Оливковое масло 3 2
	Веретенное масло 3 2
10^0	Вода 1 2
10^{-1}	Эфир 1 6
10^{-2}	Неон 6



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 –

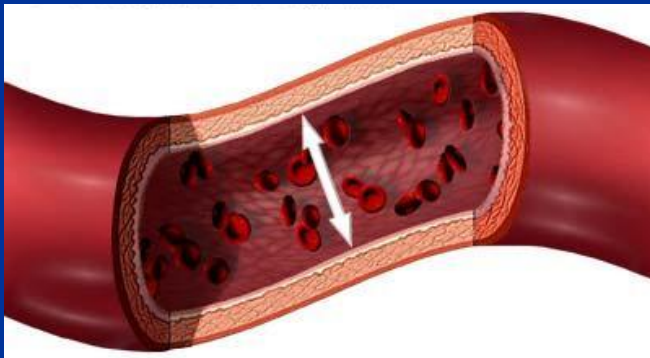
эритроциты; 2 –

лейкоциты; 3 – тромбоциты;

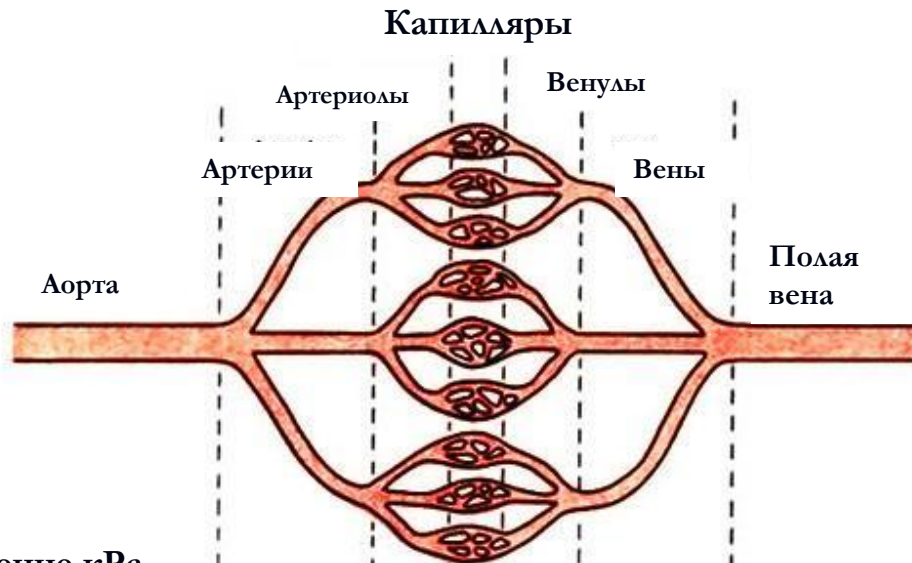
Эритроциты



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

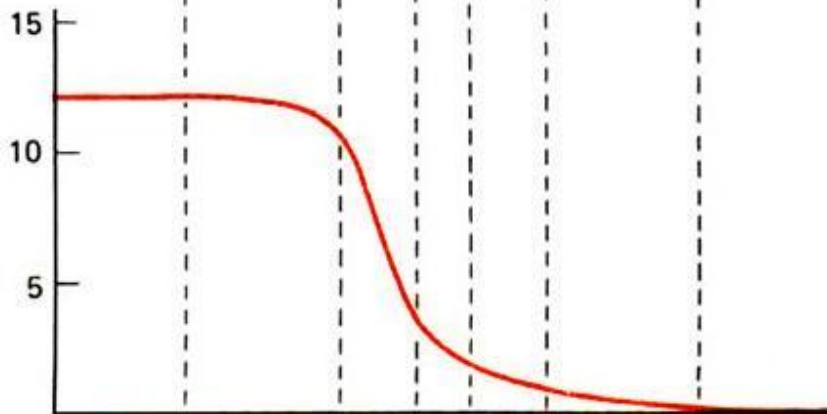


Изменение кровяного давления в разных частях сосудистой системы



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

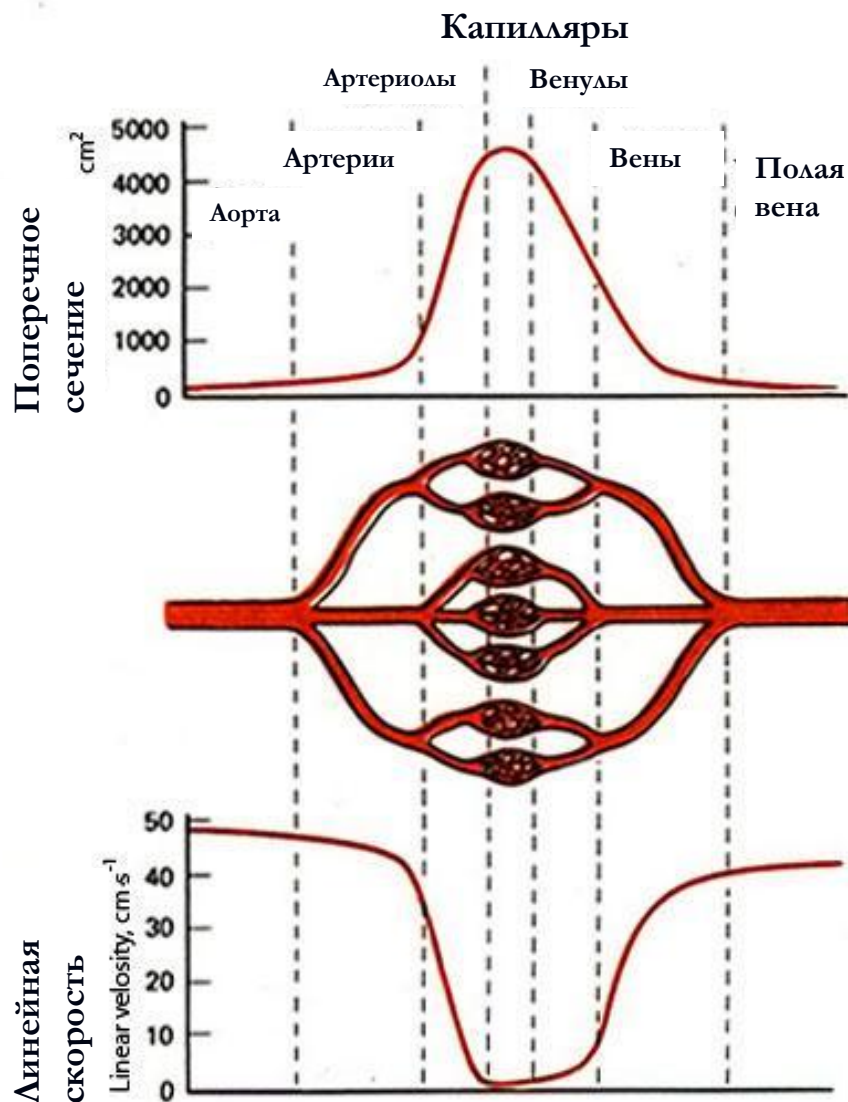
Давление, кПа



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, см^2	3 – 4	2500 – 3000	6 – 8
Средняя скорость, см/с	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 образуют полой вены. Так площадь поперечного сечения снижается до $6-8 \text{ см}^2$ что в два раза больше, чем сечения аорты.

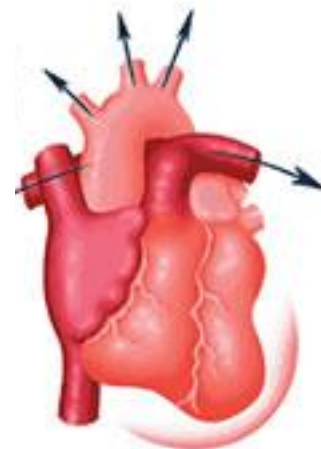
Кровяное давление(КД)

- **Кровяное давление** — давление, которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов , возникает в результате сокращения сердца, нагнетающего кровь в сосудистую систему, и сопротивления сосудов;

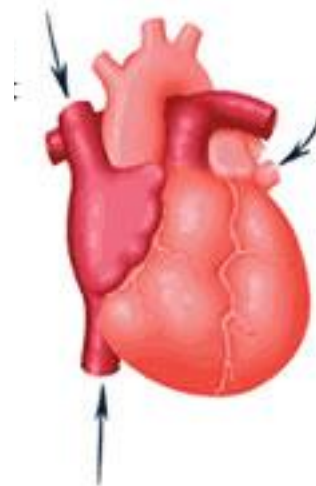
- При каждом ударе сердца кровяное давление колеблется между наименьшим (диастолическим) наибольшим (систолическим) .

- 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

Повышенное кровяное давление



Диагноз "гипертония" означает, что ваше сердце и кровеносные сосуды работают с перегрузкой.

Если не принимать меры, то это может привести к сердечному приступу или инсульту

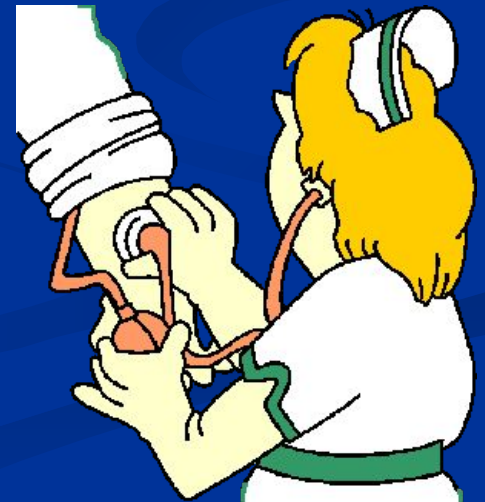
Сердце увеличивается в размерах
Атеросклероз



Коротков Н.С. (1874 – 1920)



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

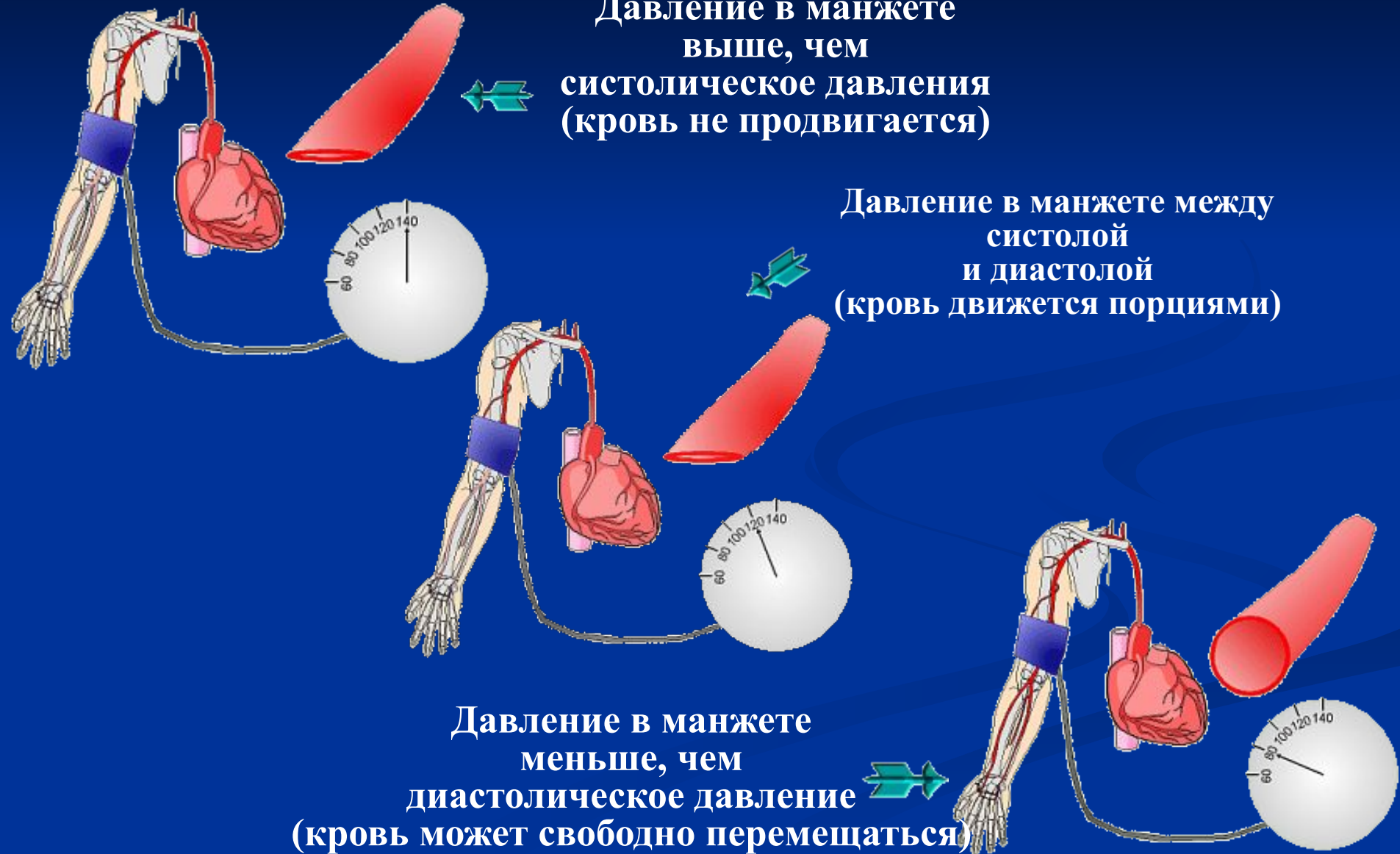


Тоны Короткова

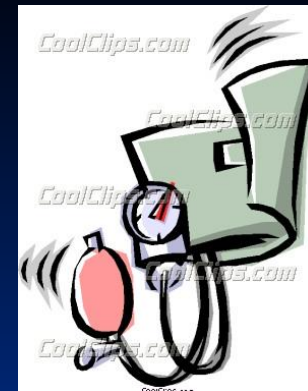
Давление в манжете
выше, чем
систолическое давления
(кровь не продвигается)

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



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

-
- $Q = (P_1 - P_2) / R$
- $P_1 - P_2 = QR$
- $P_{\text{арт}} - P_{\text{вен}} = QR$
- $P_{\text{арт}} \sim QR$
- Q — СИСТОЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ СЕРДЦА
- R — СОПРОТИВЛЕНИЕ СОСУДОВ БОЛЬШОГО КРУГА