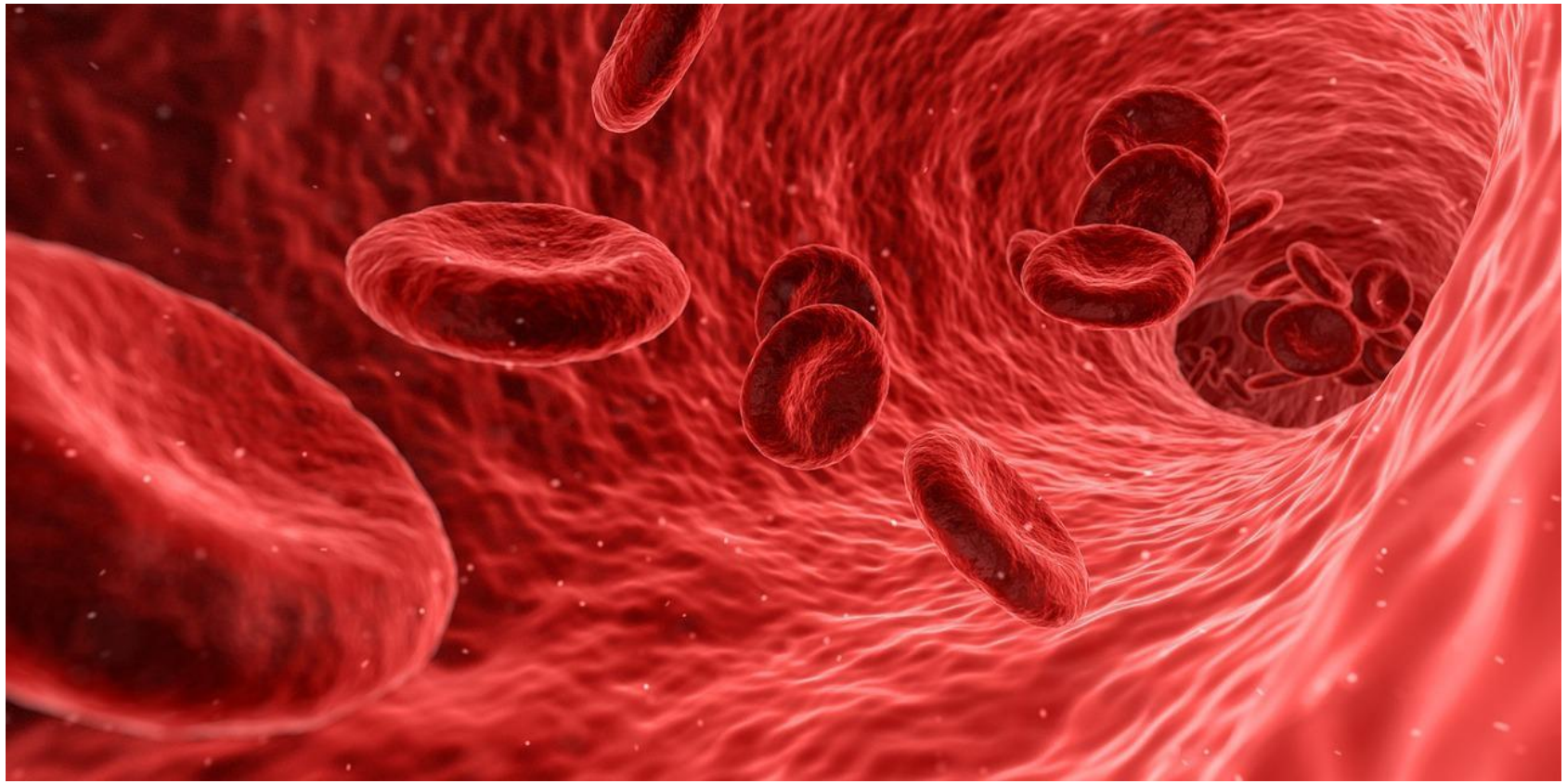


SATBAYEV UNIVERSITY

Алимбаев Чингиз Абдраимович

Состав и физико-химические свойства крови. Плазма крови

Кровь является разновидностью соединительной ткани и содержит жидкое межклеточное вещество плазму и форменные элементы.



Функции крови:

1) ***транспортная***:

а) *дыхательная* – перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;

б) *питательная* – доставка пластических (аминокислот, нуклеотидов, витаминов, минеральных веществ) и энергетических (глюкоза, жиры) ресурсов к клеткам и тканям;

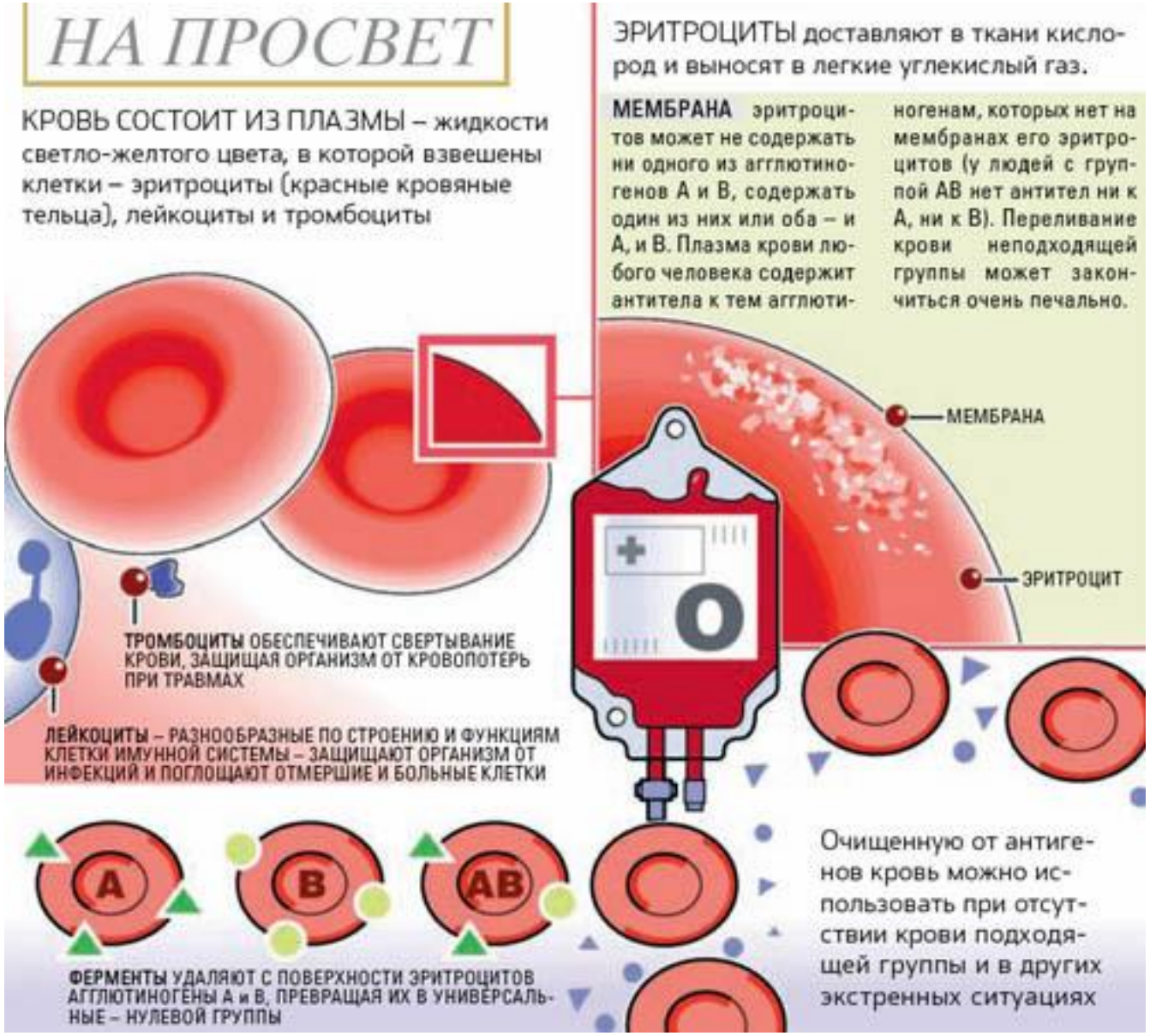
в) *экскреторная* – перемещение конечных продуктов обмена к органам выделения (почкам, потовым железам, коже);

2) ***терморегуляторная***: за счет высокой теплоемкости крови осуществляется перенос тепла от места его образования к легким и коже, где происходит теплоотдача;

3) ***поддержание тканевого гомеостазиса и регенерации тканей***: поддержание водно-солевого баланса, кислотно-щелочного равновесия, вязкости и т.д.;

4) ***регуляторная*** – обеспечивается переносом гормонов и факторов специфической (биологически активные вещества) и неспецифической (метаболиты, ионы, витамины) регуляции;

5) ***защитная*** – обеспечение иммунных реакций за счет иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов) и антител, фагоцитоза, наличия ферментов неспецифической защиты (лизоцим), системы комплемента, системы свертывания.



Основные показатели, характеризующие кровь.
Цельная кровь состоит из жидкой части, или плазмы (55 %) и форменных элементов (45 %), к которым относятся эритроциты, лейкоциты и кровяные пластинки – тромбоциты.

Гематокрит («гематокритное число») – это отношение объема форменных элементов крови к общему объему крови. В норме гематокрит составляет у женщин – 36 – 42 %, у мужчин – 40 – 48 %. Постоянство гематокрита поддерживается за счет многочисленных механизмов регуляции объема крови и объема плазмы: наличия жажды, изменения всасывания и выделения солей, регуляции белкового состава крови, регуляции образования эритроцитов и др. Значительное изменение гематокрита возможно лишь в условиях высокогорья, когда адаптация к недостатку кислорода приводит к усилению образования эритроцитов.

Объем крови у взрослого человека составляет примерно 4 – 6 л или 6 – 8 % от массы тела.Физико-химические свойства крови. Наибольшее значение среди них имеют осмотическое давление, онкотическое давление, коллоидная стабильность, суспензионная устойчивость, удельная плотность и вязкость.



1. Осмотическое давление крови зависит от концентрации в плазме крови молекул растворенных в ней веществ (электролитов и неэлектролитов) и представляет собой сумму осмотических давлений всех содержащихся в ней компонентов. NaCl создает более 60 % осмотического давления, а вообще все неорганические электролиты определяют до 96 % общего осмотического давления. У здорового человека осмотическое давление составляет » 7,6 атм. Растворы с таким осмотическим давлением называют изотоническими, или физиологическими. Раствор NaCl с концентрацией 0,85 % является изотоническим. Гипертонический раствор – раствор с более высоким осмотическим давлением, гипотонический – с более низким.

Осмотическое давление обеспечивает переход растворителя через полупроницаемую мембрану от раствора менее концентрированного к раствору более концентрированному. Например, при высоком осмотическом давлении окружающего раствора эритроциты отдают воду и сморщиваются, а при низком – набухают и даже лопаются. Разрушение эритроцитов в гипотонической среде называется осмотическим гемолизом эритроцитов.

2. Онкотическое давление **–** это осмотическое давление, создаваемое белками в коллоидном растворе. Так как белки плазмы крови плохо проходят через стенки капилляров в ткани, то онкотическое давление обеспечивает удержание воды в крови. Альбумины составляют преобладающую часть белков плазмы, поэтому онкотическое давление создается преимущественно альбуминами. Снижение их содержания в плазме приводит к потере воды плазмой и отеку тканей, а увеличение – к задержке воды в кровяном русле.

3. Коллоидная стабильность плазмы обусловлена характером гидратации белковых молекул и наличием на их поверхности двойного электрического слоя ионов, создающего поверхностный потенциал. Также существует потенциал поверхности скольжения частицы в коллоидном растворе, который формирует на них одноименные заряды и электростатические силы отталкивания. Это и определяет устойчивость коллоидных растворов.

4. С коллоидной стабильностью белков плазмы связаны и ***суспензионные свойства крови***, т.е. поддержание клеточных элементов во взвешенном состоянии. Они могут быть оценены по скорости оседания эритроцитов (СОЭ). Удельный вес эритроцитов больше, чем плазмы крови, поэтому при отсутствии движения крови и ее свертывания они медленно оседают. В норме СОЭ составляет у мужчин 4 – 12 мм/час, у женщин – 5 – 15 мм/час. При воспалительных процессах СОЭ значительно возрастает.

5. Удельная плотность крови – 1050 – 1060 г/л.

6. Вязкость крови – 5 усл. ед. (т.е. в 5 раз больше, чем у воды).

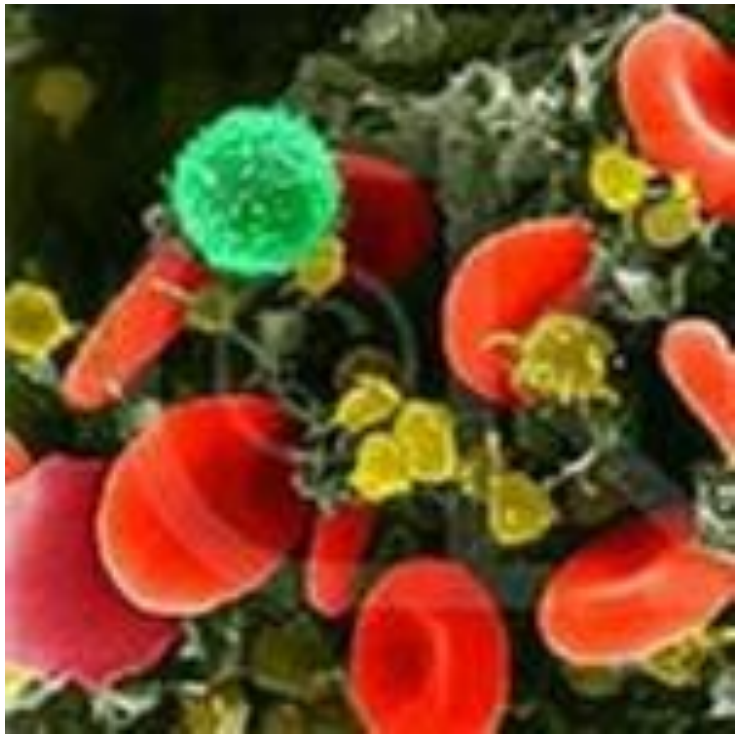
Плазма крови состоит из воды (90 – 92 %) и 8 – 10 % сухого остатка, который содержит низкомолекулярные соединения; углеводы (глюкоза); липиды; органические кислоты и основания; азотсодержащие вещества (не белки); белки (7 – 8 %): альбумины, глобулины, фибриноген; витамины.

Электролитный состав плазмы важен для поддержания ее осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия, функций клеточных элементов крови и сосудистой стенки, активности ферментов, процессов свертывания крови и фибринолиза. Основными ионами в плазме крови являются ионы натрия, калия, кальция, бикарбонатов, фосфатов. Кроме того, в плазме крови содержится около 15 микроэлементов – **Cu**, **Co**, **Mn**, **Zn**, **Cr** и др., которые играют важную роль в процессах метаболизма в клетках, так как они входят в состав ферментов, участвуют в процессах образования клеток крови и гемоглобина.

Органические вещества плазмы крови – это в основном азотсодержащие продукты белкового распада (мочевина, аминокислоты, мочевая кислота, креатин, креатинин) – так называемый остаточный, или небелковый, азот. В норме его количество отражает не столько интенсивность катаболизма белка, сколько эффективность выделения продуктов белкового обмена через почки. Увеличение остаточного азота крови является показателем нарушения экскреторной (выделительной) функции почек.

Из углеводов плазмы более 90 % приходится на *глюкозу*. Она очень хорошо растворяется в воде, легко проникает через мембраны, легко используется в метаболизме, поэтому является основным источником энергии во многих клетках. В норме содержание глюкозы в крови составляет 4,4 – 6,6 ммоль/л.

Белки плазмы крови. Всего их известно около 200. Общее содержание белков равно 65 – 85 г/л. Из них альбумины составляют 38 – 50 г/л, глобулины – 20 – 30 г/л и фибриноген – 2 – 4 г/л.



Альбумины. Основная роль альбуминов заключается в поддержании онкотического и, соответственно, осмотического давления. Они являются резервом аминокислот для синтеза белка, переносчиками жирных кислот, стероидных гормонов и др.

a-глобулины(a1- и a2-) – это гликопротеины (белки + углеводы), являющиеся переносчиками глюкозы (2/3 всей глюкозы плазмы), гормонов, витаминов, микроэлементов. К ним также относятся эритропоэтин – гуморальный стимулятор кроветворения; плазминоген – предшественник плазмина, растворяющий фибриновые сгустки; протромбин – один из факторов свертывания и т. д.

b-глобулины – это, в основном, липопротеины, которые составляют 75 % всех липидов плазмы.

g-глобулины, или иммуноглобулины. Основная роль иммуноглобулинов состоит в связывании антигенов в ответ на поступление их в организм.

Функции белков плазмы крови:

1) регуляция водно-солевого обмена, поддержание осмотического давления и водного гомеостазиса за счет онкотического давления плазмы крови;

2) поддержание агрегатного состояния крови, ее вязкости, свертываемости, суспензионных свойств;

3) поддержание кислотно-щелочного равновесия;

4) защитная функция (антитела – иммуноглобулины);

5) питательные функции крови как резерв аминокислот;

6) регуляторная и транспортная (перенос жирных кислот, стероидных гормонов и др.).

Гемодинамика

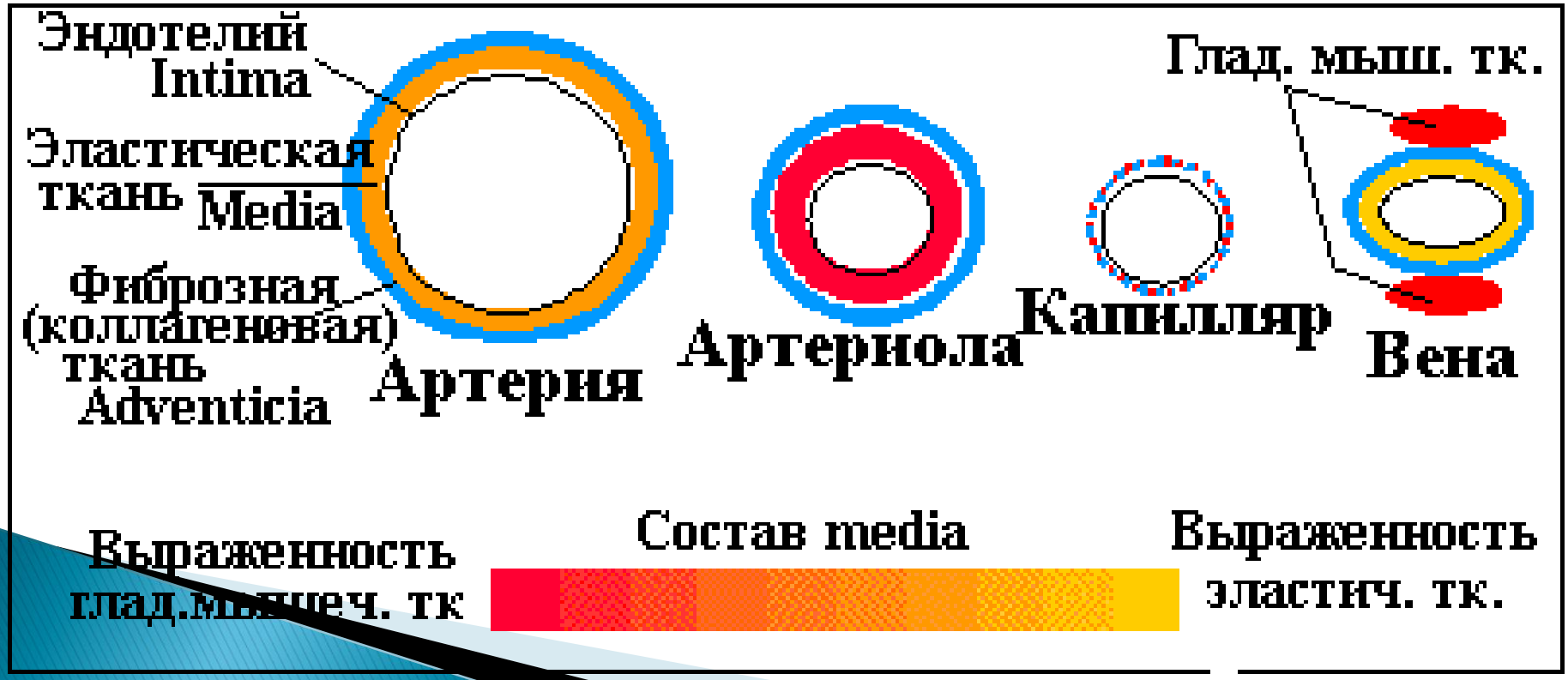
ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 1. Морфологическая и функциональная классификация кровеносных сосудов.
- 2. Основные законы гемодинамики. Факторы, обуславливающие движение крови по сосудам. Периферическое сопротивление кровотоку, его значение.
- 3. Линейная и объемная скорости движения крови в разных участках кровеносного русла. Факторы их обусловливающие.
- 4. Кровяное давление, его виды: артериальное (систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее), венозное. Факторы, обусловливающие кровяное давление. Понятие о нормальных величинах АД. Методики измерения кровяного давления.
- 5. Артериальный пульс, его происхождение, характеристика. Анализ сфигмограммы.

Морфологическая и функциональная классификация кровеносных сосудов

Стенка сосуда имеет всегда стандартный состав слоев: ***наружный (коллагеновая ткань), средний (гладкомышечные волокна) и внутренний (в состав входить сеть эластических волокон)***

НО! ВЫРАЖЕННОСТЬ СЛОЕВ СТЕНКИ ОПРЕДЕЛЯЕТ ФУНКЦИЮ СОСУДА



Амортизирующие сосуды

Аорта, легочная артерия, др. крупные сосуды.
Содержат эластические элементы.
Здесь сглаживаются подъемы АД при систоле.

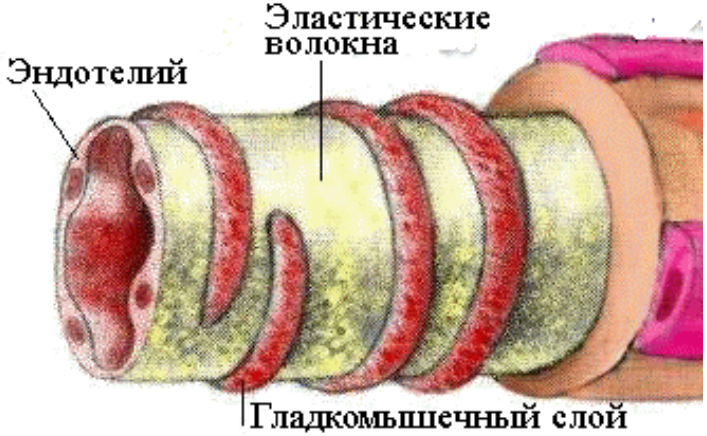


Сосуды распределения

Средние и мелкие артерии мышечного типа регионов и органов;
их функция — распределение потока крови по всем органам и тканям.

Резистивные сосуды (сосуды сопротивления)

Артерии диаметром менее 100 мкм, артериолы, **прекапиллярные сфинктеры** (они также определяют число функционирующих капилляров), сфинктеры магистральных сосудов.



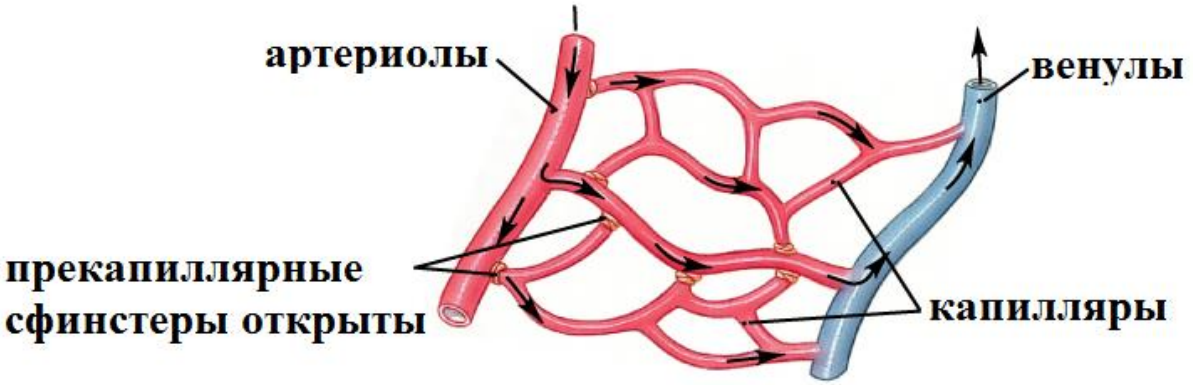
Эти сосуды содержат большое количество гладкомышечных клеток, поэтому способны значительно изменять диаметр сосуда, их называют «кранами сосудистой системы». Резистивные сосуды играю важную роль в кровоснабжении органов и влияют на величину АД.



Сосуды *сфинктеры*

Последние участки прекапиллярных артериол.

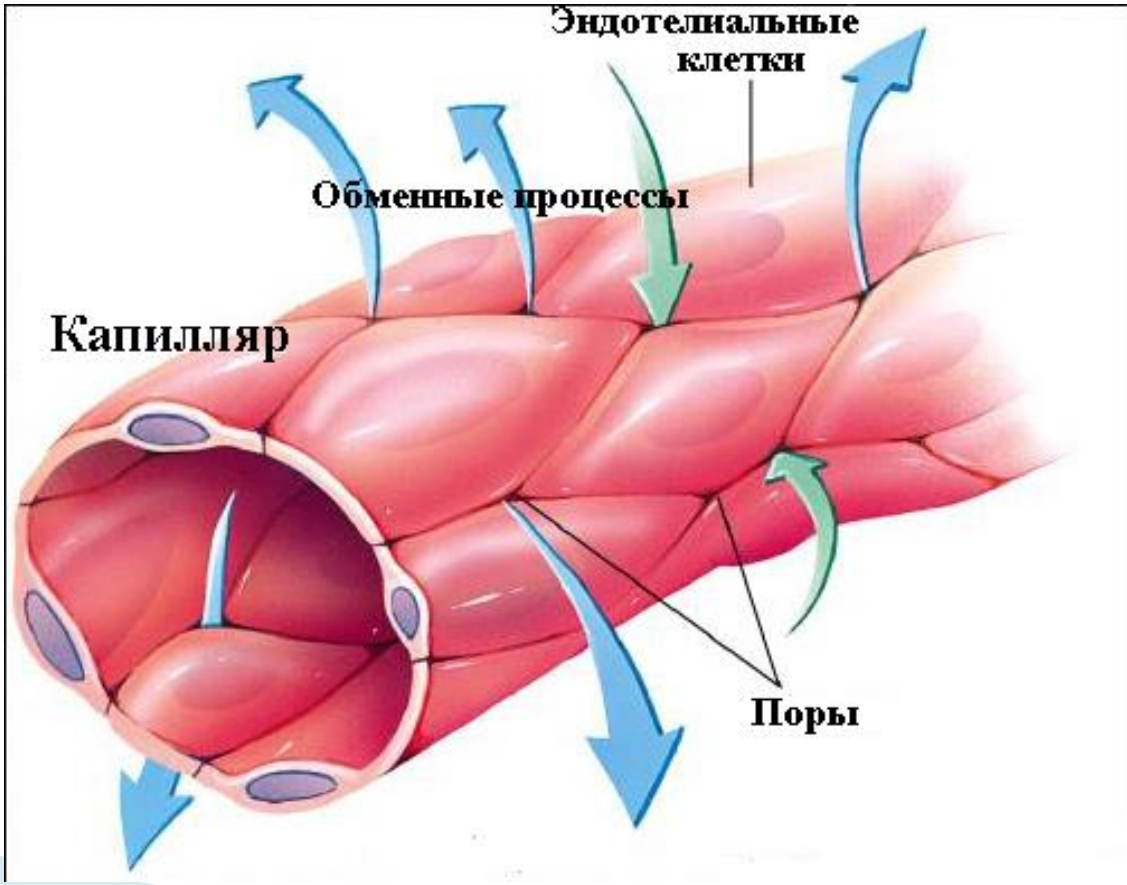
Изменяя диаметр артериол **определяют число функционирующих капилляров.**





Обменные сосуды

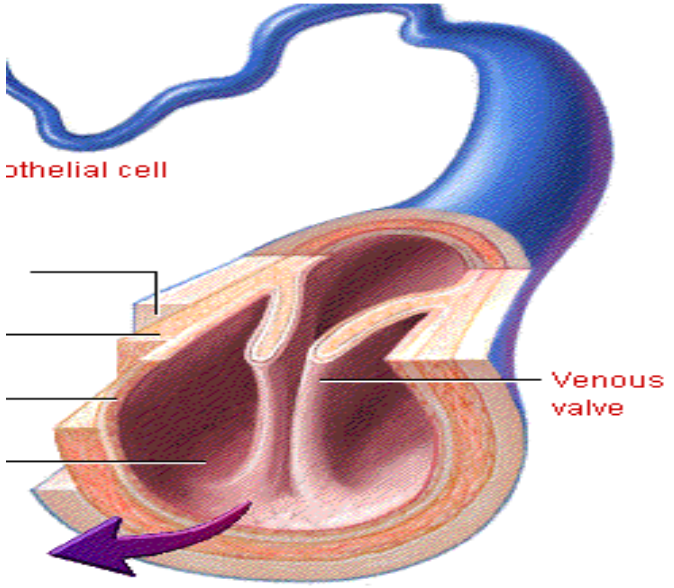
Капилляры. Строение стенок капилляров способствует обмену веществ.



Емкостные сосуды

Венулы, мелкие вены, венозные сплетения и специализированные образования — синусоиды селезенки. Стенки их тоньше артериальных, легко растяжимы, содержат клапаны. Вмещают много крови (особенно в венах печени, селезенки, кожи, легких).



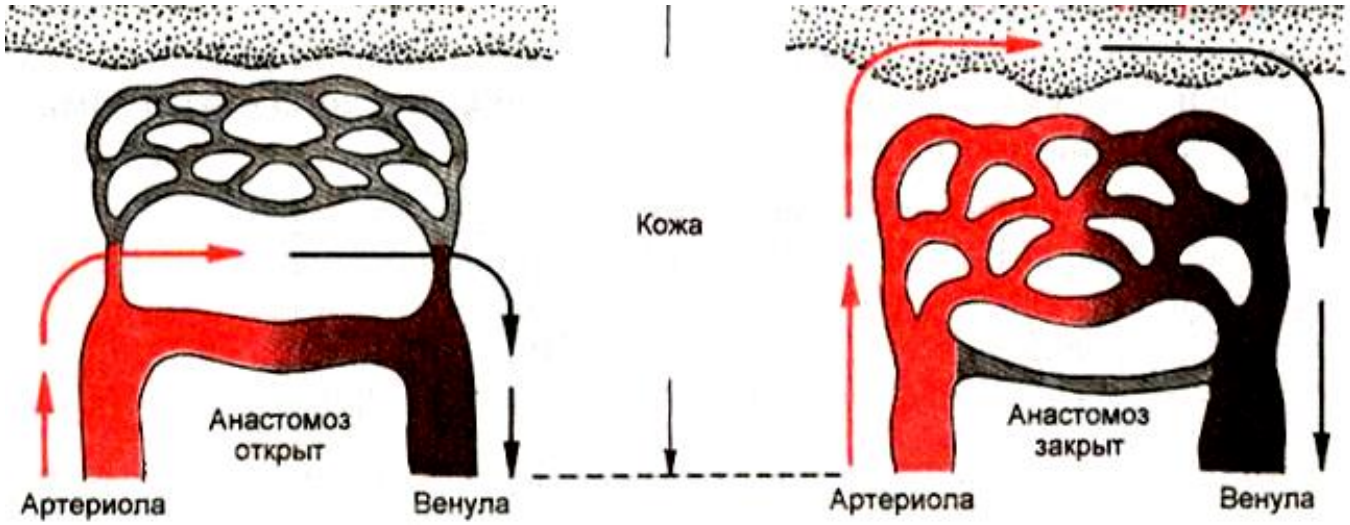


Шунтирующие (анастамозы)

Связывают артерии с венами минуя капилляры.

Участвуют в регуляции периферического кровотока, температуры частей тела.

Большое количество этих сосудов находится в ухе, носу, стопе и др.



Сосуды возврата крови в сердце

Представлены средними, крупными и полыми венами.

Основные законы гемодинамики. Факторы, обуславливающие движение крови по сосудам. Периферическое сопротивление кровотоку, его значение

Наука, изучающая движение крови по сосудам, получила название **гемодинамика**. Ее законы общие с ***гидродинамикой*** (учении о движении жидкостей).

Согласно закону гидродинамики ток жидкости по сосудам определяется двумя силами:

1. Давлением (P), под которым она движется, т.е. разностью давлений в начале и конце трубы. Эта сила способствующая движению.

2. Сопротивлением (R), которое вследствие вязкости, трения о стенки сосуда и вихревых движений испытывает жидкость. Сопротивление препятствует движению.

Законы гемодинамики

$$Q = \frac{P1 - P2}{R},$$

Q - объем жидкости, протекающее через любую трубу;

P1 - P2 - разность давлений в начале и в конце трубы;

R - сопротивление.

Законы гемодинамики

Если уравнение гидродинамики **применить к сосудистой системе**, то, учитывая, что в конце ее (полых венах) давление близко или равно нулю, уравнение можно записать так:

$$Q = \frac{P}{R},$$

Q - количество крови, изгнанное сердцем в минуту;

P - величина среднего давления в аорте,

R - величина сосудистого сопротивления.

Законы гемодинамики

$$P = Q \times R,$$

P - давление;
Q - объем крови;
R - величина периферического сопротивления.

Законы гемодинамики

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

R - периферическое сопротивление, которое определяется по формуле Пуазейля;

l - длина трубки (сосуда);

η - вязкость протекающей в ней жидкости;

π - отношение окружности к диаметру;

r - радиус трубки.

Периферическое сопротивление

$$R = \frac{P1 - P2}{Q};$$

R — периферическое сопротивление;

P1–P2 — давление в начале и в конце сосуда;

Q — количество крови, протекающей по сосудам в 1 секунду.



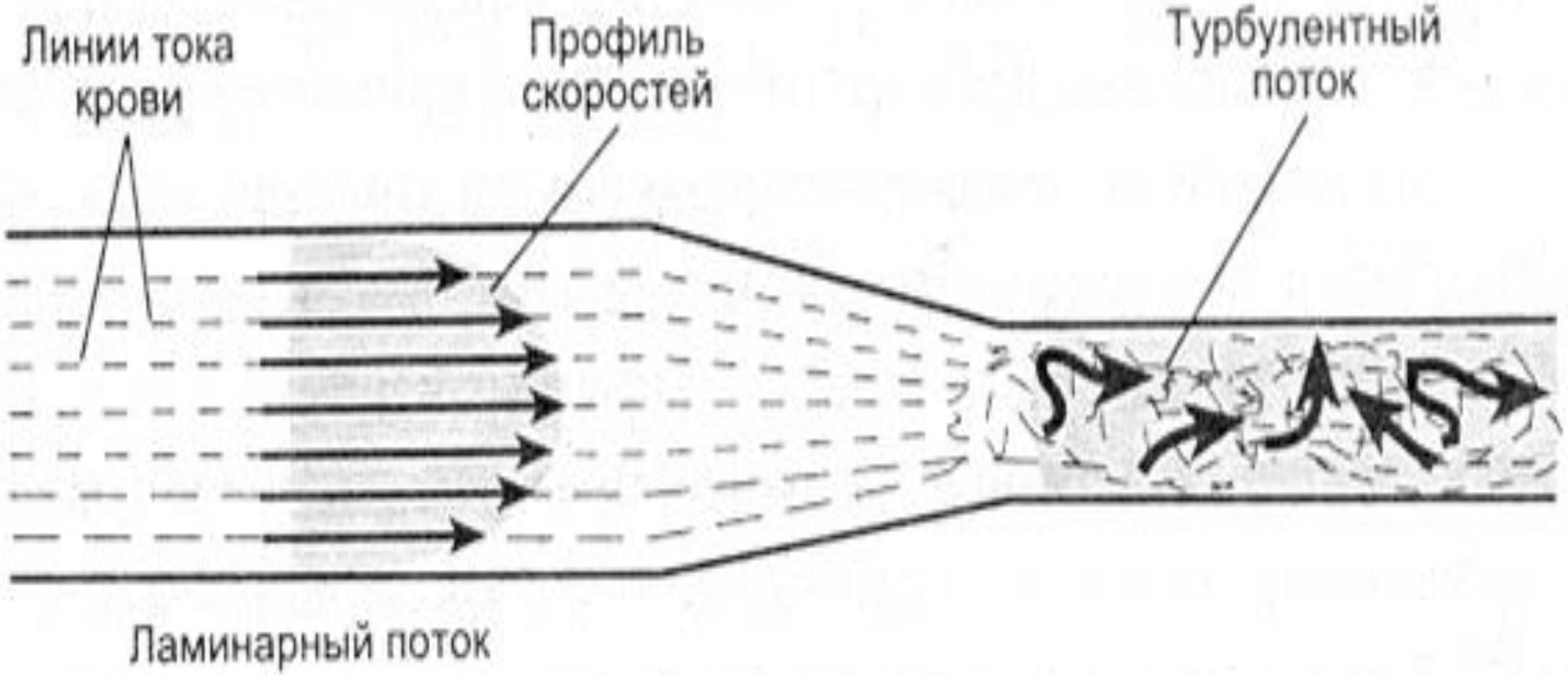
Периферическое сопротивление зависит от:

- Длины сосуда
- Вязкости крови
- Диаметра сосуда

Основными сосудами сопротивления являются **артерии и артериолы**

Линейная и объемная скорости движения крови в разных участках кровеносного русла. Факторы их обусловливающие

Ламинарный и турбулентный потоки крови



Основные показатели гемодинамики:

- Объемная скорость кровотока
- Линейная скорость
- Давление в разных участках русла

Объемная скорость — это количество крови протекающее через поперечное сечение сосуда в ед. времени (1 мин). В норме отток крови от сердца равен ее притоку к нему, это означает, что **объемная скорость** является **величиной постоянной**.

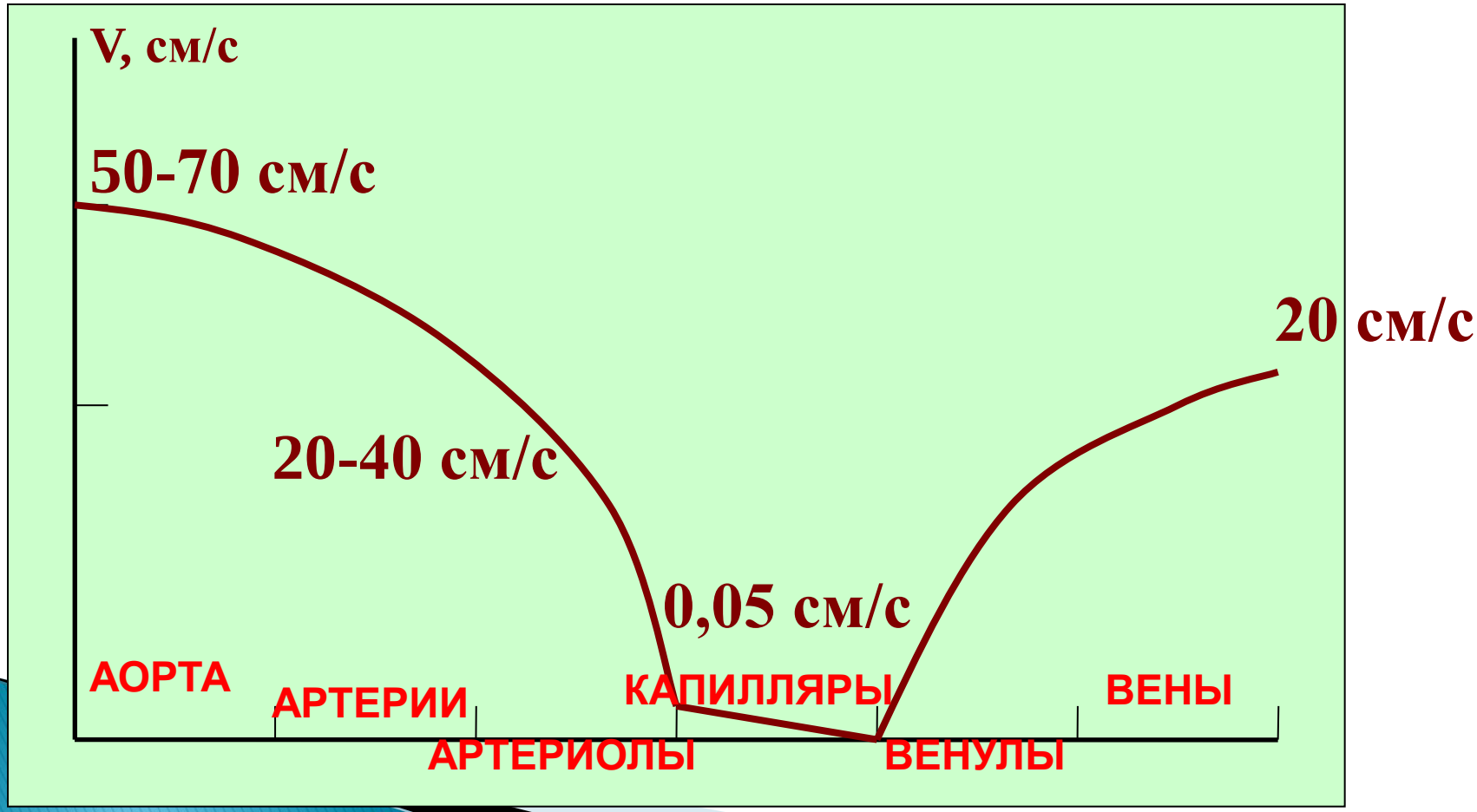
Линейная скорость — это скорость движения крови вдоль сосуда. Она различна в отдельных участках сосудистого русла и зависит **от общей суммы площади просветов конкретного отдела сосудов**.

$$V=Q/\pi r^2;$$

В аорте d = **8 см²**, v = 50–70 см/с.

В капиллярах d = **8000 см²**, v = 0,05 см/с.

Скорость кровотока: в артериях 20–40 см/с,
артериолах — 0,5–10 см/с,
в полой вене — 20 см/с.



Движение крови по сосудам высокого давления (артерии)

Сосуды(кроме капилляров) содержат волокна:

Эластические — легкорастяжимы, создают эластическое напряжение, противодействующее кровяному давлению.

Коллагеновые — оказывают большее сопротивление растяжению. Образуют складки и противодействуют давлению, когда сосуд сильно растянут.

Гладкомышечные — создают тонус сосудов и изменяют просвет сосуда соответственно необходимости. Некоторые гладкомышечные клетки способны ритмично спонтанно сокращаться (независимо от ЦНС), что поддерживает **постоянный тонус стенок сосудов.**

Кровяное давление, в артериальном русле

Уровень кровяного давления измеряется в **мм ртутного столба** и определяется совокупностью разных факторов:

1. Нагнетающей силой сердца.

2.Периферическим сопротивлением.

3. Объемом циркулирующей крови.

Кровяное давление в артериях постоянно колеблется. Его **подъем** при систоле определяет **максимальное (систолическое)** давление.

Спад давления при диастоле соответствует **минимальному (диастолическому)** давлению (***зависит оно от периферического сопротивления и ЧСС***).

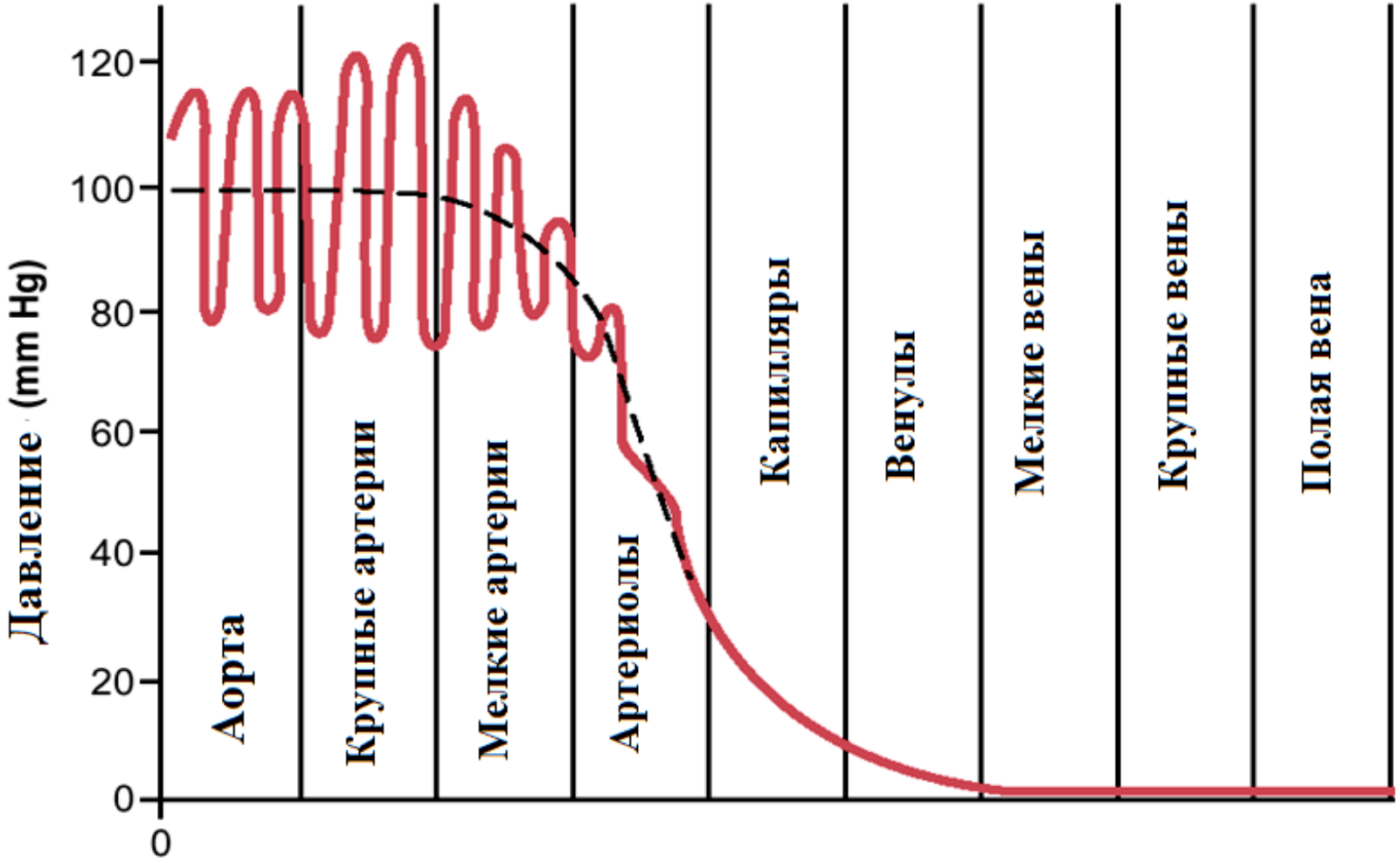
Амплитуда колебаний, т.е. ***разность между систолическим и диастолическим*** давлением составляет **пульсовое** давление, составляет **40–50 мм Hg**. Оно ***пропорционально объему выбрасываемой крови***.

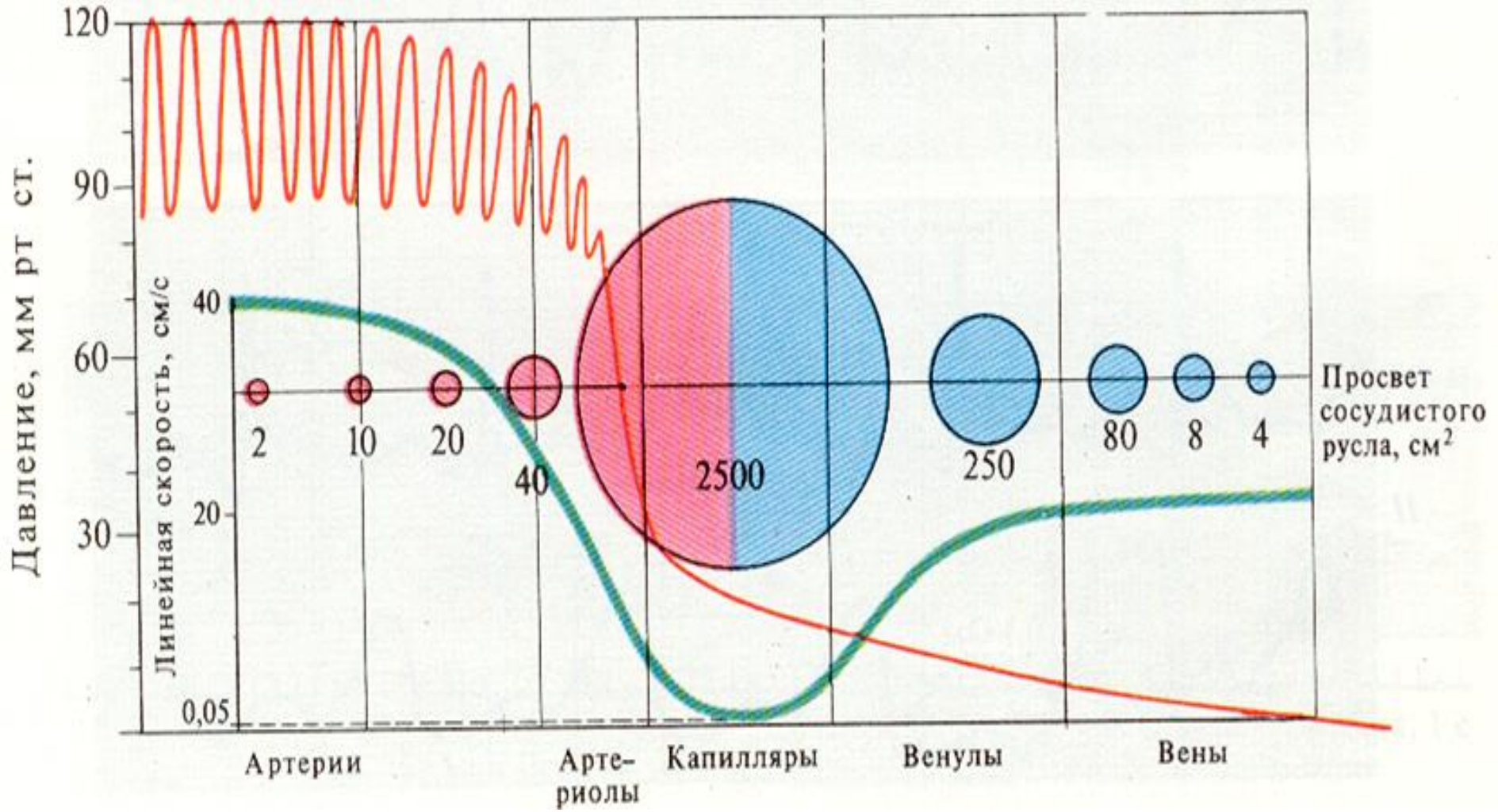
Усредненное по времени сердечного цикла АД, представляющее собой движущую силу кровотока, называют **средним** давлением.

Для **периферических** сосудов оно равно: **диастолическое давление + 1/3 пульсового давления.**

Для **центральных** артерий равно: **диастолическое давление+ 1/2 пульсового давления.**

Кровяное давление в различных участках кровяного русла





Показатели гемодинамики в различных отделах сосудистого русла

Нормальный уровень в плечевой артерии

САД **110-139 мм. рт. ст.** ДАД **60-89 мм. рт. ст.**

В кардиологии выделяют следующие уровни АД:

оптимальный уровень АД крови, САД **меньше 120 мм. рт. ст.,** ДАД – **менее 80 мм. рт. ст.**

нормальный уровень – САД **менее 130 мм. рт. ст. ,** ДАД **менее 85 мм. рт. ст.**

высокий нормальный уровень – САД **130-139 мм. рт. ст.,** ДАД **85-89 мм. рт. ст.**

Артериальная гипертензия возникает:

— при **повышении сердечного выброса**;

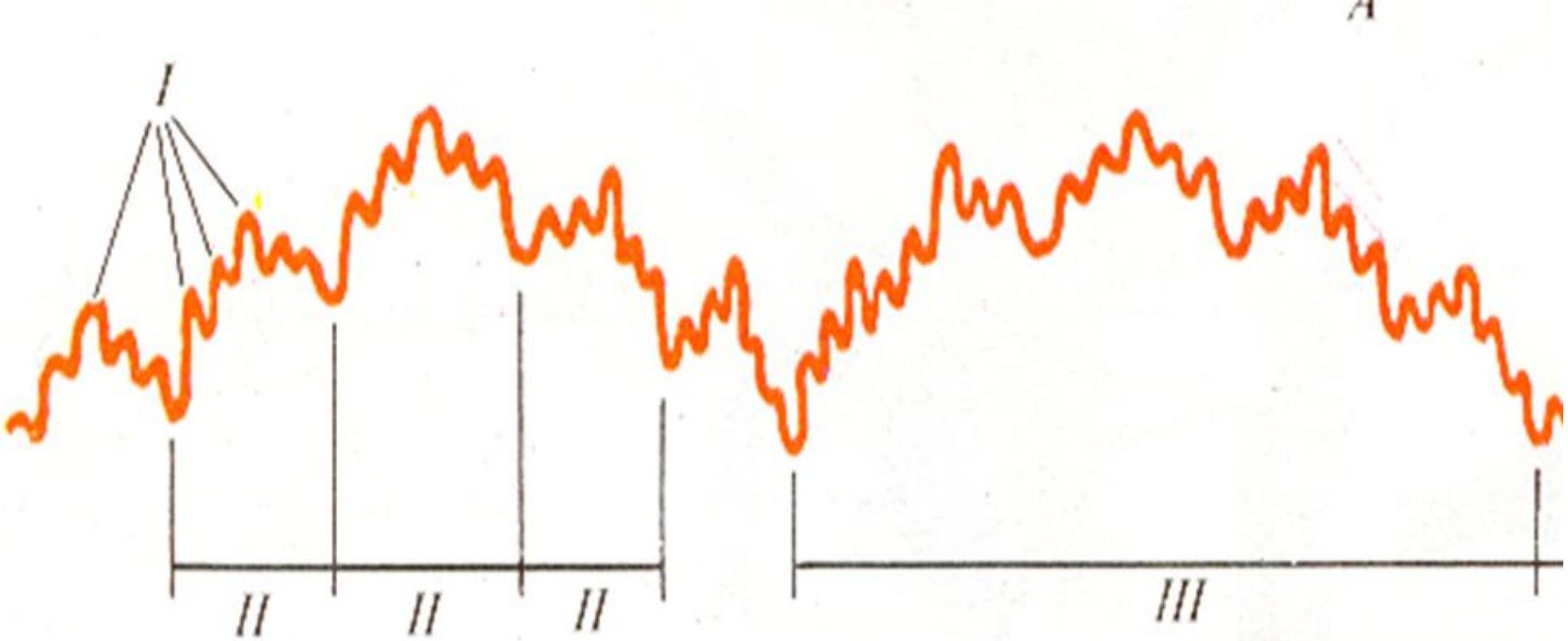
— при **повышении периферического сопротивления**;

— **увеличении массы циркулирующей крови**;

— при **сочетании нескольких факторов**.

В клинике принято различать гипертензию **первичную (эссенциальную)**, встречается в 90-95% случаев, причины трудно определимы и **вторичную (симптоматическую)** — 5-10% случаев, она сопутствует различным заболеваниям.

Гипотензию так же различают первичную, вторичную.



Кривые изменения кровяного давления

I – пульсовые волны

II – дыхательные волны

III – Обусловлены периодическими изменениями тонуса сосудодвигательного центра (обычно на фоне гипоксемии, например, в результате кровопотери).

Методики измерения кровяного давления

В практике используется несколько способов измерения АД:

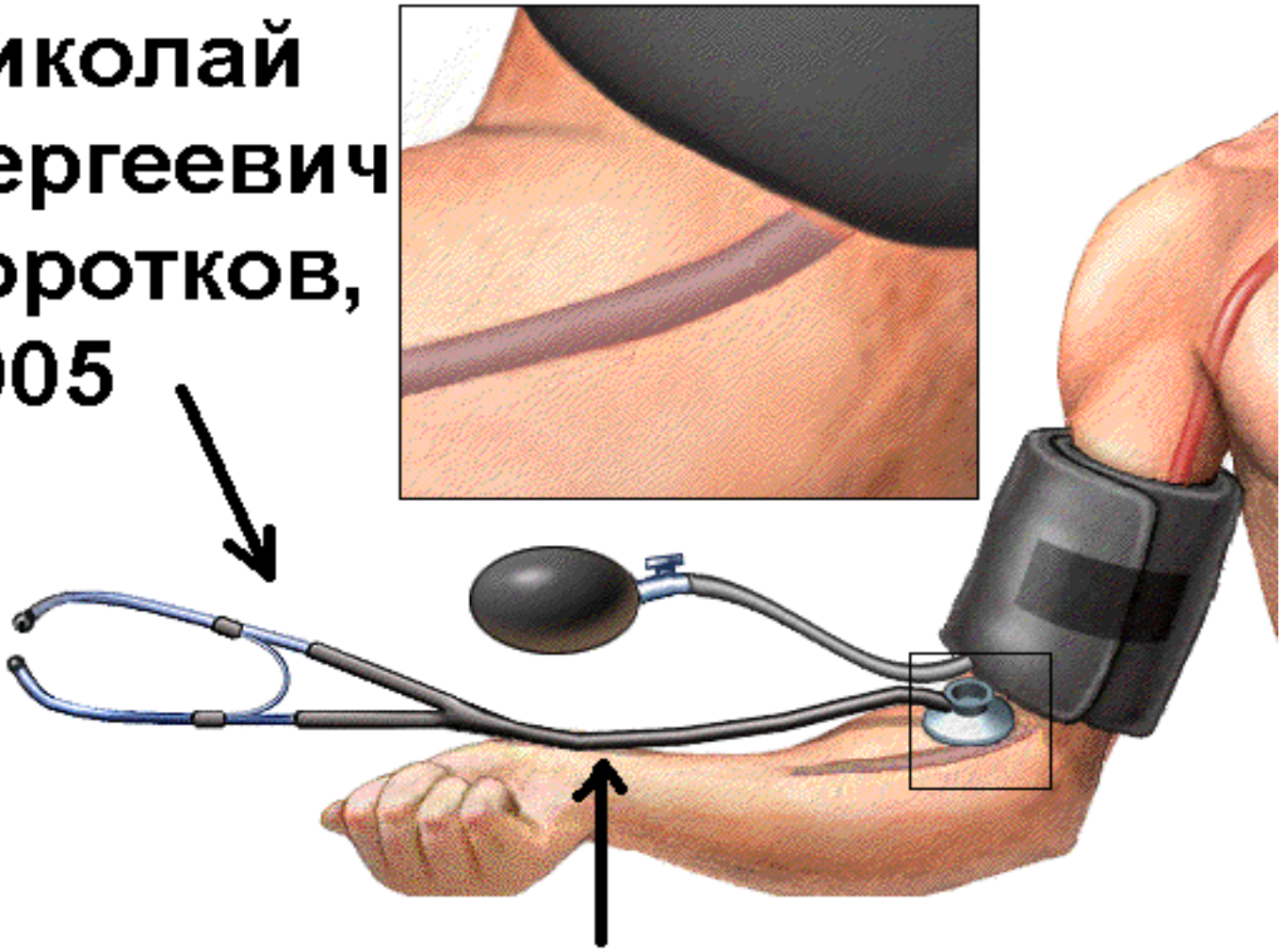
Прямой (кровавый, внутрисосудистый) проводится путем введения в сосуд канюли или катетера, соединенного с регистрирующим прибором. Впервые его осуществил 1733 году Стефан Хелс.

Непрямой пальпаторный предложенный **Рива-Роччи** (1896). Позволяет определить **только систолическое давление**.

Непрямой аускультативный (В 1905 году предложил Н.С.Коротков, путем **прослушивания (аускультация)** звуков (**тонов Короткова**) в плечевой артерии ниже манжеты с помощью стетоскопа или фонендоскопа.

Измерение АД

Николай Сергеевич Коротков, 1905



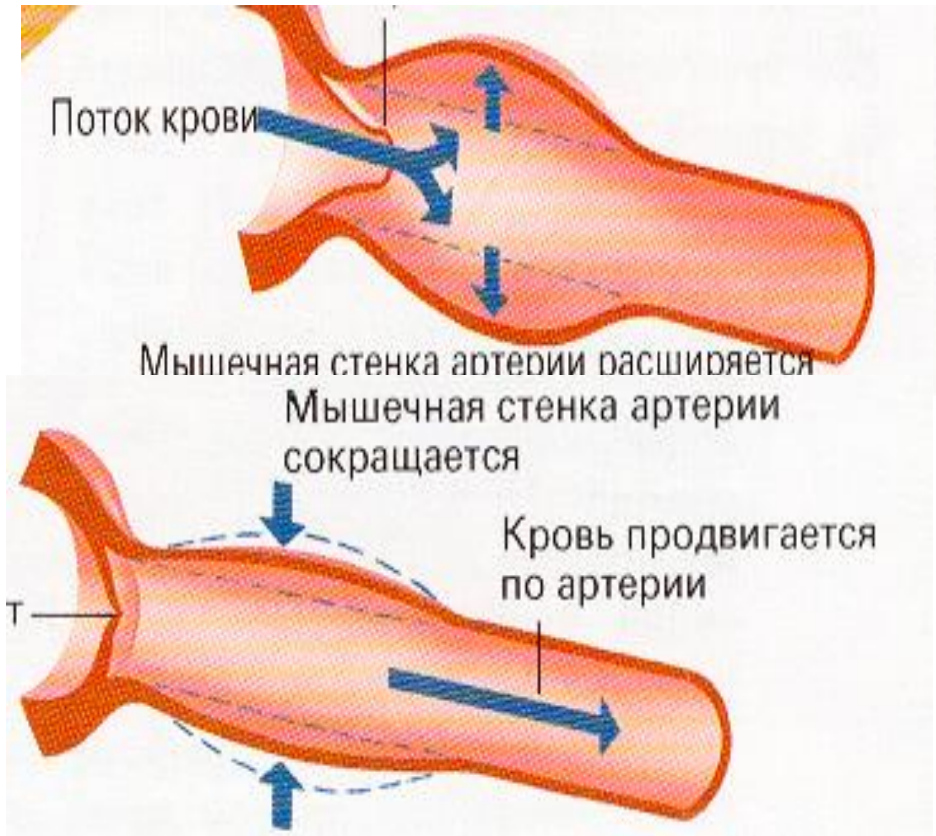
Scipione Riva-Rocci, 1896

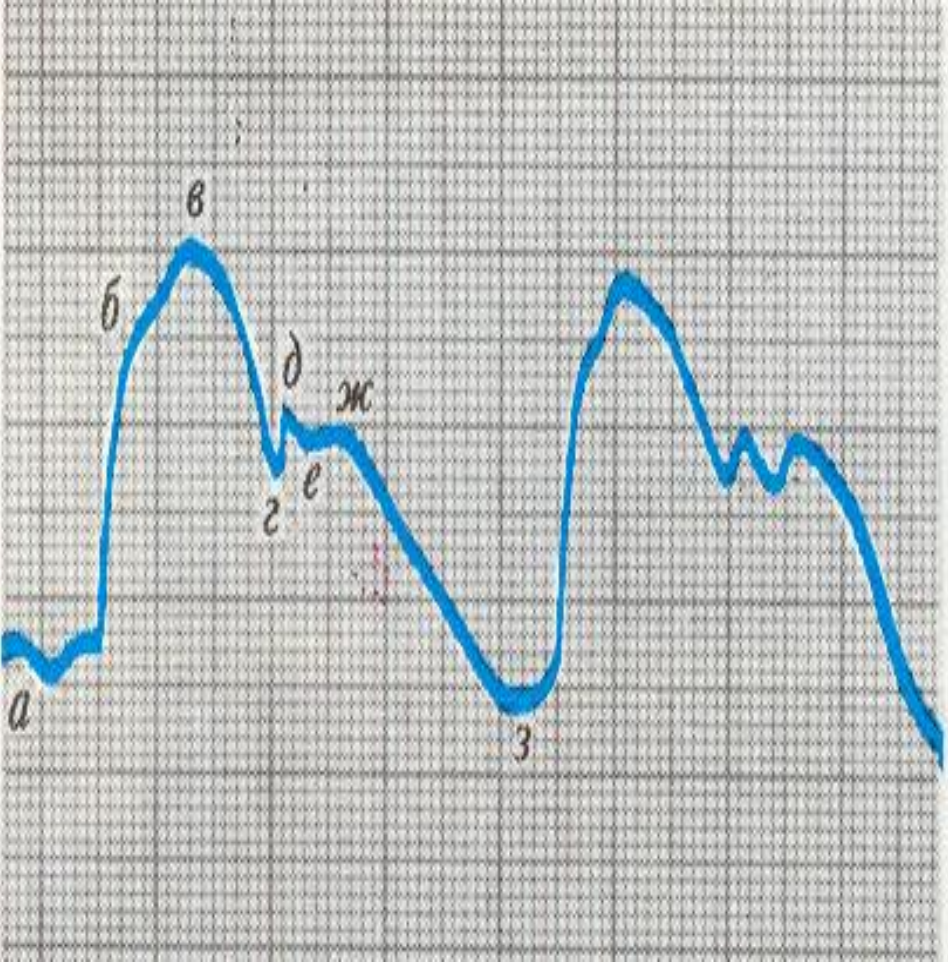
Артериальный пульс, его происхождение, характеристика. Анализ сфигмограммы

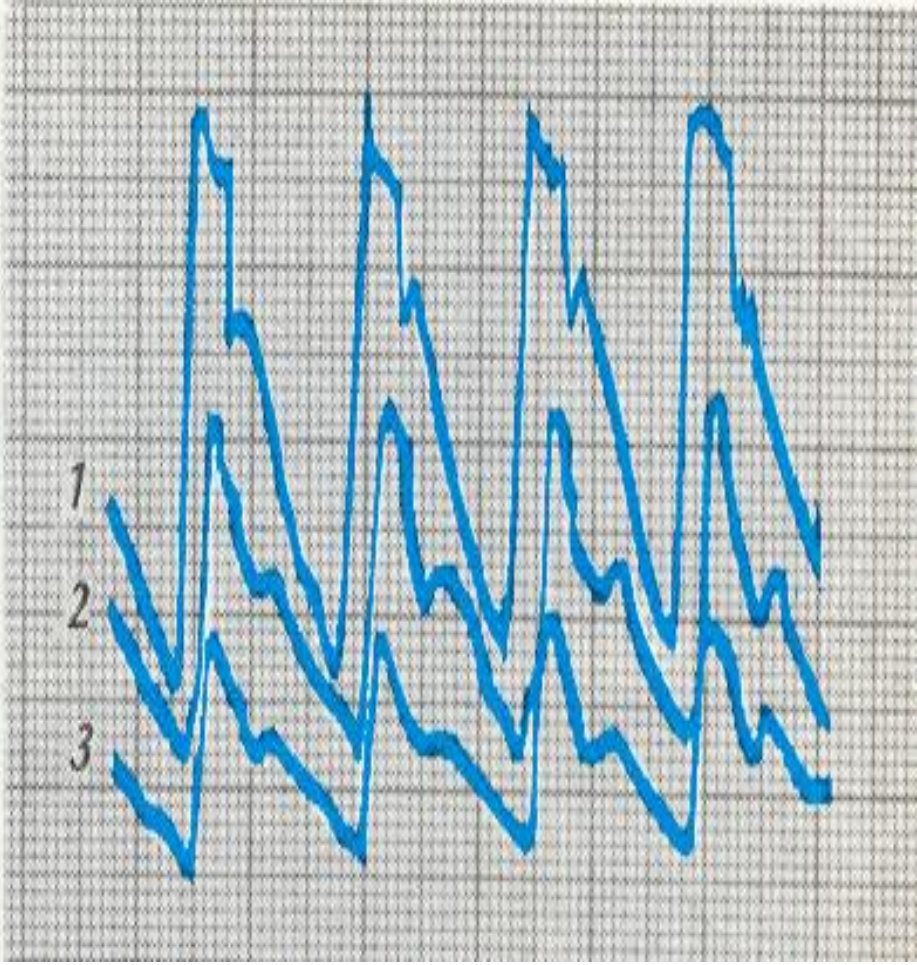


Пульс — это ритмические колебания стенок сосудов, связанные с динамикой их наполнения кровью и давления в них в течение одного сердечного цикла.

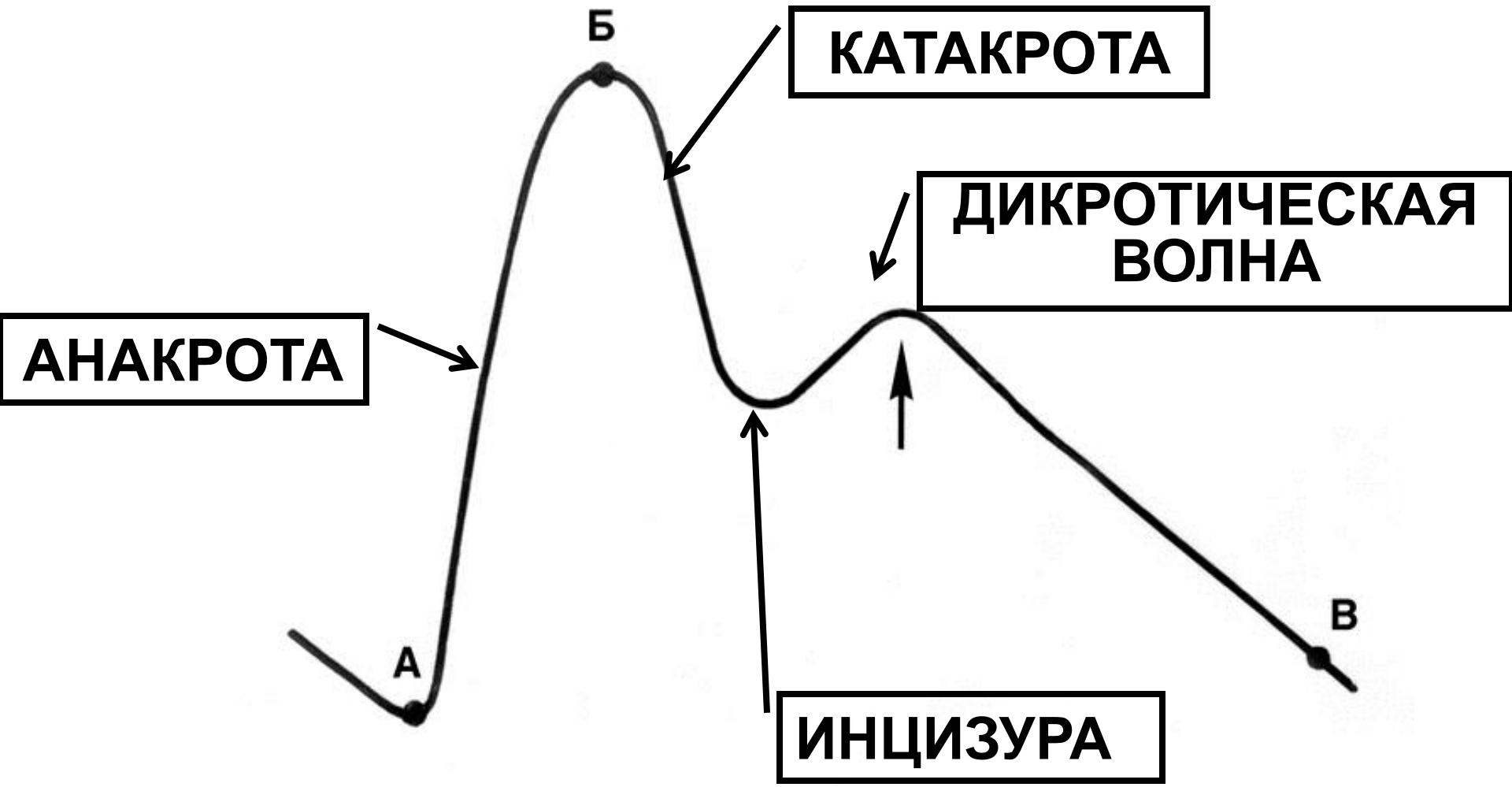
Выбрасываемый в аорту объем крови при систоле создает в ней повышение давления и растягивает ее стенки. В силу упругости стенки аорты стремятся уменьшить свою емкость и продвигают объем крови вперед, где также происходит растягивание стенок, возникает **«компенсаторная камера».**



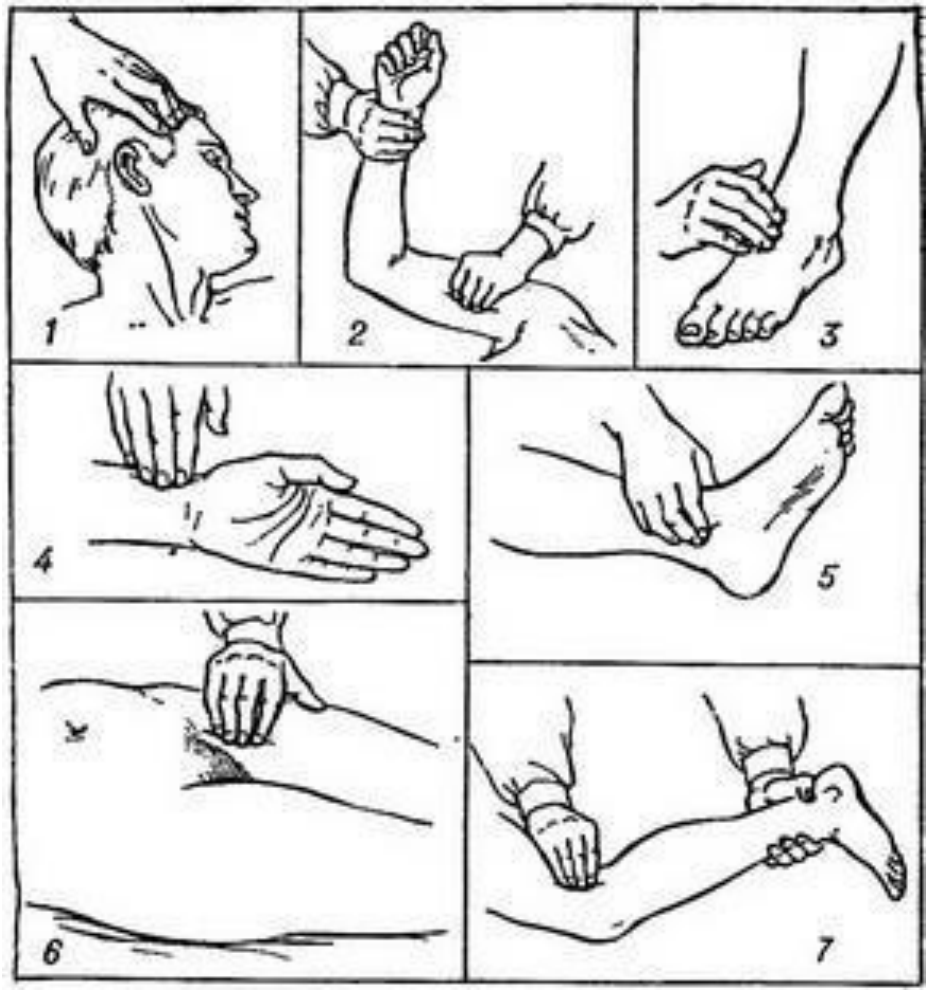




Запись пульсовой волны. Сфигмограмма



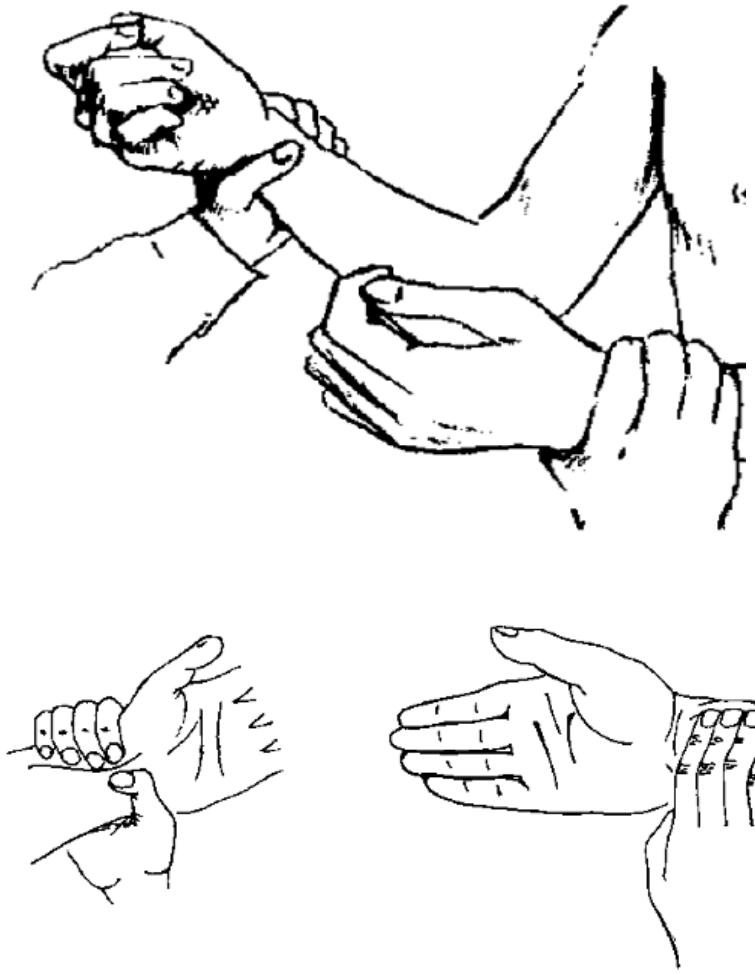
Запись пульсовой волны. Сфигмограмма



Методика измерения пульса на различных артериях:

1 — височной; 2 — плечевой; 3 — тыльной артерии стопы; 4 — лучевой; 5 — задней большеберцовой; 6 — бедренной; 7 — подколенной.





Методика измерения пульса на лучевой артерии

Характеристики пульса:

1. Частота

- *нормальный пульс – 60-80*
- *частый 90-100 (тахикардия)*
- *редкий 40-50 (брадикардия)*

2. Ритм

- *ритмичный*
- *аритмичный, альтернирующий пульс , парадоксальный пульс*

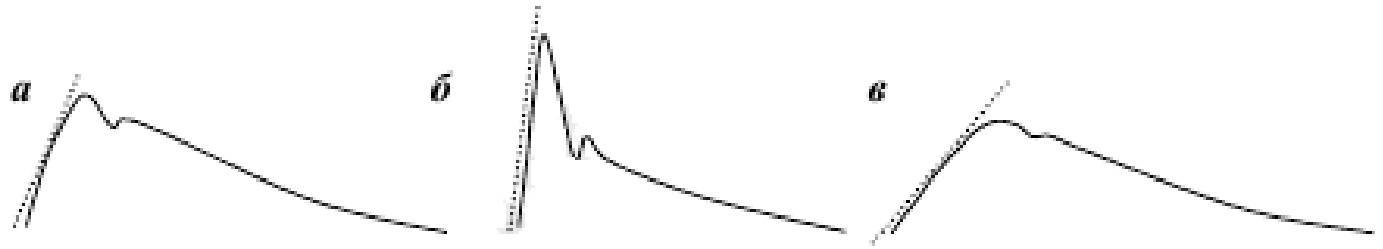
3. Наполнение (высота)

- *хорошее*
- *удовлетворительное*
- *слабое*
- *нитевидный пульс*

Характеристики пульса:

4. Скорость (быстрота, форма)

- ***нормальная***
- ***быстрая***
- ***медленная***



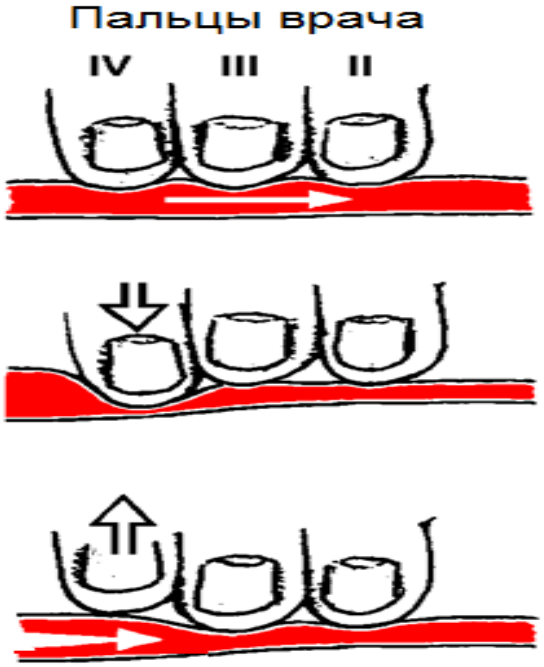
Определение скорости пульса по сфигмограмме:

а — скорость пульса в норме; б — при недостаточности аортального клапана; в — при коарктации (сужении просвета) аорты

Характеристики пульса:

5. Напряжение

- *умеренный пульс*
- *твердый*
- *мягкий*



Определение напряжения пульса

Гидростатика и кровь

Для инженеров, разрабатывающих медицинскую технику, важно понимать физиологические аспекты кровообращения, чтобы разрабатывать устройства, поддерживающие нормальный кровоток и компенсирующие гравитационные эффекты. Изучение гидростатики, то есть поведения жидкости (в данном случае крови) под воздействием гравитации, даёт ключ к созданию приборов, учитывающих гравитационные эффекты на организм человека.

Гидростатическое давление — это давление жидкости на различных уровнях в зависимости от её плотности и силы тяжести. В организме кровь циркулирует благодаря сердцу, создающему давление для перемещения крови по сосудам. Гравитация особенно влияет на кровоток, создавая перепады давления в вертикальных положениях тела.

$$P = \rho g h$$

P = давление жидкости

ρ = плотность жидкости

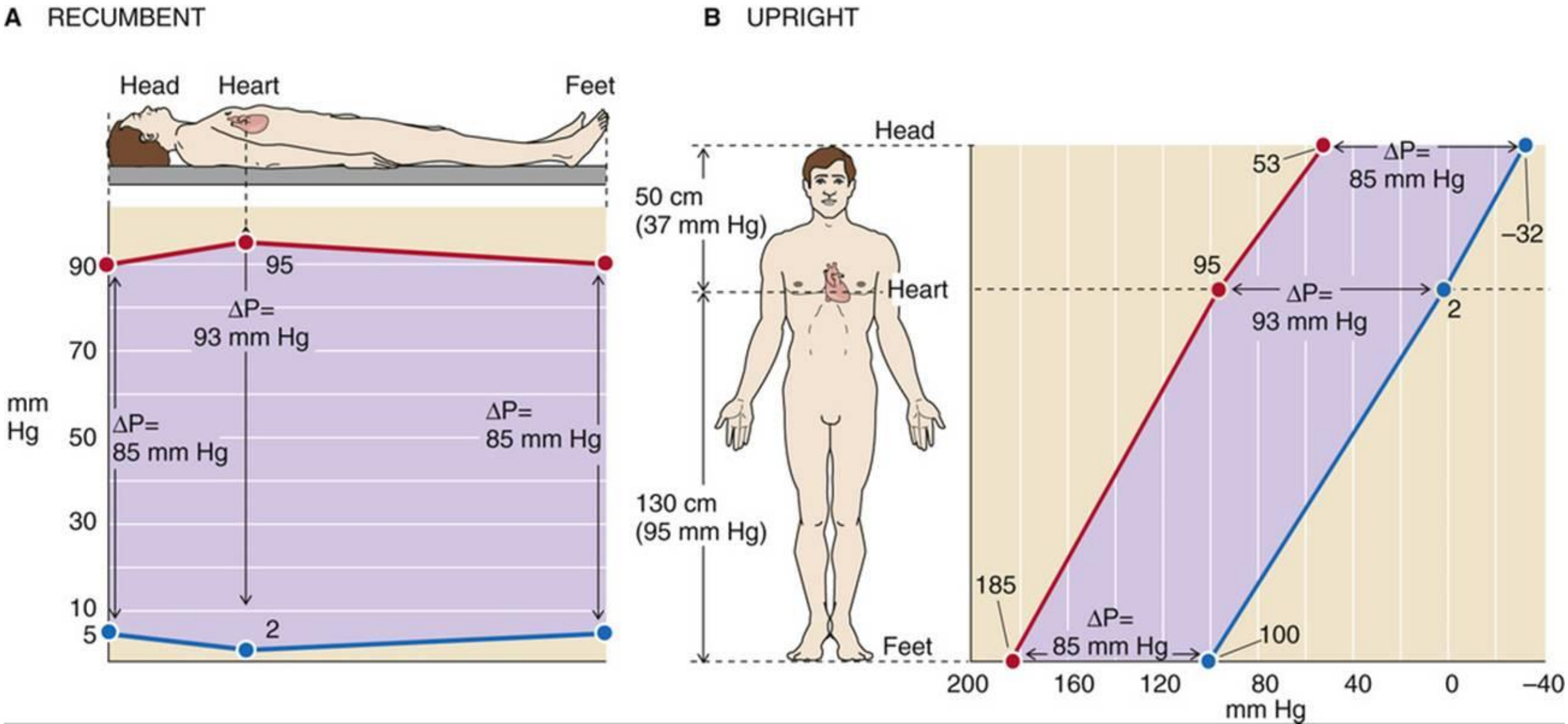
g = ускорение свободного падения

h = высота столба жидкости

Кровеносная система человека включает артерии (переносят кровь от сердца) и вены (переносят кровь обратно). Клапаны вен в нижних конечностях предотвращают обратный ток крови и способствуют её возврату к сердцу, компенсируя действие гравитации.

Давление в системе кровообращения создают четыре фактора: **сила тяжести, эластичность сосудов, вязкое сопротивление и инерция.**

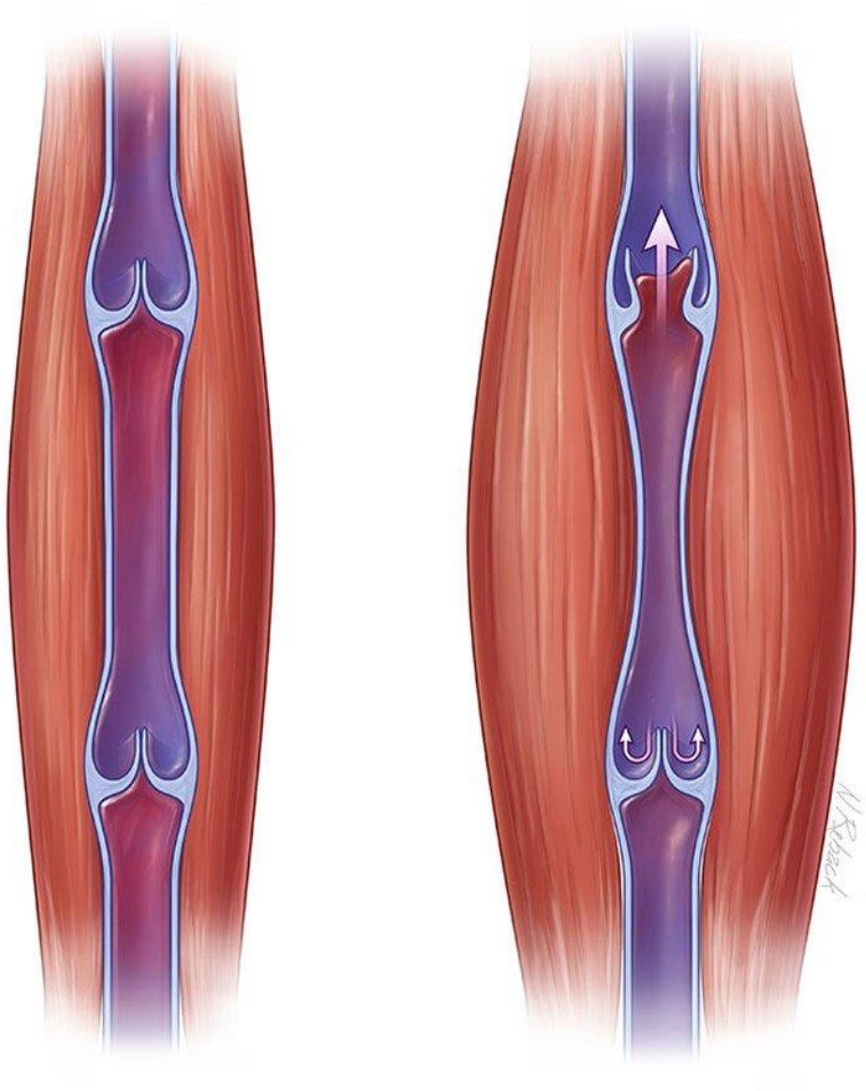
Гравитация вызывает разницу гидростатического давления, когда есть разница в высоте



Поскольку гравитация создает разницу гидростатического давления между двумя точками всякий раз, когда есть *разница в высоте* (Δh), необходимо всегда выражать давление относительно некоторого опорного уровня h. В сердечно-сосудистой физиологии эта точка отсчета — нулевая высота — является уровнем сердца.

Находится ли тело в горизонтальном (т. е. горизонтальном) или вертикальном (т. е. прямостоячем) положении, это оказывает огромное влияние на внутрисосудистое давление. В горизонтальном положении (рис. *A*), где мы предполагаем, что все тело находится на уровне сердца, нам не нужно добавлять компонент гидростатического давления к различным внутрисосудистым давлениям. Таким образом, среднее давление в аорте составляет 95 мм рт. ст., и — поскольку для перекачивания крови в концы крупных артерий требуется движущее давление ~5 мм рт. ст. — среднее давление в конце крупных артерий в стопе и голове составляет 90 мм рт. ст. Аналогично, среднее давление в крупных венах, дренирующих стопу и голову, составляет 5 мм рт. ст., и — поскольку для перекачивания крови в правое предсердие требуется движущее давление ~3 мм рт. ст. — среднее давление в правом предсердии составляет 2 мм рт. ст.

Когда человек ростом 180 см стоит (см. рис. 17-8 *B*), мы должны *добавить* 130 см столба крови (Δh между сердцем и крупными сосудами стопы) к давлению, преобладающему в крупных артериях и венах стопы. Поскольку водяной столб высотой 130 см эквивалентен 95 мм рт. ст., среднее давление для крупной артерии стопы будет 90 + 95 = 185 мм рт. ст., а среднее давление для крупной вены стопы будет 5 + 95 = 100 мм рт. ст. С другой стороны, мы должны *вычесть* 50 см столба крови из давления, преобладающего в голове. Поскольку водяной столб высотой 50 см эквивалентен 37 мм рт. ст., среднее давление для крупной артерии головы составит 90 − 37 = 53 мм рт. ст., а среднее давление для крупной вены головы составит 5 − 37 = −32 мм рт. ст. Конечно, это «отрицательное» значение на самом деле означает, что давление в крупной вене головы на 32 мм рт. ст. ниже контрольного давления на уровне сердца.

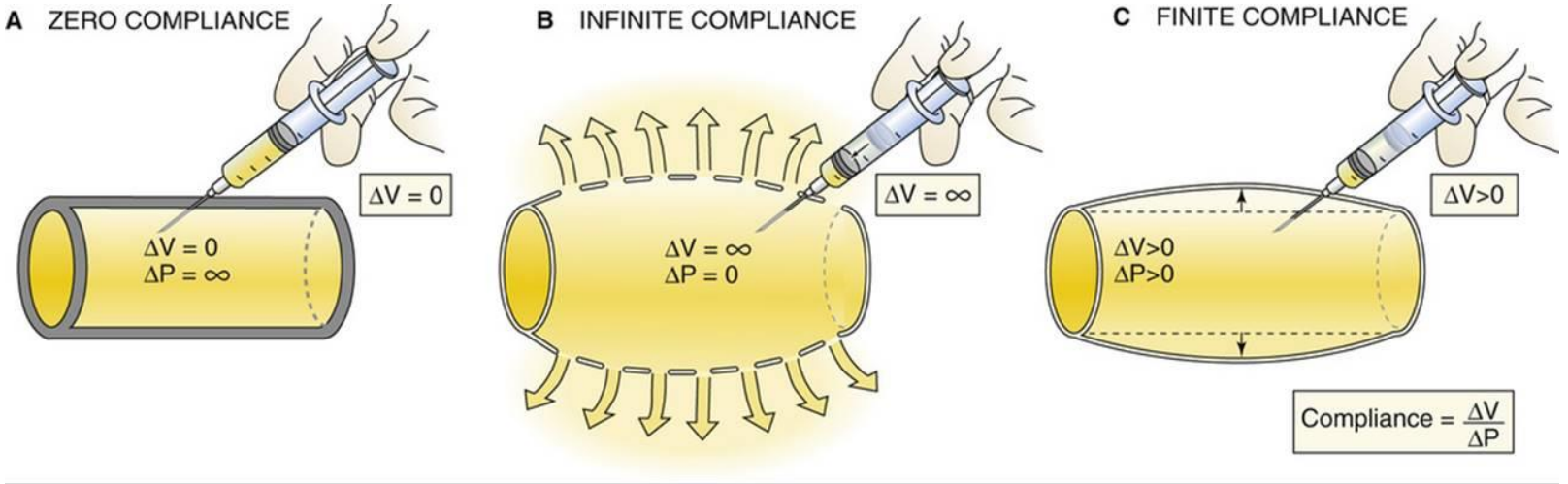


В этом примере мы несколько упростили ситуацию, проигнорировав клапаны, которые прерывают столб крови. На самом деле вены конечностей имеют ряд односторонних клапанов, которые позволяют крови течь только к сердцу. Эти клапаны действуют как ряд релейных станций, так что сокращение скелетных мышц вокруг вен проталкивает кровь от одного клапана к другому. Таким образом, вены стопы не «видят» полного гидростатического столба в 95 мм рт. ст., когда мышцы ног откачивают кровь из вен стопы.

Хотя абсолютное артериальное и венозное давление в стопе намного выше, чем в голове, ΔP , которое *управляет* кровотоком, одинаково в сосудистых руслах стопы и головы. Таким образом, в горизонтальном положении ΔP через сосудистые русла стопы или головы составляет $90 - 5 = 85$ мм рт. ст. В вертикальном положении ΔP для стопы составляет $185 - 100 = 85$ мм рт. ст., а для головы — $53 - (-32) = 85$ мм рт. ст. Таким образом, сила тяжести не влияет на движущее давление, которое управляет потоком. С другой стороны, в «зависимых» областях тела (т. е. сосудах «ниже» сердца в гравитационном смысле) гидростатическое давление имеет тенденцию увеличивать **трансмуральное давление** (внутрисосудистое по сравнению с внесосудистым «тканевым» давлением) и, следовательно, диаметр растяжимых сосудов. Поскольку различные анатомические барьеры разделяют различные тканевые отсеки, предполагается, что гравитация не оказывает существенного влияния на это тканевое давление.

Низкая податливость сосуда приводит к увеличению трансмурального давления при увеличении объема крови в сосуде

Если бы мы попытались ввести объем жидкости в действительно жесткую трубку с закрытыми концами, мы могли бы в принципе увеличить давление до бесконечности, не увеличивая объем трубки (рис. 17-9 *A*).



С другой стороны, если бы стенка трубки не оказывала никакого сопротивления деформации (т. е. бесконечная податливость), мы могли бы ввести бесконечный объем жидкости, вообще не увеличивая давление (см. рис. 17-9 *B*). Кровеносные сосуды лежат между этими двумя крайностями; они растяжимы, но имеют конечную податливость. Таким образом, если бы мы ввели объем крови в сосуд, объем сосуда увеличился бы на ту же величину (ΔV), и внутрисосудистое давление также увеличилось бы (см. рис. 17-9 *C*). ΔP, сопровождающее заданное ΔV, больше, если податливость сосуда ниже. Соотношение между ΔP и ΔV является *статическим* свойством стенки сосуда и сохраняется независимо от того, есть ли поток в сосуде. Таким образом, если бы мы влили кровь в кровеносные сосуды пациента, внутрисосудистое давление повысилось бы на протяжении всего кровообращения, даже если бы сердце остановилось.

Вязкое сопротивление крови вызывает разницу осевого давления при наличии потока

Как мы видели в законе гидродинамики Ома, во время установившегося потока по оси трубы движущее давление (ΔP) пропорционально как потоку, так и сопротивлению.

Q = ΔP/R - поток (Q) равен градиенту давления (ΔP), деленному на сопротивление (R)

$$\Delta p = \frac{8\mu LQ}{\pi R^4}$$

Δp = разность давлений между двумя концами трубы

μ = динамическая вязкость

L = длина трубы

Q = объемный расход

π = число пи

R = радиус трубы

С другой стороны, если мы хотим добиться постоянного потока, то чем больше сопротивление, тем большее ΔP мы должны применить вдоль оси потока. Из четырех источников давления в кровеносной системе это ΔP из-за вязкого сопротивления является единственным, которое появляется в законе Пуазейля

Адаптационные механизмы и их роль в медицинских устройствах

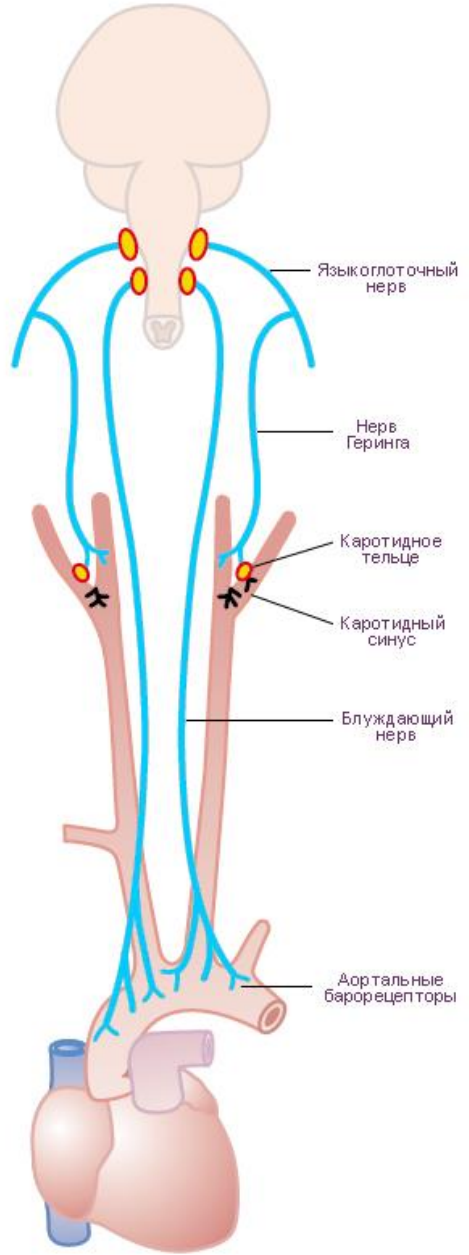
Барорецепторы — интерорецепторы, расположенные в кровеносных сосудах позвоночных животных; разновидность механорецепторов. Воспринимают изменения кровяного давления и реагируют на его уровень. Скопления барорецепторов сосредоточены преимущественно в рефлексогенных зонах (сердечной, аортальной, синокаротидной, лёгочной и др.). Повышенное кровяное давление приводит к активации барорецепторов, в результате чего они посылают импульсы в центральную нервную систему. Тонус сосудов снижается, парасимпатическая нервная система возбуждается, артериальное давление снижается. Частое и длительное изменение давления может привести к развитию гипертонии[1].



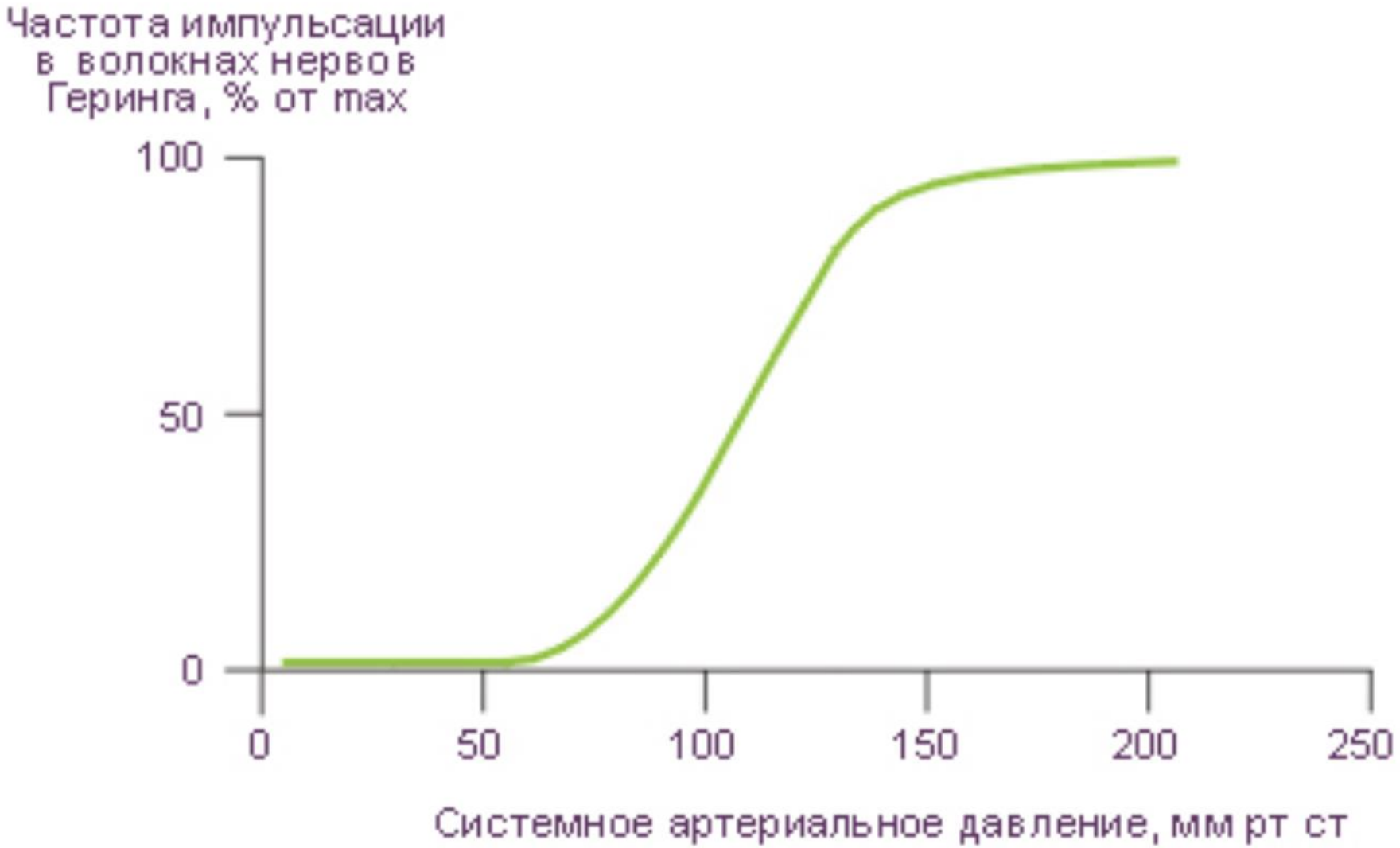
Барорецепторы каротидного синуса и дуги аорты

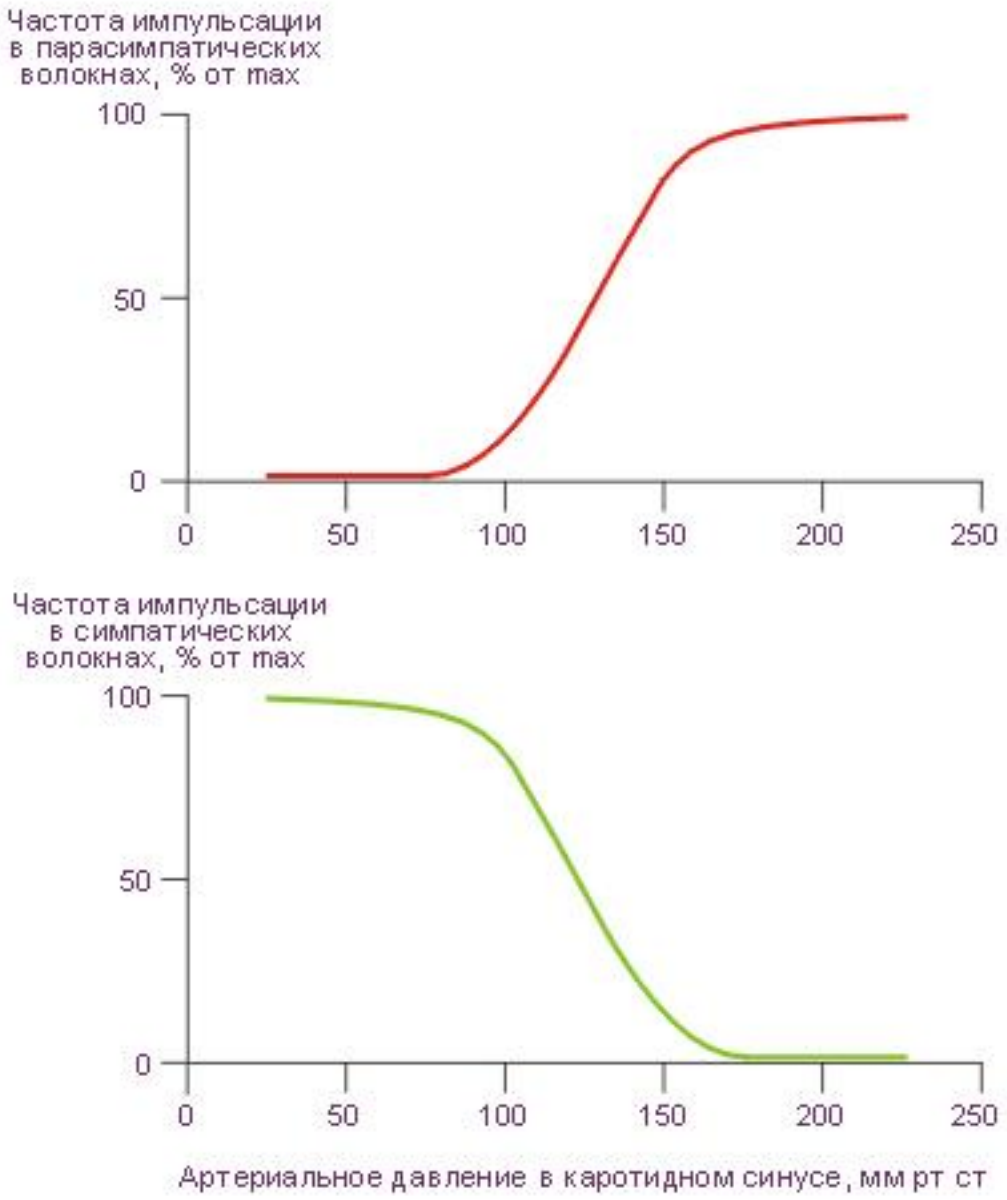
Почему барорецепторы расположены в каротидных синусах?

Каротидный синус содержит барорецепторы (рецепторы растяжения), которые чувствительны к изменениям давления в артериальной крови. Каротидный синус имеет плотную иннервацию многих типов рецепторов, которые играют роль в регуляции артериального давления.



Зависимость частоты импульсации барорецепторов от уровня артериального давления

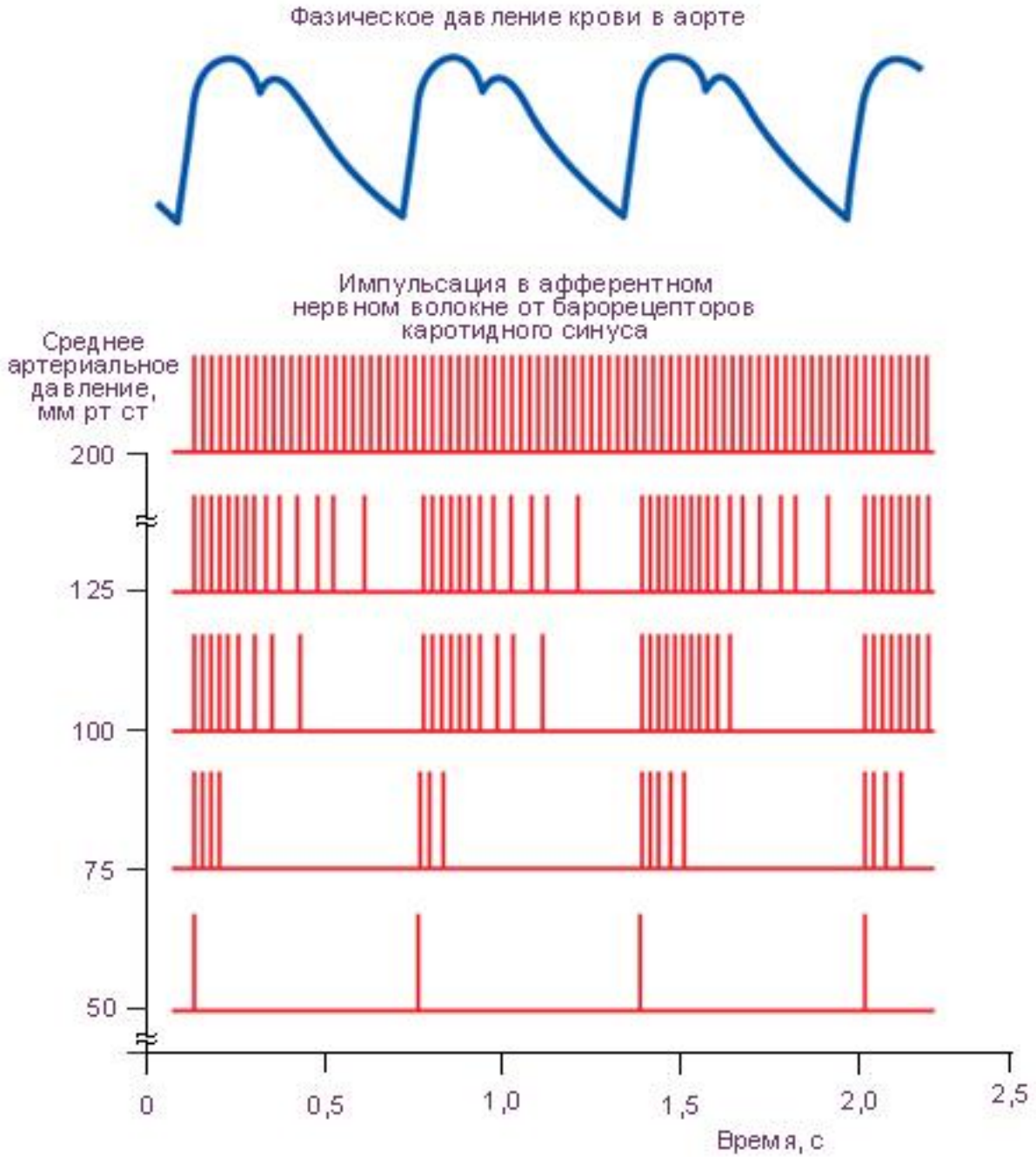


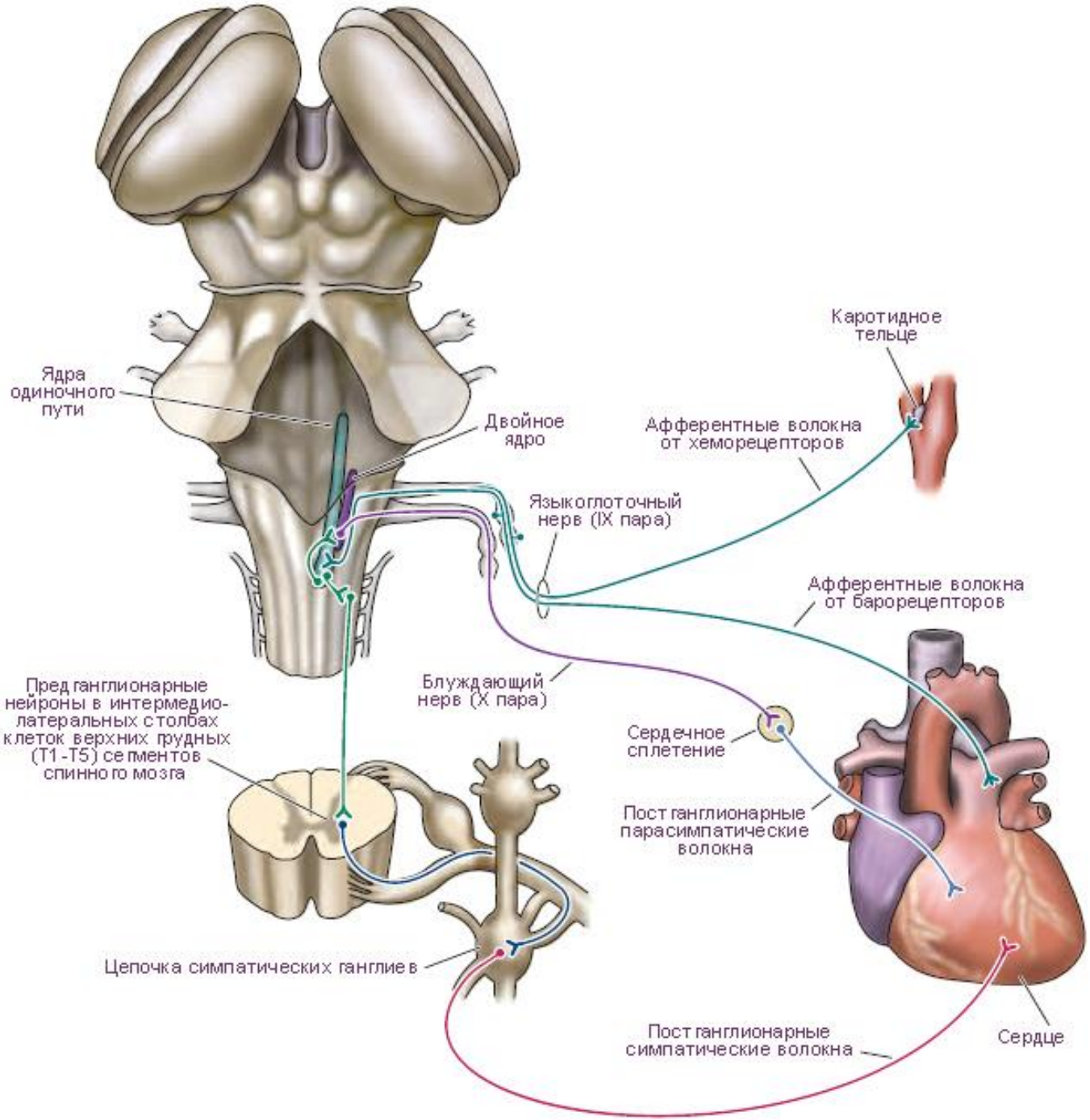


Зависимость частоты импульсации в эфферентных парасимпатических и симпатических нервных волокнах от уровня артериального давления в изолированном каротидном синусе

ЭФФЕРЕНТНЫЙ — нервные волокна, передающие сигналы из центральных отделов в нижележащие и периферические отделы н. с., а также сами эти сигналы.

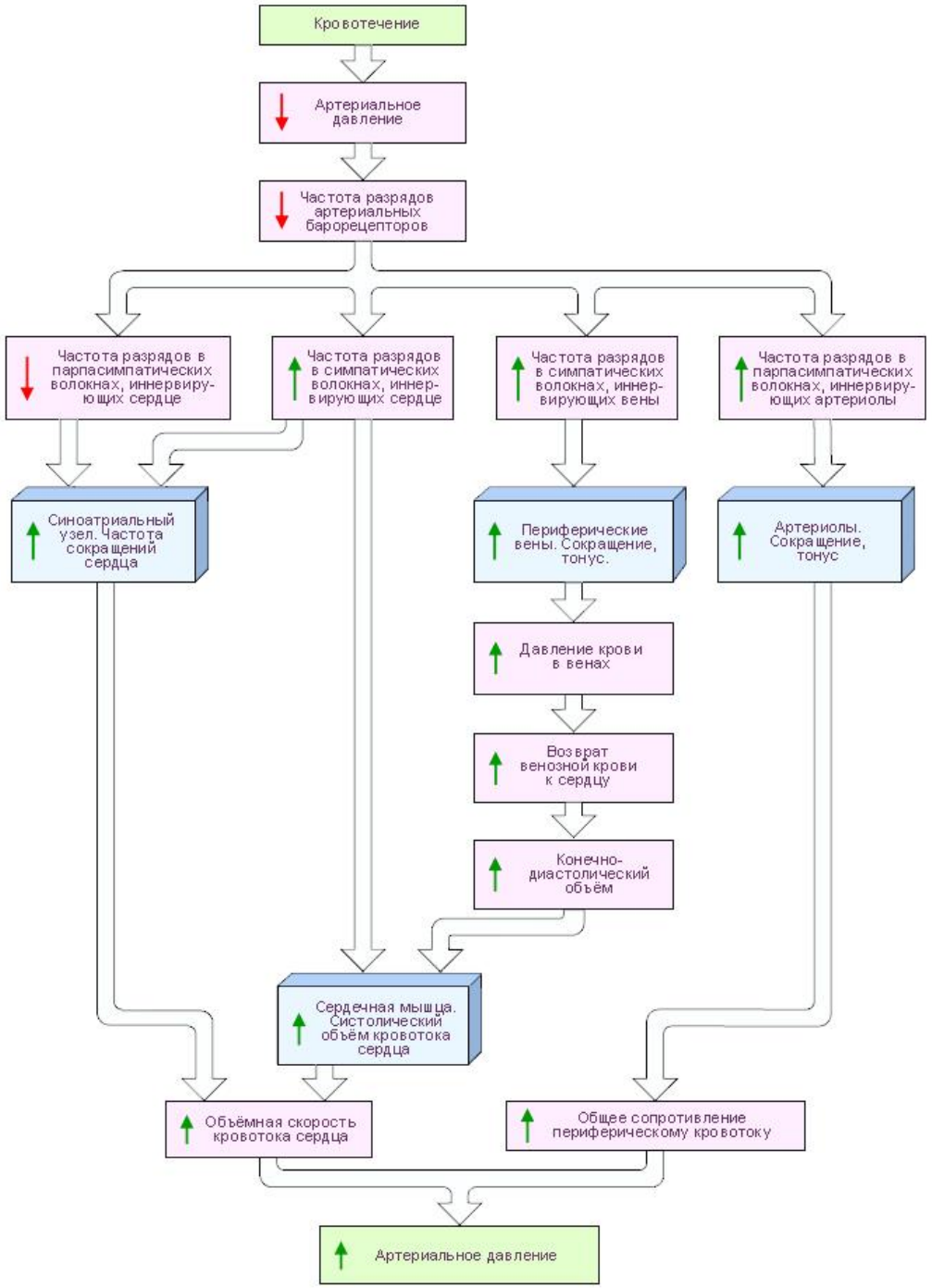
Взаимоотношения между фазическим давлением крови в аорте и характером импульсации в афферентном нервном волокне от барорецепторов каротидного синуса при различном уровне артериального давления.





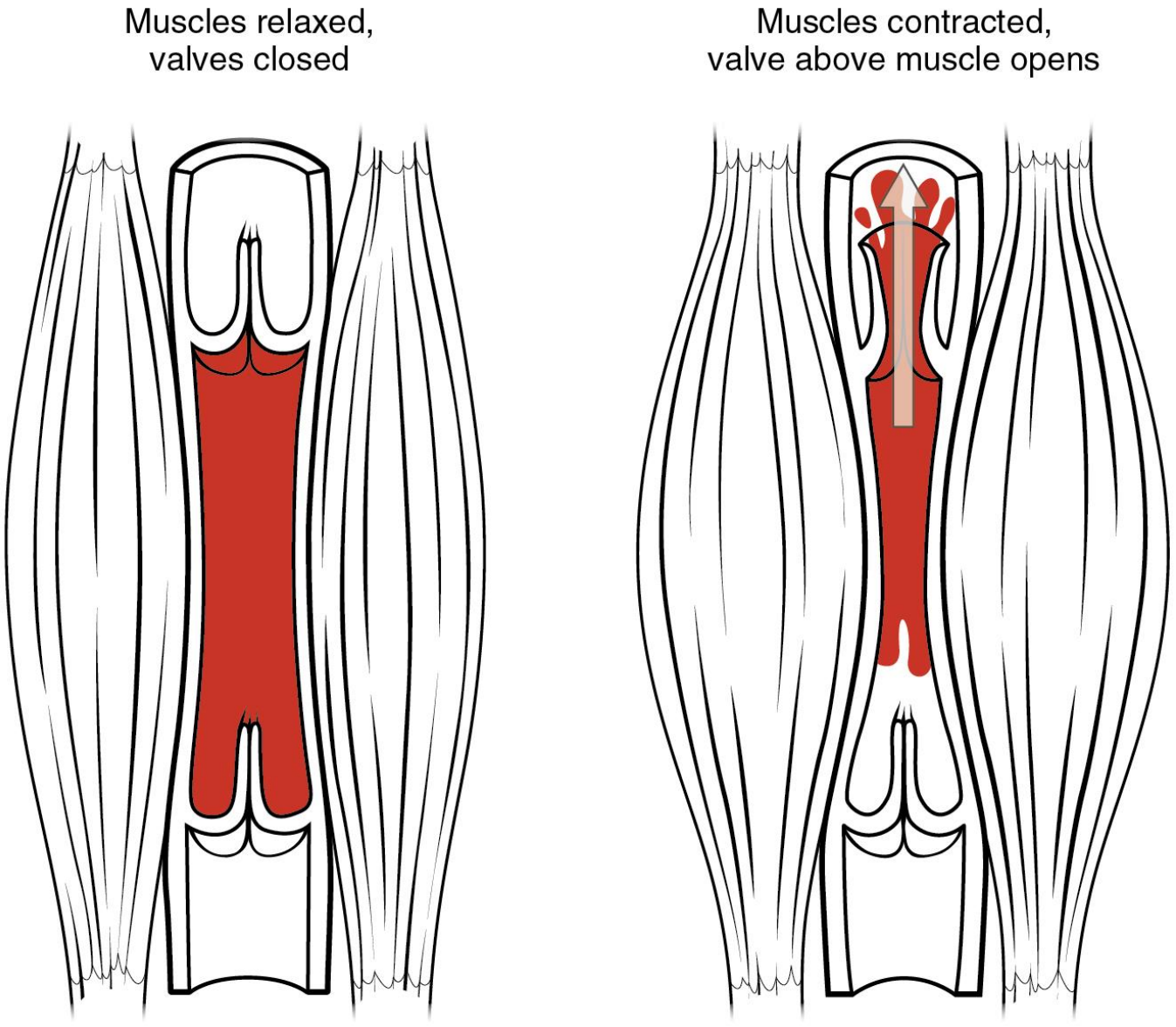
Вегетативные нейрональные цепи, осуществляющие управление гемациркуляцией

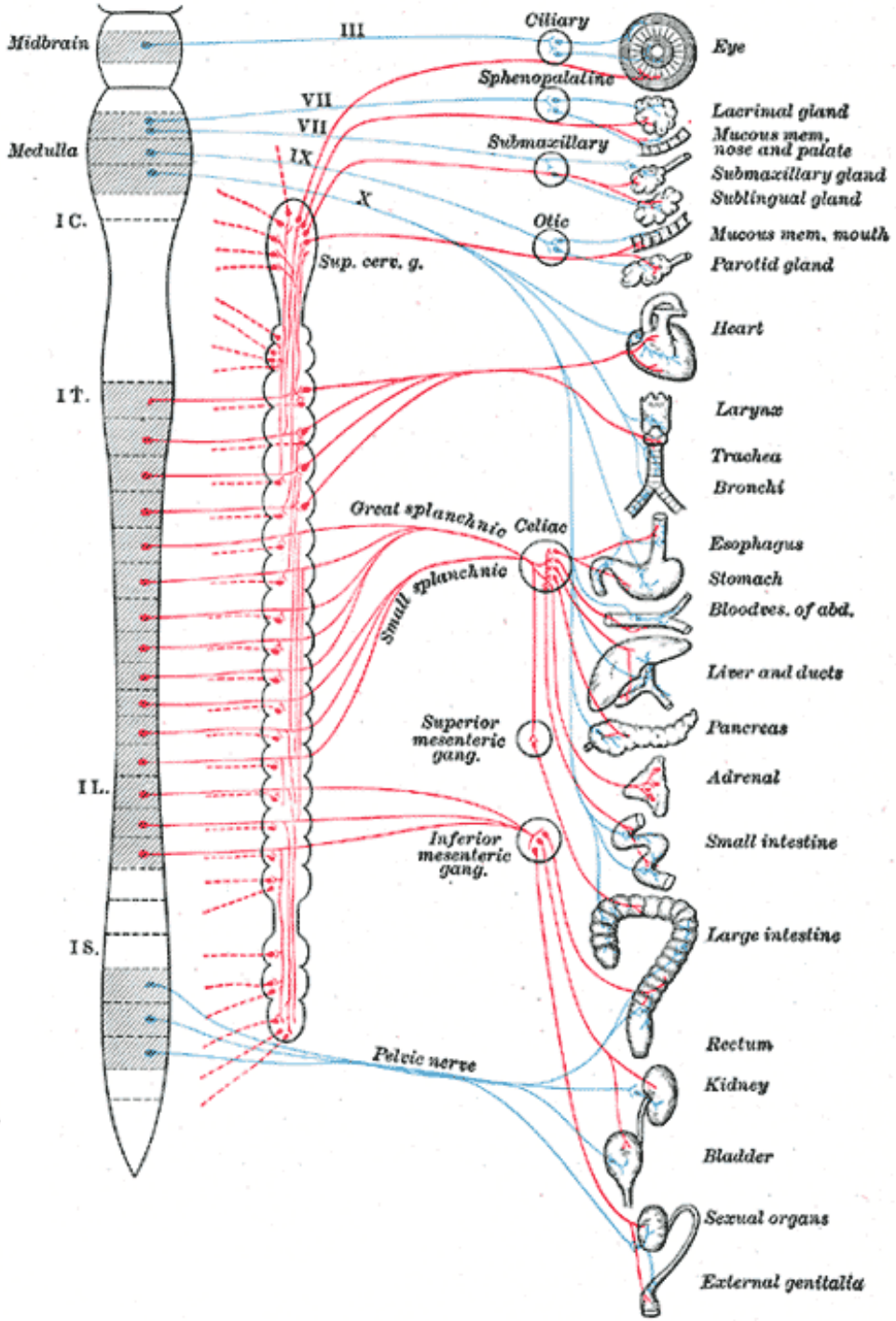
Роль барорецепторов в восстановлении давления крови после массивного кровотечения



Насос скелетных мышц

Скелетный мышечный насос или мышечно-венозный насос представляет собой совокупность скелетных мышц, которые помогают сердцу в циркуляции крови. Он особенно важен для увеличения венозного возврата к сердцу, но также может играть роль в артериальном кровотоке.



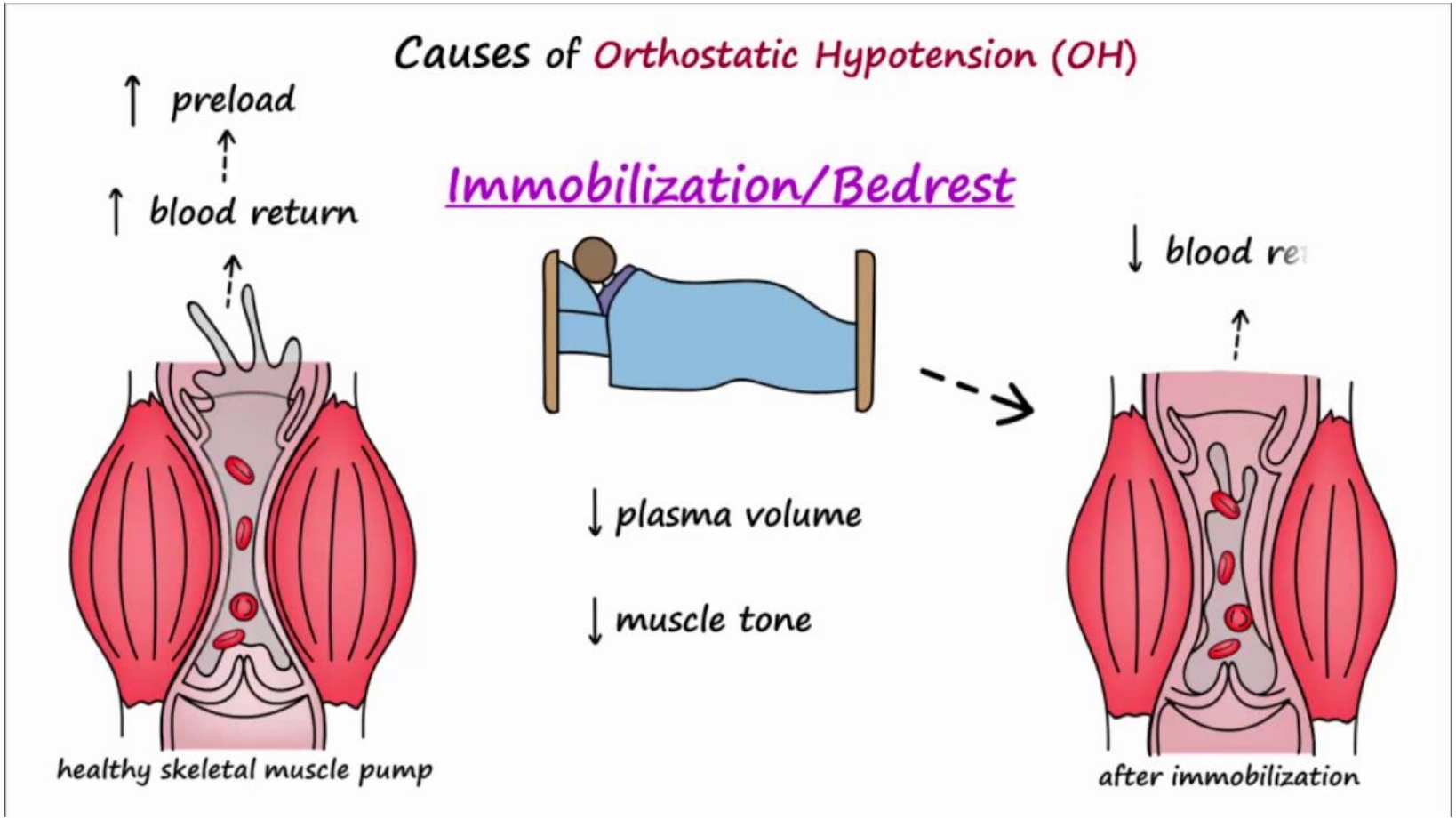


Симпатическая нервная система

Симпати́ческая не́рвная систе́ма — часть автономной (вегетативной) нервной системы, ганглии которой расположены на значительном расстоянии от иннервируемых органов. Управляет внутренними органами тогда, когда организм тратит энергию (при физической и эмоциональной нагрузке: стресс, бегство, нападение и тд), например, вызывает возбуждение сердечной деятельности и усиление обменных процессов.

Патологии, связанные с гравитационными эффектами

Ортостатическая гипотензия — также называемая постуральной гипотензией — это форма низкого кровяного давления, которая возникает при вставании после сидения или лежания. Ортостатическая гипотензия может вызвать головокружение или предобморочное состояние, а также возможный обморок.



Варикозное расширение вен

Варикозное расширение вен — развивается при длительном воздействии гравитации на венозную систему ног.

Медицинские компрессионные изделия и устройства с регулируемым давлением помогают предотвращать застой крови, что особенно полезно для пациентов с нарушениями кровообращения



Рекомендации для проектирования медицинских устройств

Учет положения тела пациента: Устройства для мониторинга давления и циркуляции крови должны учитывать положение тела пациента. Например, некоторые тонометры могут измерять давление, ориентируясь на гравитационные факторы.

Компрессионные устройства: Компрессионные манжеты и другие устройства с регулируемым давлением полезны для улучшения венозного возврата, предотвращения варикоза и снижения риска тромбоза у малоподвижных пациентов.

Технологии для компенсации барорефлекса: Инженеры должны учитывать способность устройства к распознаванию резких изменений давления для предотвращения ортостатической гипотензии.

Гематология

Гематология – адам ағзасындағы қан жүйесін зерттейтін ғылым. Ол қанның құрамы, оның қызметі, қан түзілуі және қан ауруларын қамтиды. Гематология медицина мен биомедициналық инженерия үшін маңызды сала болып табылады, себебі көптеген аурулардың диагностикасы мен емдеуінде қан көрсеткіштері үлкен рөл атқарады.

Қан түзілу процесі (гемопоэз) қызыл сүйек кемігінде жүреді. Эритропоэз, лейкопоэз және тромбопоэз сияқты негізгі процестер арқылы жаңа қан жасушалары түзіледі. Бұл процесті әртүрлі гормондар мен реттеуші факторлар қадағалайды.

Гемостаз – қанның ұю жүйесі. Ол тамырдың зақымдануы кезінде қанның ағып кетуін тоқтатуға көмектеседі. Гемостаздың негізгі кезеңдеріне тамыр-тромбоцитарлық реакция, коагуляция және фибринолиз жатады. Қан ұю процесі бұзылған жағдайда тромбоз немесе қан кету қаупі туындайды.

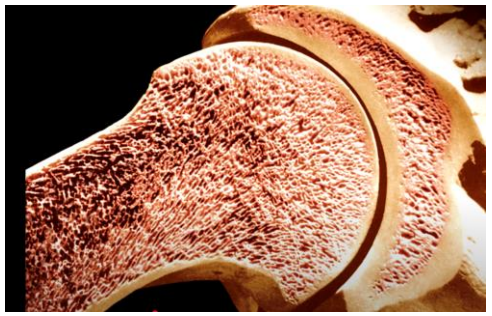
Қан ауруларының ішінде анемия, лейкоз, тромбоцитопения және генетикалық аурулар кең таралған. Бұл ауруларды анықтау үшін қанның жалпы анализі, биохимиялық анализ, иммунологиялық зерттеулер және генетикалық тесттер қолданылады.

Қазіргі заманғы биомедициналық технологиялар гематологияда үлкен рөл атқарады. Қан анализаторлары, коагулометрлер, ПТР диагностикасы және жасанды қан жасау технологиялары дамуда. Жасанды қанның негізгі түрлері – перфторкөміртектер мен гемоглобин негізіндегі оттегі тасымалдаушылар.

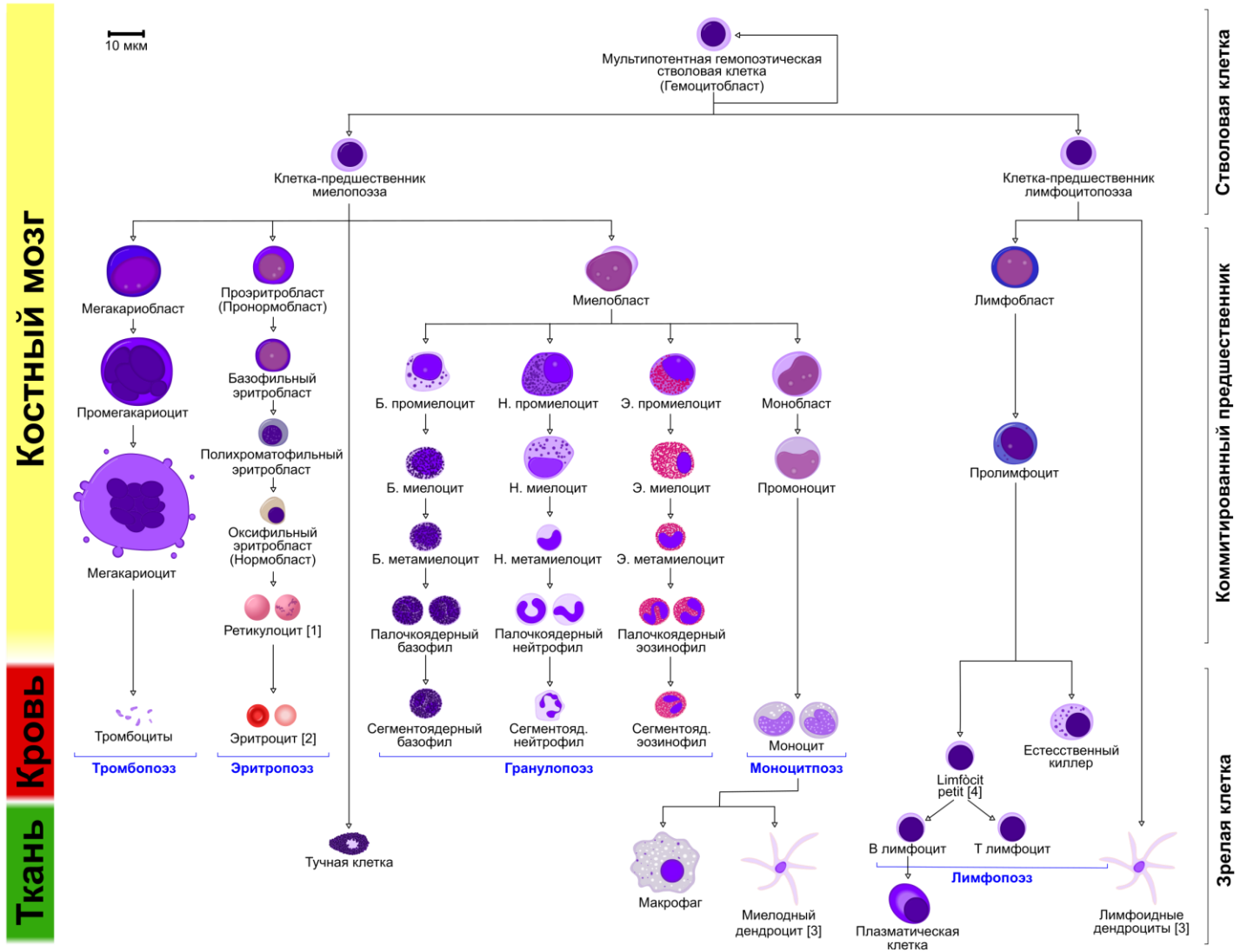
Гематологияның болашағы жаңа технологиялар мен зерттеулермен байланысты. CRISPR гендік инженериясы арқылы тұқым қуалайтын қан ауруларын емдеу, 3D-принтинг арқылы қан тамырларын жасау және жетілдірілген қан тазарту әдістерін енгізу ғылымдағы жаңа бағыттар болып табылады.

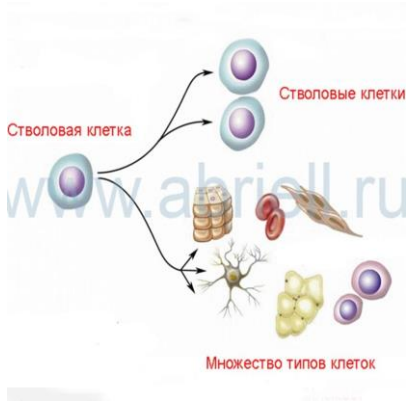
Гематопоэз – қан түзілу процесі. Бұл процесс адам ағзасында үнемі жүріп отырады және қан жасушаларының жаңаруын қамтамасыз етеді. Гематопоэз эмбриондық кезеңнен бастап өмір бойы жүреді және сүйек кемігінде, көкбауырда және лимфа түйіндерінде жүзеге асады.

Гематопоэз, қан түзілу – омыртқалы жануарларда қан жасушаларының – лейкоциттердің, эритроциттердің, тромбоциттердің түзілу, даму және жетілу процесі. Эмбриональды (құрсақішілік) қан түзілу және постэмбриональды қан түзілуі жіктеледі.











Гемостаз – қанның сұйық күйін сақтай отырып, қан кетуді тоқтату процесі. Ол үш негізгі кезеңнен тұрады:

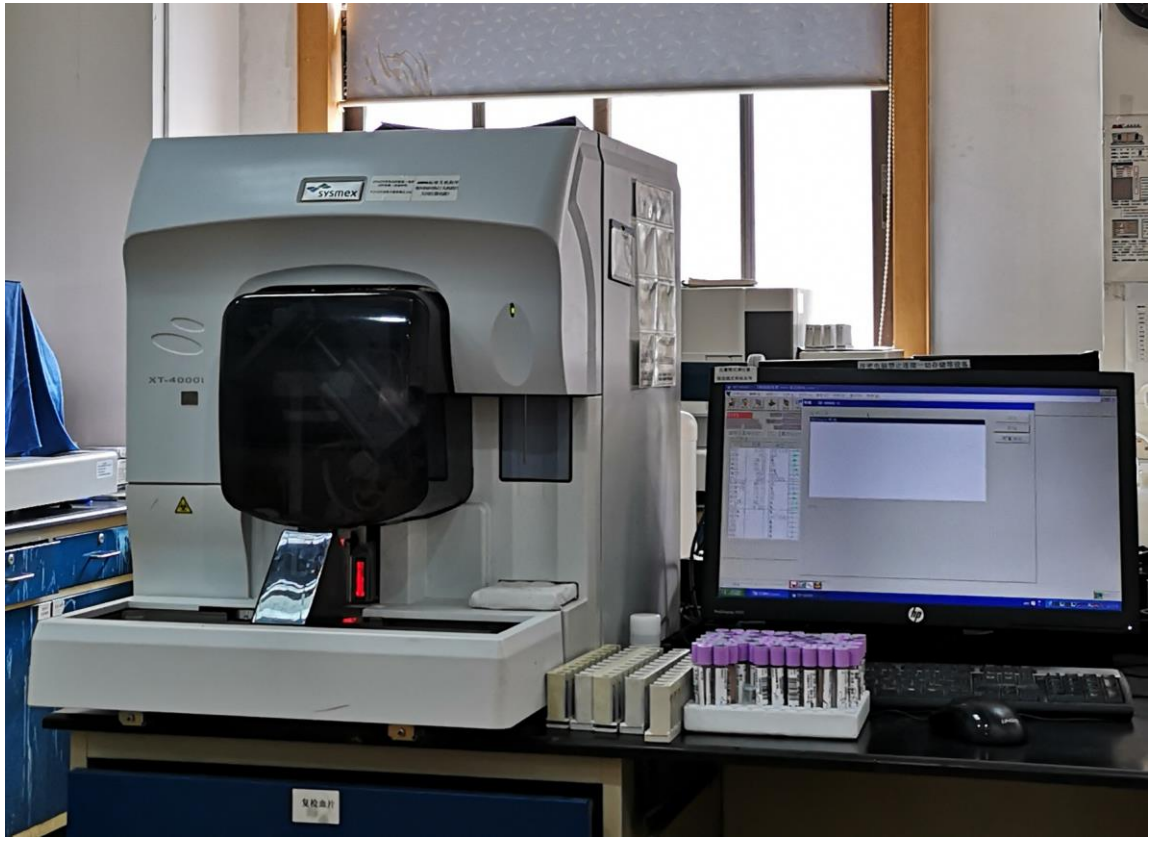
1.Тамырлы-тромбоцитарлық гемостаз (первая фаза) – қан тамыры зақымданғанда оның тарылуы және тромбоциттердің жиналуы арқылы бастапқы тромб түзілуі.

2.Коагуляциялық гемостаз (вторая фаза) – қанның плазмалық факторлары белсеніп, фибрин талшықтары түзіліп, тұрақты тромб қалыптасады (коагуляция процесі жүреді).

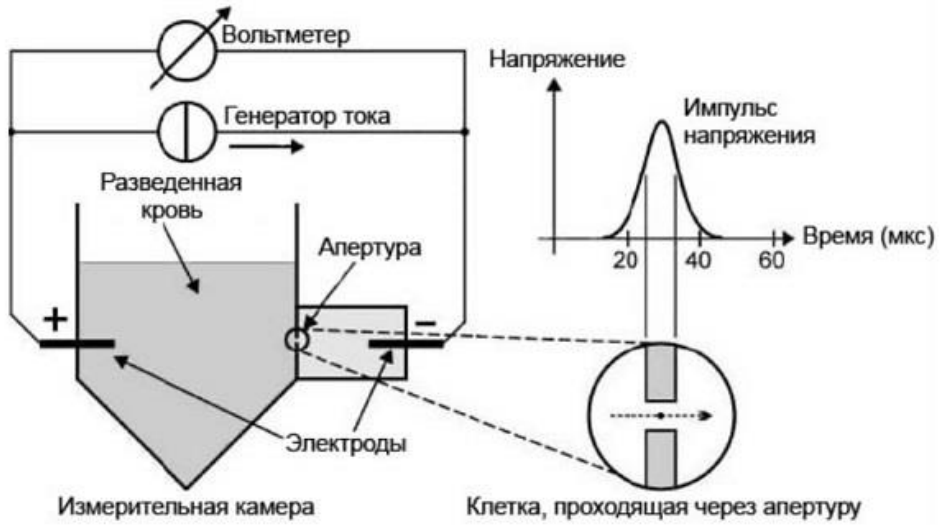
3.Фибринолиз (третья фаза) – тромбтың еруі және тамырдың қалыпты қан айналымына қайта келуі.

ҚАН АУЫРУЛАРЫ

Анемия - ауырған адамның қаны «сұйылып» кетеді, бұл аурудың сипаты ағза қан деңгейін қалыпқа келтіріп үлгергенше қанның азайып немесе жойыла бастауымен байланысты айқындалады. Үлкен жарақаттар алғанда, аузы ашылып кеткен асқазан жарасы, іш сүзегі (дизентерия) негізіндегі қанның тоқтамауы адамды анемия ауруына шалдықтыруы мүмкін. Қанның қызыл түйіршіктерін жойып жіберетін безгек (малярия) ауруы да анемия дертін қоздырушы болып табылады. Күнделікті тамақ рационында темір құрамдас заттардың болмауы да осы ауруды қоздырып, ушықтыра түседі.



Гематологиялық анализаторлар келесі параметрлерді анықтайды: эритроциттер, лейкоциттер, тромбоциттер, гемоглобин



Барлық дерлік гематологиялық анализаторлар бірдей принцип бойынша жұмыс істейді.

Бұл принципті ағайынды Уоллис пен Джозеф Култер жасаған және қанның формалық элементтерін санаудың кондуктометриялық әдісіне негізделген.

Ол бөлшектер өткен кезде электродаралық кеңістіктегі ортаның электр өткізгіштігін өзгертуден тұрады.

Өлшеу ұяшығы әрқашан екі бөліктен тұрады: бір ұяшықта анод, екіншісінде катод бар. Бұл бөліктердің арасында өте жұқа саңылау, жіңішке саңылау - өлшеу саңылауы деп аталады.

Егер өлшеу саңылауында ұяшықтар болмаса, тек изотоникалық еріткіш болса, онда ток жеткілікті жоғары және оның өтуіне ештеңе кедергі болмайды.

Өлшеу ұяшығына қан жасушасы кірген бойда сигнал пайда болады, кернеу жоғарылайды және осы сигналдардың саны бойынша өлшеу саңылауынан қанша жасуша өтетінін, ал сигналдың шамасы бойынша - өлшеуіш саңылау арқылы қандай көлемдегі жасуша өтетінін бағалауға болады.

Барлық гематологиялық анализаторлар осылай құрастырылған, ал қан бір уақыт бірлігінде қалыпты жасуша құрамы бар бұл саңылауда теориялық түрде бір жасуша болатындай етіп сұйылтылған, сондықтан құрылғы екі жасушаның болуын талдамайды.

Ол, әдетте, ықтималдық теориясына сәйкес, кез келген уақытта осы тесікте болуы керек бір ғана ұяшықты талдайды.

Үлгі екі рет сұйылтылады. Бірінші рет - изотониялық еріткішпен. Құрылғы барлық жасушаларды тек екі топқа бөлуге қабілетті: әдепкі бойынша қызыл қан жасушалары үшін қажет үлкен жасушалар және тромбоциттер ретінде автоматты түрде анықталатын шағын жасушалар.

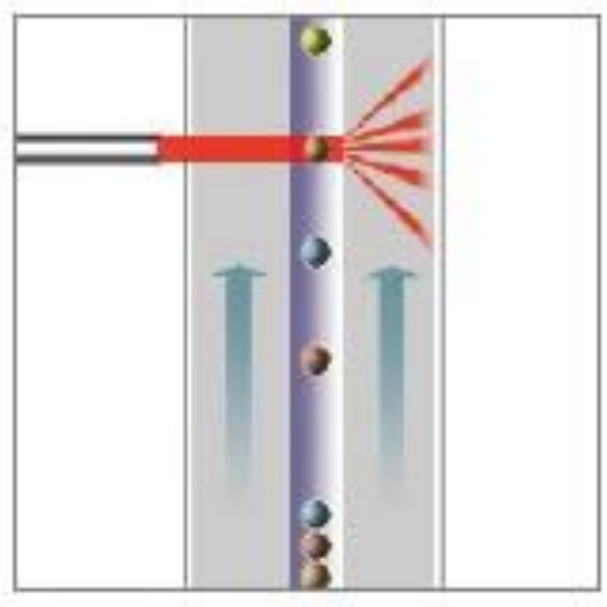
Бұл ретте құрылғы лейкоцитті эритроциттен ажырата алмайды, бірақ қалыпты қандағы лейкоциттер саны эритроциттер санынан 1000 есе аз болғандықтан, қате өте аз және оны елемеуге болады.

Екінші рет қанды гемолитикпен сұйылтады, тек изотоникалық еріткішпен ғана емес, сонымен қатар оның құрамында арнайы лизистік ерітінді де болады. Екінші зерттеу кезінде гемоглобин мен лейкоциттердің концентрациясы анықталады.

Общий анализ крови

Нормальные показатели

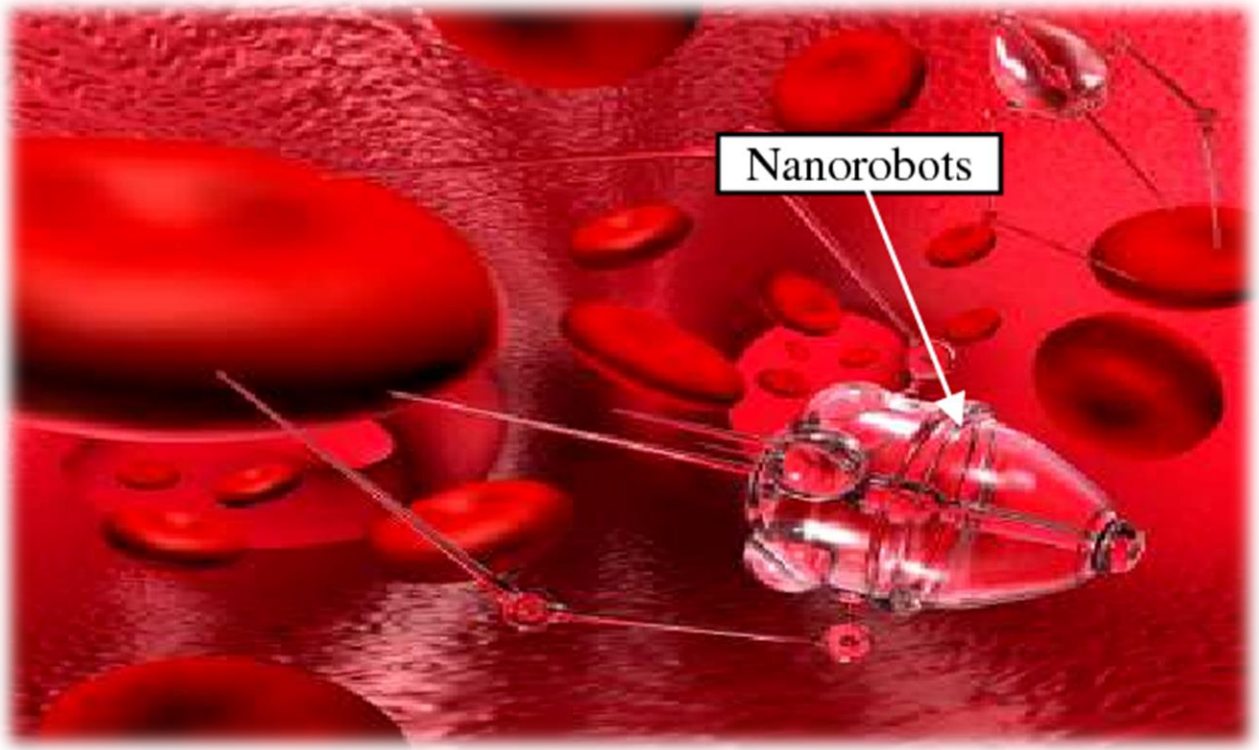
Показатели (сокращения)	Дети							Взрослые	
	1 день	1 мес.	6 мес.	12 мес.	1-6 лет	7-12 лет	13-15 лет	Мужчины	Женщины
Гемоглобин (HGB, г/л)	180-240	115-175	110-140	110-135	110-140	110-145	110-150	130-160	120-140
Эритроциты (RBC, г/л)	4,3-7,6	3,8-5,6	3,5-4,8	3,6-4,9	3,5-4,5	3,5-4,7	3,8-5,1	4-5,1	3,7-4,7
Цветовой показатель	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15	0,85-1,15
Ретикулоциты (RTC)	3-5,1	3-15	3-15	3-15	3-12	3-12	2-11	0,2-1,2	0,2-1,2
Тромбоциты (PLT)	180-490	180-400	180-400	180-400	160-390	160-380	160-360	180-320	180-320
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ, ESR)	2-4	4-8	4-10	4-12	4-12	4-12	4-15	1-10	2-15
Лейкоциты (WBC, %)	8,5-24,5	6,5-13,8	5,5-12,5	6-12	5-12	4,5-10	4,3-9,5	4-9	4-9
Лимфоциты (LYM, %)	12-36	40-76	42-74	38-72	26-60	24-54	25-50	18-40	18-40
Эозинофилы (EOS, %)	0,5-6	0,5-7	0,5-7	0,5-7	0,5-7	0,5-7	0,5-6	0-5	0-5
Базофилы (BAS, %)	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
Моноциты (MON, %)	2-12	2-12	2-12	2-12	2-10	2-10	2-10	2-9	2-9
Нейтрофилы:									
1. Палочкоядерные, %	1-17	0,5-4	0,5-4	0,5-4	0,5-5	0,5-5	0,5-6	1-6	1-6
2. Сегментноядерные, %	45-80	15-45	15-45	15-45	25-60	35-65	40-65	47-72	47-72



Зертханалық гематологиялық қан анализаторы BC-5800 ағынды цитометрия үшін жарық көзі ретінде сенімді және үнемді жартылай өткізгіш лазерді пайдаланады. Лазер сәулесінің шашырауын талдау арқылы құрылғы жасушалардың өлшемін және түйіршіктердің мазмұнын анықтайды.

Жасанды қан және биоинженерлік технологиялар

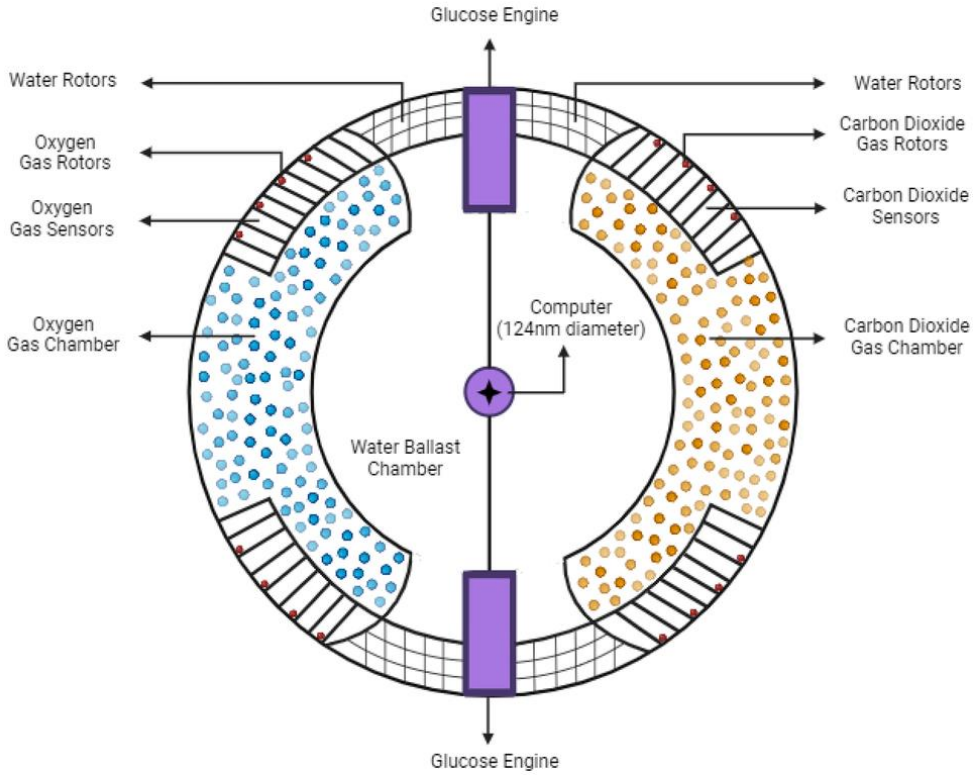
Нанороботтық жасанды қан компоненттері - табиғи қан компоненттерімен салыстыруға болатын тапсырмаларды имитациялауға немесе орындауға арналған нанотехнологияларды қолдану арқылы жасалған шағын инженерлік компоненттер. Бұл кішкентай құрылымдардың мақсаты тромбоциттер, лейкоциттер, қызыл қан жасушалары (эритроциттер) және басқа қан компоненттерінің әрекеттерін имитациялау болып табылады.



Нанороботтар әдетте нанометриялық механикалық құрамдас бөліктерден тұрады; Олардың кішігірім өлшемдері мен биологиялық мембраналармен әрекеттесу және тіпті оларға ену қабілеті денсаулық сақтау саласында оларды перспективалы етеді. Наноробот төрт негізгі құрамдас бөліктен тұрады, оларда жүзу құйрығы, пайдалы жүк, камера және конденсатор бар. Нанороботтар көміртегі, күкірт, оттегі, фторид, сутегі және басқа элементтер сияқты негізгі элементтерден жасалған.

Респироцит

Респироциттер – нанороботтар – қан сарысуындағы эндогендік глюкозамен жұмыс істейтін синтетикалық эритроциттерге ұқсайтын жасанды оттегі тасымалдаушылары. Бұл синтетикалық қызыл қан жасушалары табиғи қызыл қан жасушаларына қарағанда тіндерді оттегімен қанықтыруға 236 есе тиімдірек. Сонымен қатар, олар қан ағымының қышқылдығын да басқара алады. Олар 3 миллиардқа дейін оттегі мен көмірқышқыл газын сақтай алатын нанороботты құрайтын 18 миллиард атомды қамтитын алмас тәрізді қысымды резервуардан тұрады. Науқастың қан айналымына 5 триллион жеке нанороботтарды немесе 50% физиологиялық ерітінді суспензиясының емдік дозасын (5 текше сантиметр) пациенттің қан айналымына енгізу қанның барлық 5,4 л газ өткізу қабілетін дәл қалпына келтіре алады. Жүрек соғысының салдарынан жүрек тоқтап қалған жағдайда, адамның қанына шамамен 1 литр респироцит суспензиясын қосу науқастың тіндерін 4 сағат бойы қауіпсіз оттегімен қамтамасыз етуге көмектеседі.



Молекулярлық роторлар: Жұмыс істеудің негізгі талабы газ молекулаларын қысымды шағын арналарға және одан шығару болып табылады. Молекулярлық сұрыптау роторлары осы молекула алмасу үшін ең жақсы таңдау ретінде ұсынылды

Датчиктер: Газ қоймаларының ішіндегі қысымды бақылау және қоршаған аумақтардағы оттегі мен көмірқышқыл газының деңгейін өлшеу үшін әртүрлі сенсорлар пайдаланылады.

*Түсіндіру құрылғ*ысы: Сенсор деректерін өңдеу және оны газ ағынын және қуатты таратуды басқару үшін пайдалану үшін шағын компьютер қажет

Қабылдағыш: Дәрігер немесе сыртқы контроллер респираторларға нұсқау беру үшін қысу сигналдарының кодталған сериясын пайдаланып респираторларды бағдарламалай алады. Респироциттердің сыртқы жағындағы қысым сенсорлары нанороботтарға нақты нұсқауларды немесе нұсқауларды орындауға мүмкіндік беру үшін оларды жинап, осы сигналдарды түсіндіре отырып, осы нұсқауларды қабылдаушы ретінде қызмет етеді.

Су балласт камералары: олар эритроциттердің бейтарап жүзгіштігін реттеуге және қолдауға жауапты

Әрбір респироцитте роторлардың үш түрі бар. Оттегінің сақталуы және шығарылуы бір ротор арқылы басқарылады. Екінші ротор қан ағымынан барлық көмірқышқыл газын алып тастап, оны өкпеге жібереді. Үшінші ротор энергия көзі ретінде қандағы глюкозаны пайдаланады. Сонымен қатар, респироциттерді CO (көміртек тотығы) және улы газдар сияқты қауіпті химиялық заттарды денеден шығару үшін жасауға болады. Респироциттердің ішіндегі сұрыптау роторларына ендірілген нанопроцессор респироцит оттегінің парциалды қысымы жоғары және көмірқышқыл газының парциалды қысымы төмен болатын өкпе капиллярларына жеткенде, оттегін таңдамалы түрде сіңіріп, көмірқышқыл газы молекулаларын босатуды тапсырады.

Ротор ұштары белгілі бір молекула түрлерін түсіру үшін арнайы жасалған. 1000 атмға дейінгі қысымды осы сфералық наноқұрылғыларға қайтымды түрде беруге болады. Құрылғыны химиялық және қысым датчиктері арқылы қолмен қайта бағдарламалауға болады; Сонымен қатар, нанороботикалық құрылғыдағы ендірілген компьютерге сыртқы командалар да берілуі мүмкін. Әрбір ротордың жиегінің айналасындағы байланыстыру орнының «қалталары» диск айналу кезінде ішкі камераға және қан плазмасына әсер етеді. Әрбір қалта плазмамен жанасқанда ғана белгілі бір молекулаға бекітіледі. Байланыстыру орны айналады, байланысқан молекулаларды ішкі камераға шығарады, бұл кезде жұдырықша бетімен сыртқа итерілген таяқшалар байланысқан молекулаларды күшпен босатады.

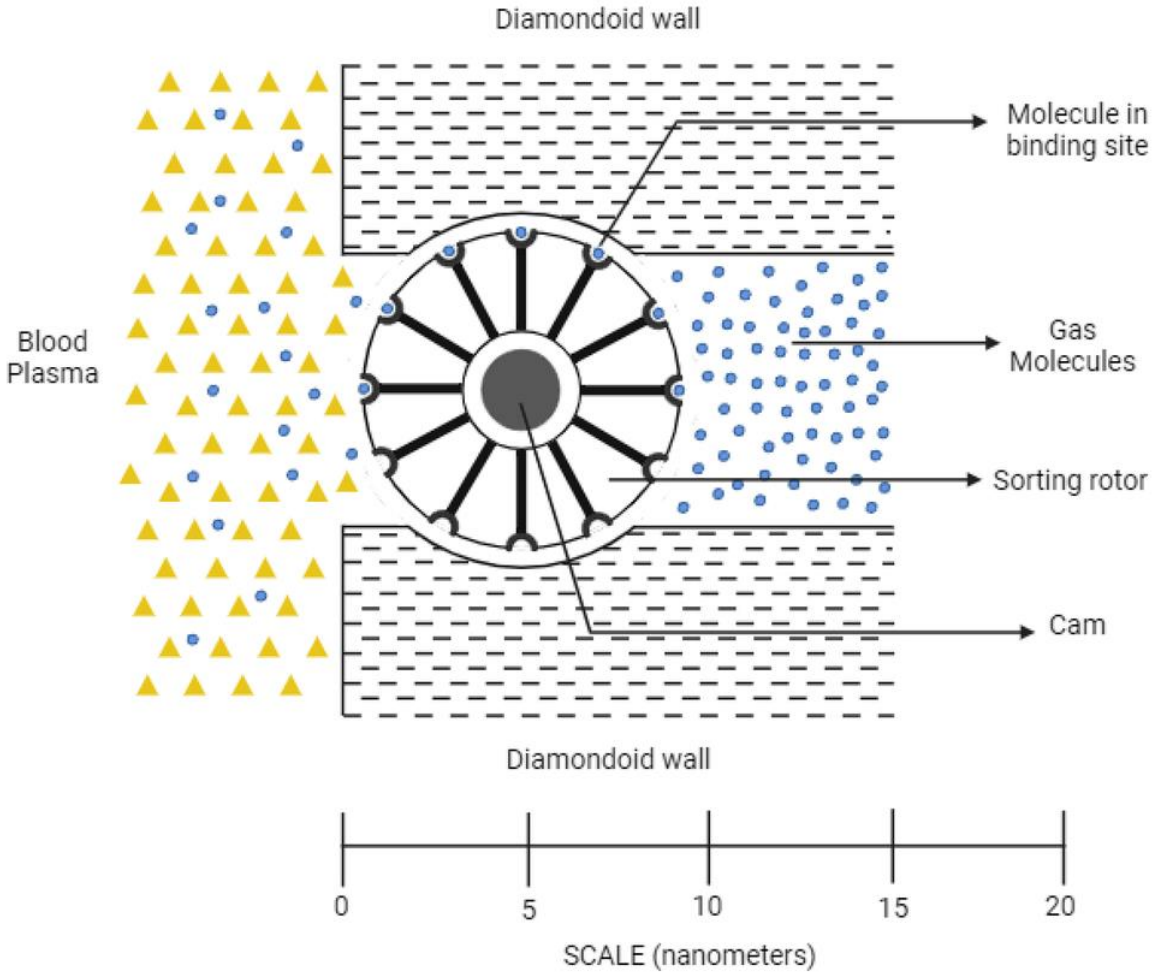


Таблица 1. Разница между натуральными и искусственными эритроцитами

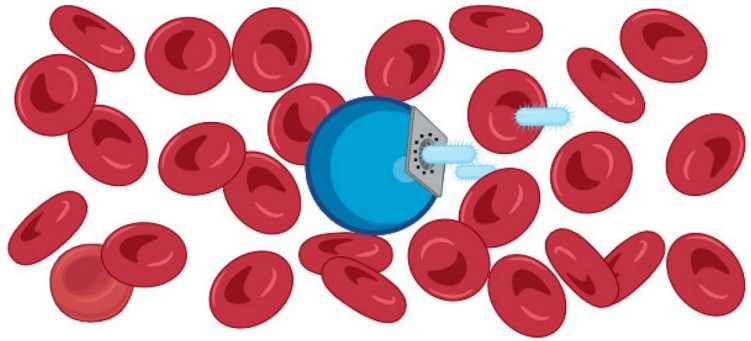
Из: Нанороботизированные искусственные компоненты крови и их терапевтическое применение: Мини-обзор

№ ст.	Функции	Натуральные красные кровяные клетки	Искусственные красные кровяные клетки
1.	Физическое описание	Форма двояковогнутого диска без ядра	Имеет сферическую форму и изготовлен из алмаза.
2.	Средняя продолжительность жизни	120 дней (3 месяца).	5–8 месяцев
3.	Классификация	В крови обнаружен только один тип эритроцитов	Существуют различные типы в зависимости от роторов, присутствующих внутри.
4.	Общее количество эритроцитов (на кубический мм)	4,5 млн. - 5,5 млн.	10-12 миллионов
5.	Составляющие	Гемоглобин	Датчики, роторы, детекторы, микрочипы
6.	Источник:	Образуется в костном мозге.	Их искусственно формируют и помещают в кровь.
7.	Процент в крови	Почти 45% нашей крови.	Менее 20% нашей крови.
8.	Путь	Они перемещаются по кровеносным сосудам, в конечном итоге протискиваясь через капилляры.	Они перемещаются в кровеносных сосудах по определенному пути вместе с током крови.
9.	Ядра	Эритроциты человека не имеют ядер	-
10.	Форма	Круглый	Сферический
11.	Использовать	Он обеспечивает поставку четырех молекул кислорода в различные части тела и переносит четыре молекулы углекислого газа с другими отходами.	Способен переносить до 3 миллиардов молекул кислорода и углекислого газа при максимальной загрузке.

Микробиворлар (микроб қоректілер)

Лейкоциттер, ақ қан жасушалары деп те аталады, денеге инфекциялармен күресуге, ластаушы заттарды сіңіруге, тіндердің зақымдалуын емдеуге және ауруға немесе патогендерге қарсы тұруға көмектесетін қорғаныс жасушалары. «Микробиор» деп аталатын микроскопиялық шағын жасанды механикалық фагоцит ең алдымен адам қанында табылған микробиологиялық инфекцияларды «қорыту және жою» процесі арқылы жояды.

Бұл диаметрі 3,4 нм және ұзындығы 2,0 нм болатын, дөңгелек немесе жалпақ сфералық пішіні бар, адамның ең тар капиллярлары арқылы да оңай өтуге мүмкіндік беретін және микрофагтарға қарағанда патогендерді шамамен 80 есе жылдам сіңіре алатын наномедициналық құрылғылар. Микробиқоректі организм өзінің барлық тұрақты энергия қажеттіліктерін тікелей қан ағымынан алу алдында бастапқы қуат көзі ретінде сапфирмен қапталған резервуарларда сақталған сығылған оттегі мен глюкозаны пайдаланады. Мақсатты торлы бактериялар микробтық нанороботтардың антиденелеріне тартылады және олармен байланысады. Содан кейін антиденеңің қолы бактерияларды ұстап алады және оны жұтады, онда ол метаболизденеді және белсенді емес компоненттерге айналады.



Бұл нанороботтар макрофагтарға қарағанда тиімдірек және денеде ұзағырақ болу артықшылығына ие. Олар бактериялық инфекцияларды фагоциттер мен антибиотиктердің бірлескен әрекетінен шамамен 1000 есе жылдам жояды

Микроб қоректілер белгілі бір бактерияларды тарту және бекіту үшін олардың бетіндегі бірегей төңкерілген бекіту нүктесін пайдаланады. Байланысқан бактериялар сыртқа шығарылып, оларды бетінен көтеріп, орнында ұстайтын телескопиялық робот арқылы бекітіледі. Содан кейін бактериялар инъекция портына тасымалданады және морцелляция камерасына жіберіледі, онда олар ұстағыштармен ұсталады. Бұл камерадағы микроорганизмдер ыдырап, ұсақ фрагменттерге ыдырайды. Бұл бөлшектелген бөлшектер ас қорыту жолына енеді, онда ас қорытуға көмектесетін ферменттердің белгілі бір жиынтығы оларды күтеді. Содан кейін бөлшектер мононуклеотидтер, табиғи май қышқылдары, қарапайым көмірсулар және аминқышқылдары сияқты маңызды компоненттерге ферментативті әсер ету арқылы ыдырайды

Микроб қоректілер менингит пен жұлын сұйықтығы инфекцияларын емдеу үшін қолданылуы мүмкін.

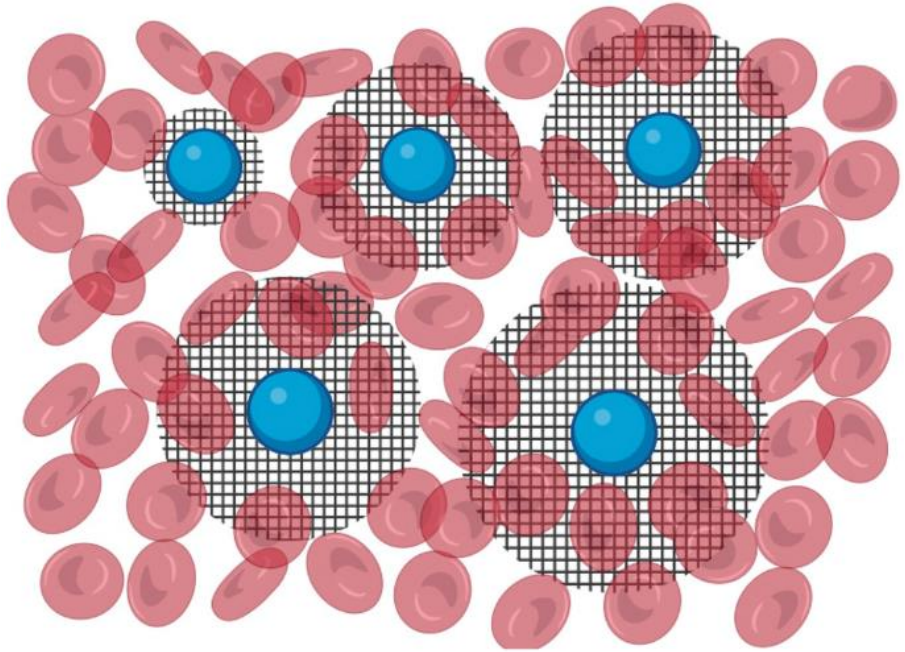
Микроб қоректілер адамның тыныс алу жолдарының шырышты қабаттарында, соның ішінде бронхтар мен трахеяда бактерияларды іздеу және жою операцияларын жасай алады.

Жүре пайда болған иммун тапшылығы синдромы (СПИД) – адамның иммун тапшылығы вирусы (ВИЧ) тудыратын ауыр инфекция, ол көбінесе дәстүрлі дәрілік терапияға төзімді. Сонымен қатар, нанороботтарды СПИД жұқтырған ақ қан жасушаларын бастапқы пішініне айналдыру үшін қолдануға болады, осылайша инфекцияға қарамастан тұрақты иммундық жауапты сақтайды.

КЛОТТОЦИТТЕР

Қанның табиғи ұюы 2-ден 5 минутқа дейін созылуы мүмкін. Нанотехнология қан ұю уақытын және қан жоғалтуды азайту мүмкіндігін көрсетті. Клоттоцит - бұл гемостазды бір секундтан аз уақыт ішінде аяқтай алатын механикалық тромбоцит. Бұл диаметрі 2нм сфералық наноробот, сарысу оксиглюкозасымен жұмыс істейді және бортында ықшам бүктелген талшық торы бар.
Клоттоциттің реакция уақыты табиғи гемостатикалық жүйеге қарағанда 100-1000 есе қысқа. Талшықты тор биологиялық ыдырайтын болады және босатылғаннан кейін тордағы еритін пленка жабыны плазмамен жанасқанда ериді және желім торын ашады.
Борттық клоттоциттік сенсорлар клоттоциттерге бай қан зақымдалған тамырға түскенде ішінара қысымның өзгеруін анықтайды, бұл оның денеден қан ағып жатқанын көрсетеді. Акустикалық импульстарды қолдану арқылы бұл анықтау көрші клоттоциттерге тез беріледі. Бұл құрылғыны белсендірудің мұқият басқарылатын каскадын жылдам таратуға мүмкіндік береді. Талшық торының жабысқақтығы қан жасушаларында антигендермен байланысу арқылы қан жасушаларын басып алатын қан тобына тән болады. Әрбір тор жанындағы торды қабаттап, қызыл қан жасушаларын тартып, қан кетуді дереу тоқтатады.

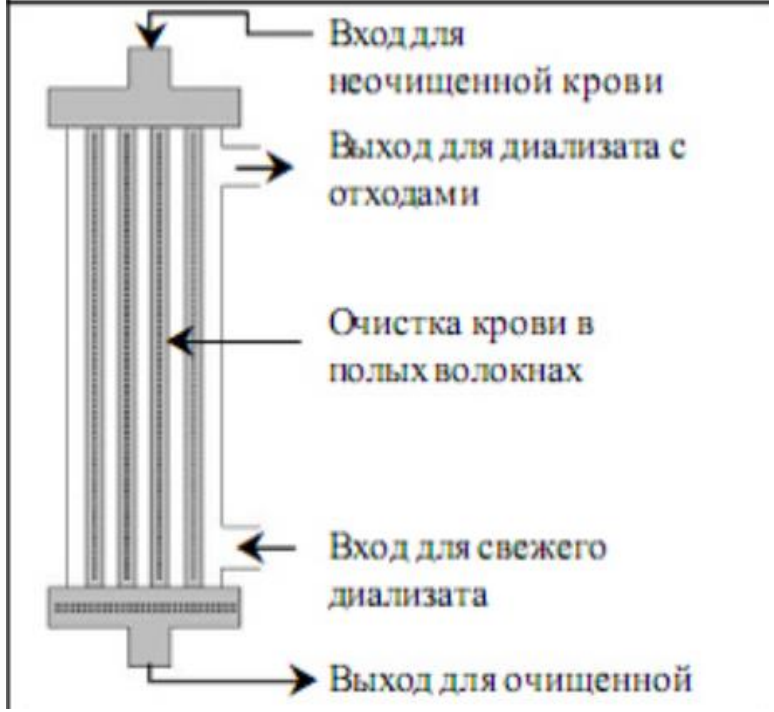
Клоттоциттер қандағы концентрацияның 1/10000 концентрациясында табиғи тромбоциттермен бірдей дерлік ұю функциясына ие, яғни қанның текше миллиметріне 20 клоттоцит. Тромбоциттердің негізгі қауіптілігі механикалық тромбоциттердің белсенділігінің жоғарылауы көптеген микротромбтардың түзілуіне әкелетін диссеминацияланған тамырішілік коагуляцияны тудыруы мүмкін.



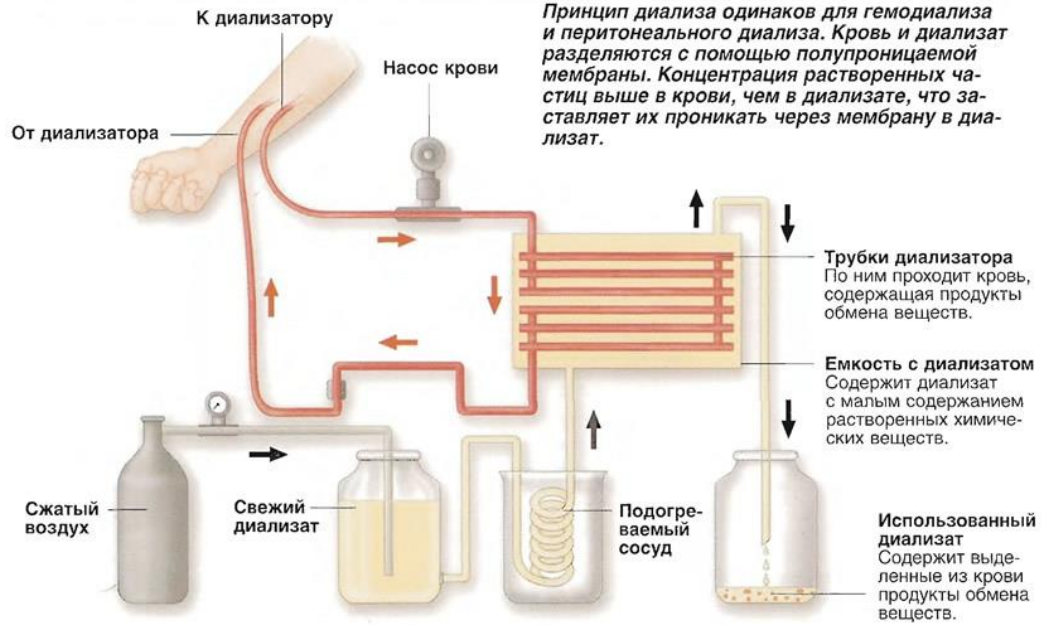
Гемодиализ



Структура диализатора

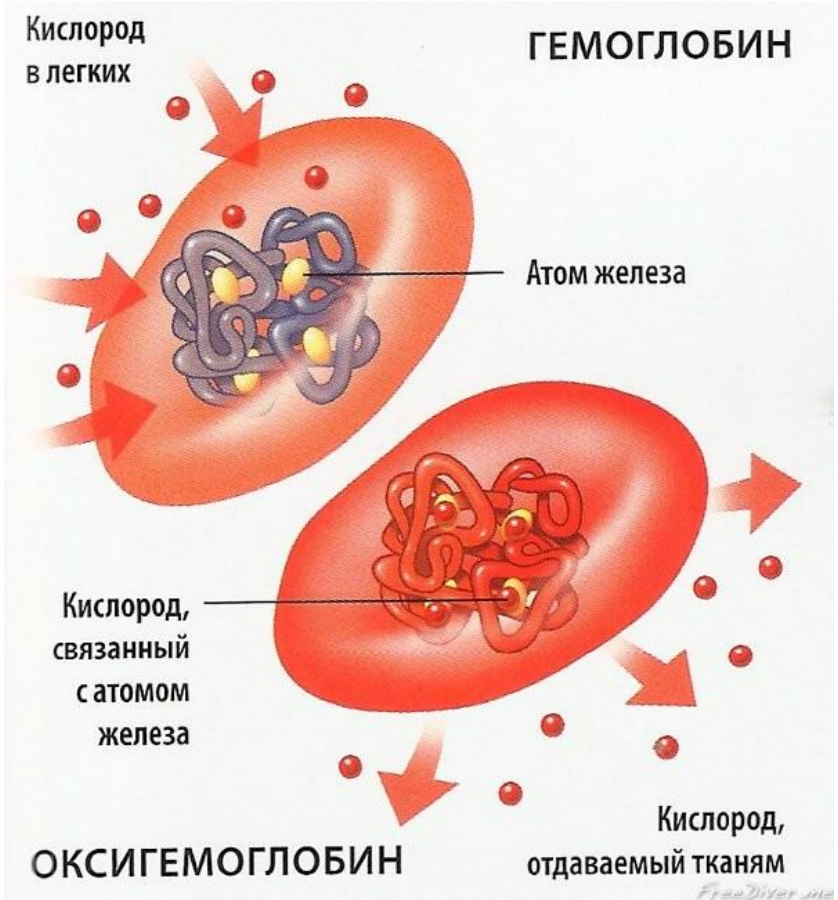


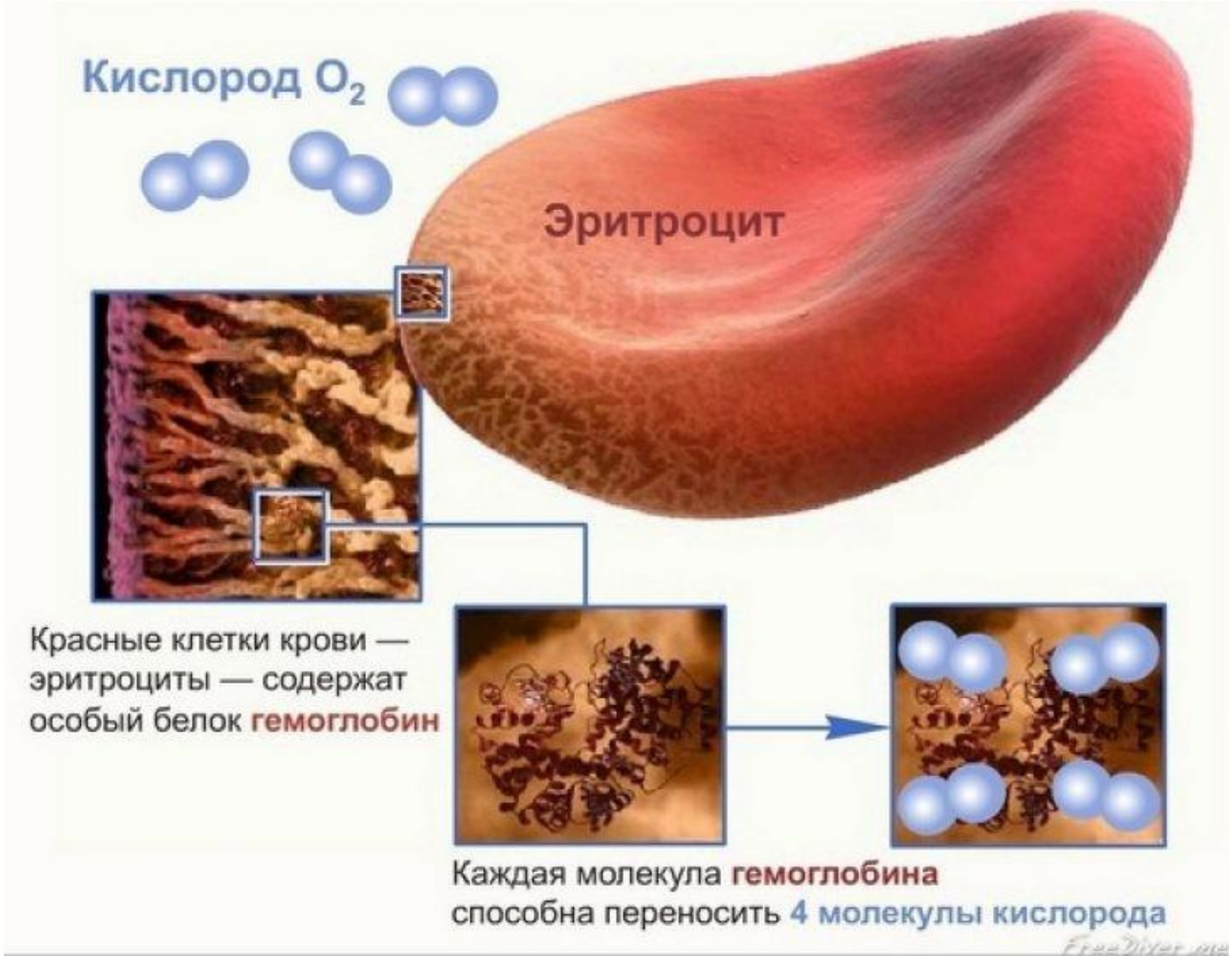
Как происходит диализ



Транспорт углекислого газа и кислорода в крови

Транспорт кислорода





Большая часть кислорода (примерно 98%) транспортируется в крови в связанном с гемоглобином виде

Один молекула гемоглобина связывает четыре молекулы кислорода, образуя оксигемоглобин

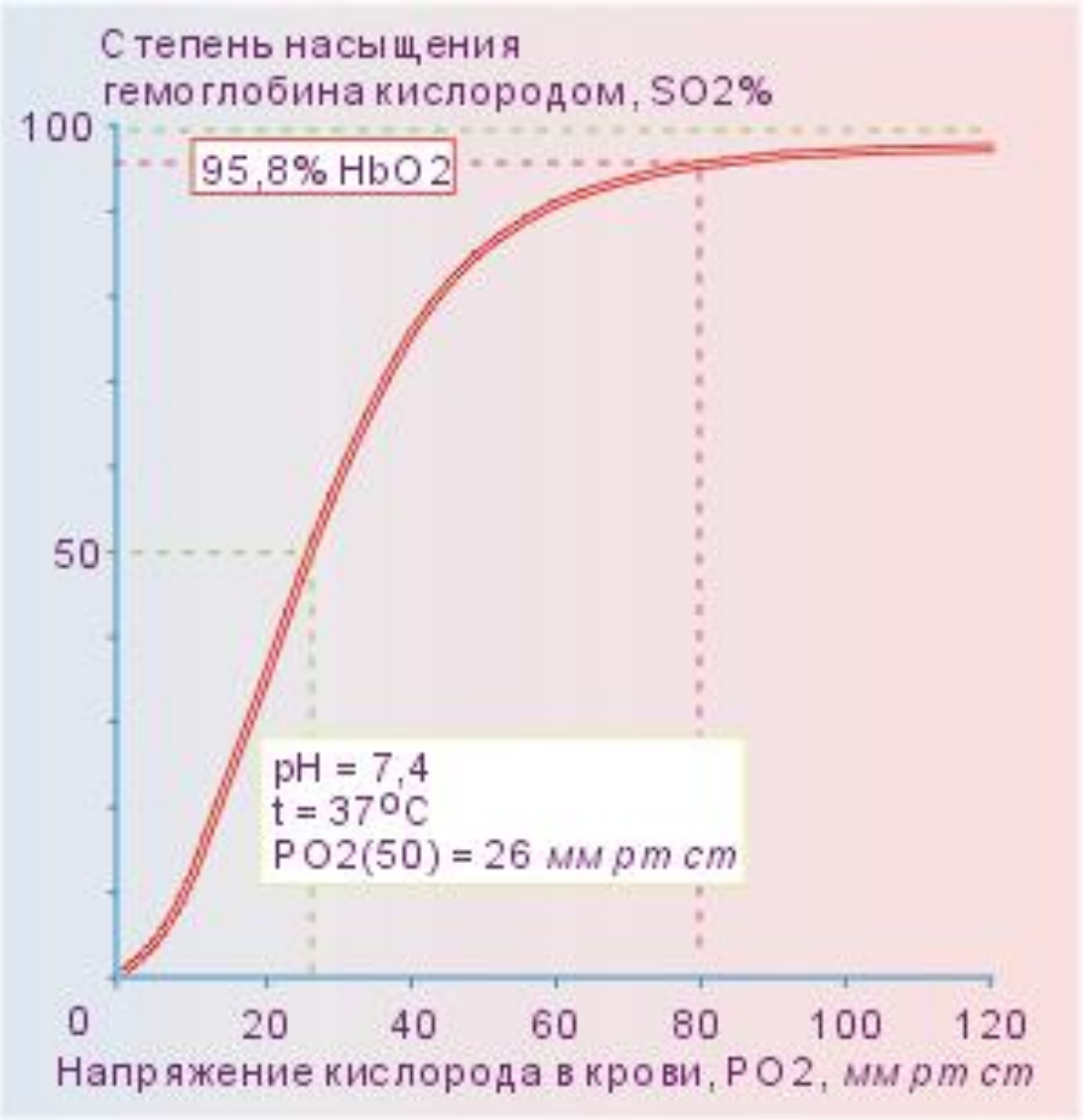
Более высокое парциальное давление кислорода (**PO_2**) в легких способствует связыванию кислорода, а более низкое PO_2 в тканях — его высвобождению

Снижение **pH** снижает аффинитет гемоглобина к кислороду, что помогает отдаче кислорода тканям

Более высокая **температура** также снижает аффинитет гемоглобина к кислороду

Аффинитет гемоглобина — это способность молекулы гемоглобина связываться с кислородом.

КРИВАЯ ДИССОЦИАЦИИ ОКСИГЕМОГЛОБИНА



Кривая диссоциации оксигемоглобина - это график, отображающий зависимость от напряжения кислорода в крови скорости реакций связывания (ассоциации, стрелка вправо) кислорода гемоглобином в лёгких и высвобождения (диссоциации, стрелка влево) кислорода оксигемоглобином в тканях.

Эта кривая имеет S -образную форму. Простейшим её параметром может служить значение независимой переменной (проекция точки кривой на ось абсцисс), характеризующая её положение. Эта точку обозначили как напряжение полунасыщения гемоглобина кислородом, PO2(50). Это такое напряжение кислорода в крови, при котором насыщение гемоглобина кислородом, SO2 составляет 50%. В норме (при pH =7,4 и t = 37oC) PO2(50) артериальной крови составляет около 26 мм рт ст (3,46 кПа).

Транспорт углекислого газа в крови

ТРИ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

- физически растворенный газ - 25 мл в 1 литре крови
- химически связанный в бикарбонатах (510 мл в 1 литре крови): бикарбонатов плазмы - 340 мл, эритроцитов - 170 мл
- связанный в карбаминовых соединениях гемоглобина: $Hb{\cdot}NH_2 + CO_2$ - около 45 мл в 1 литре крови
- **Всего в венозной крови содержится 58 об%** CO_2

Примерно 5–10% CO_2 растворяется в плазме и переносится в этой форме.

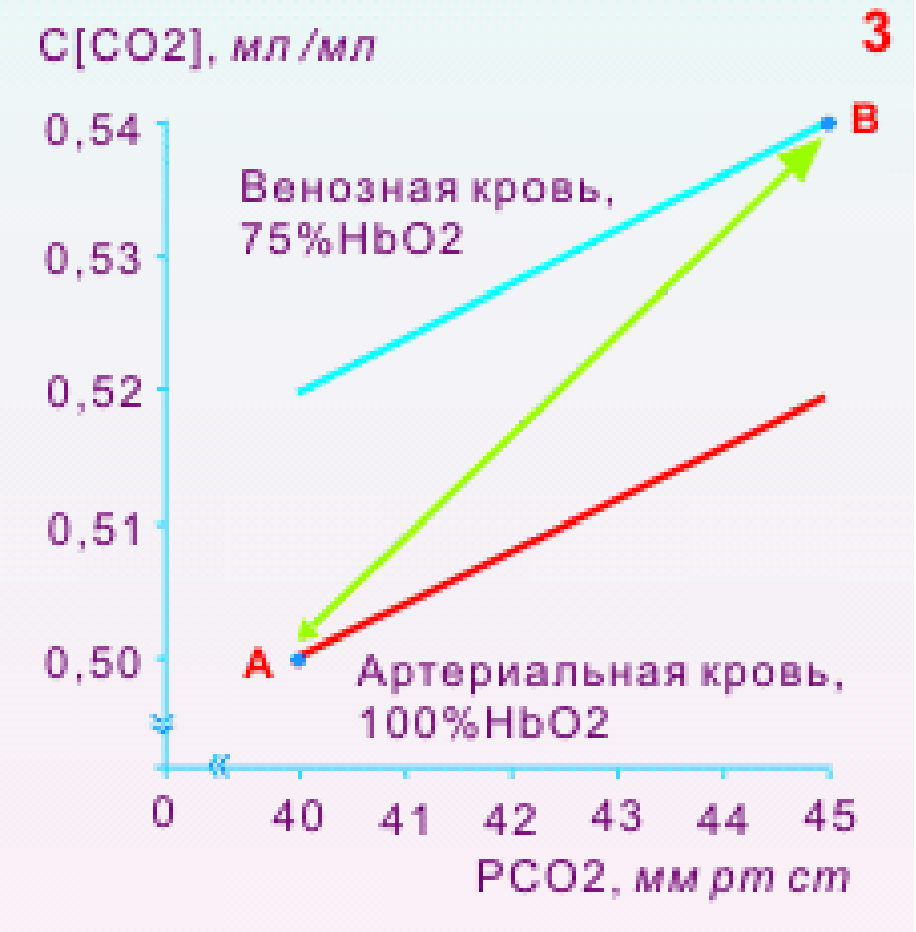
Около 70% CO_2 преобразуется в ионы бикарбоната в эритроцитах, где углекислый газ вступает в реакцию с водой (катализируется ферментом карбоангидразой).

Примерно 20–25% CO_2 связывается с аминогруппами гемоглобина, образуя карбгемоглобин.

Эффект Холдейна

Существует одна зависимость - зависимость концентрации двуокиси углерода в крови от степени оксигенации крови. Эта зависимость по имени первооткрывателей называется **зависимостью Христиансена-Дугласа-Холдейна**, а её проявление **эффектом Христиансена-Дугласа-Холдейна**

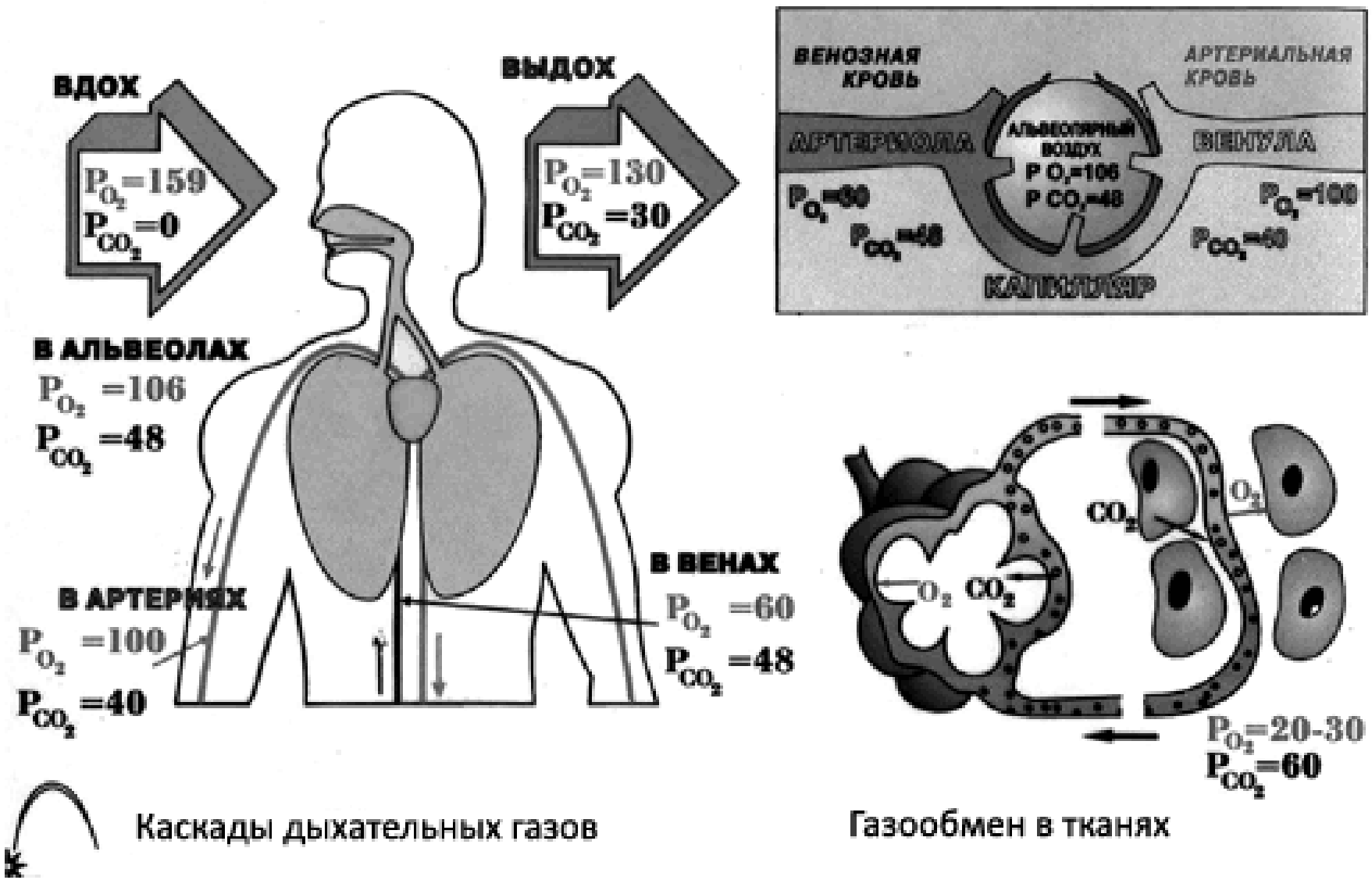
На графике показан участок зависимости концентрации двуокиси углерода от напряжения углерода, **PCO2** для значений от ~40 до ~45 *мм рт ст*. Синяя линия - участок зависимости, соответствующий венозной крови микрогемациркуляторного русла тканей. Для такой крови степень насыщения гемоглобина кислородом составляет 75%. Красная линия - участок той же зависимости, соответствующий артериальной крови микрогемациркуляторного русла лёгких. Для такой крови степень насыщения гемоглобина кислородом составляет 100%.



Точка B на линии синего цвета показывает, что нормальному значению **PCO2** = 45 *мм рт ст* в тканях соответствует концентрация связанного кровью **CO2** равная ~54 *мл* **CO2** / *мл* крови. При входе крови в микрогемациркуляторное русло лёгких **PCO2** уменьшается до значений ~40 *мм рт ст*. Если бы степень насыщения гемоглобина кислородом оставалась равной 75% (синяя линия) при **PCO2** ~40 *мм рт ст* концентрация **CO2** стала бы ~0,52 *мл* / *мл*. Призошло бы снижение концентрации **CO2** на ~0,02 *мл* / *мл*. Однако, поскольку степень насыщения гемоглобина кислородом в лёгких увеличивается до 100%, проявляет себя зависимость Христиансена-Дугласа-Холдейна и реально концентрация **CO2** снижается до ~0,5 *мл* / *мл*, то есть в двое больше (точка A на линии красного цвета). Зеленая линия на графике, отображающая реальные процессы переноса **CO2** из тканей и из легких, называется **эффективной кривой связывания и высвобождения CO2** .

Таким образом, эффект Холдейна приблизительно удваивает количество двуокиси углерода, высвобождаемое кровью в альвеолярную смесь газов и приблизительно удваивает количество двуокиси углерода высвобождаемое в кровь в тканях. Другими словами, приблизительно ~50% всей двуокиси углерода выводится из организма за счет снижения напряжения двуокиси углерода на 5 *мм рт ст*, а остальное количество двуокиси углерода выводится за счет наличия зависимости Христиансена-Дугласа-Холдейна, то есть за счет повышения напряжения кислорода (от 40 *мм рт ст* до 100 *мм рт ст*), степени насыщения гемоглобина кислородом (от 75% до 100%).

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ



Каскады дыхательных газов

Газообмен в тканях

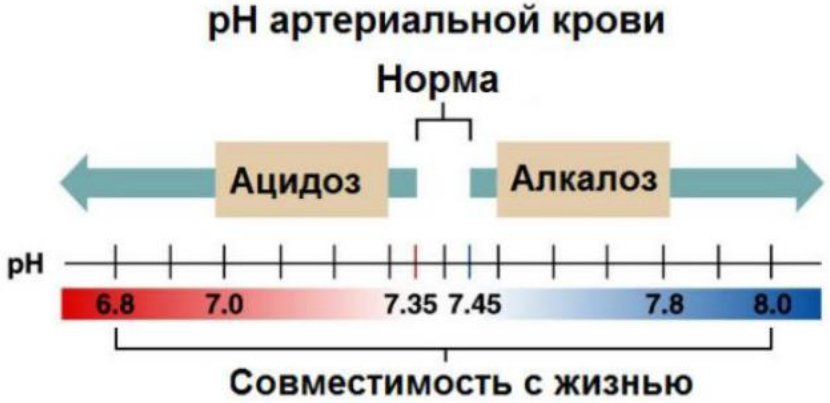
В альвеолах высокий PO_2 и низкий PCO_2, что способствует связыванию кислорода с гемоглобином и высвобождению CO_2 из крови

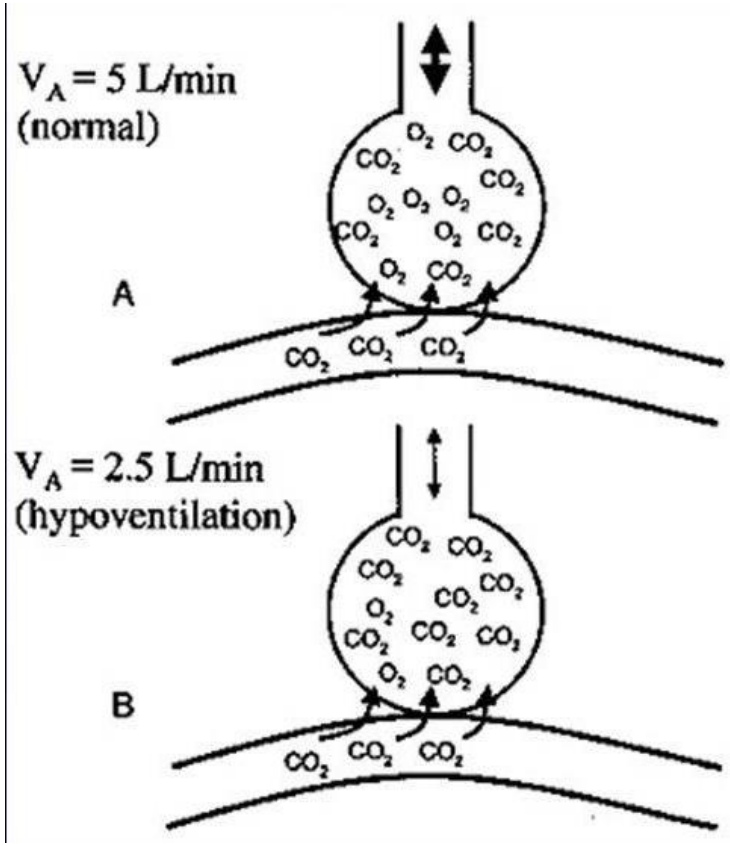
Ткани имеют низкий PO_2 и высокий PCO_2, что вызывает высвобождение кислорода из гемоглобина и связывание CO_2

Клинические аспекты и патологии

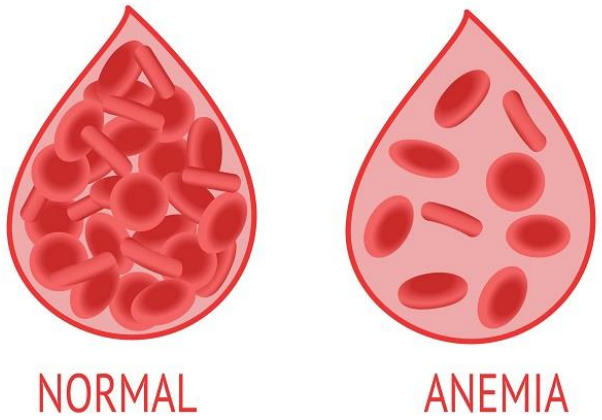
Гипокси́я, или **кислоро́дная недоста́точность** — пониженное содержание кислорода в организме и ли отдельных органах и тканях





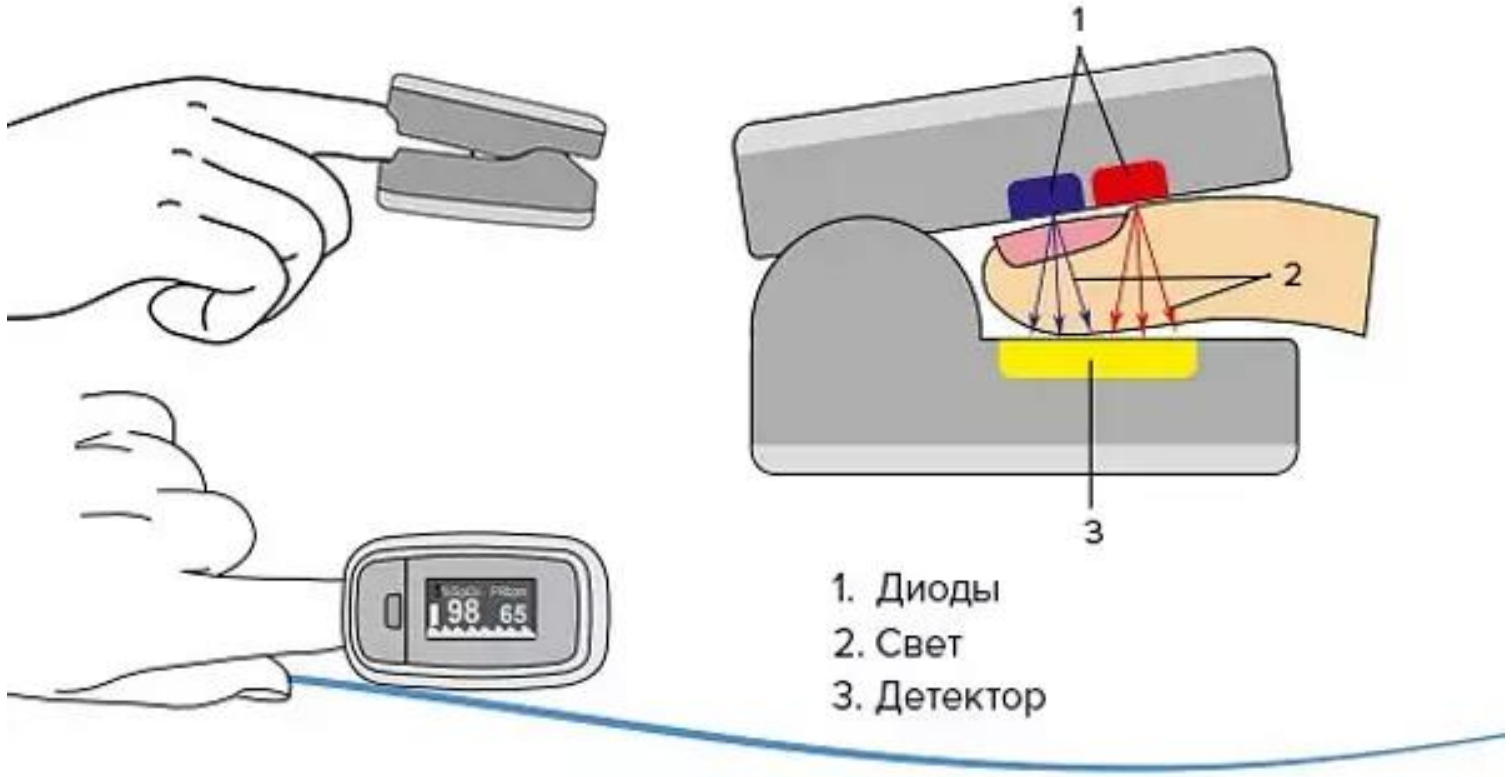


Гиперкапни́я — состояние, вызванное избыточным количеством CO_2 в крови; отравление углекислым газом



Анемия – патологическое состояние, характеризующееся уменьшением количества эритроцитов и гемоглобина крови

Пульсоксиметры





Устройство постоянно измеряет разницу между поглощением сигнала в красной и инфракрасной области. При прохождении через ткани кровь пульсирует. Прибор рассчитывает число этих колебаний, подсчитывая пульс.

Анализаторы газов крови

Кислород (PO_2) измеряется с помощью полярографического или гальванического электрода. При попадании кислорода на специальный электрод возникает электрохимическая реакция, величина тока от которой пропорциональна концентрации кислорода в крови.

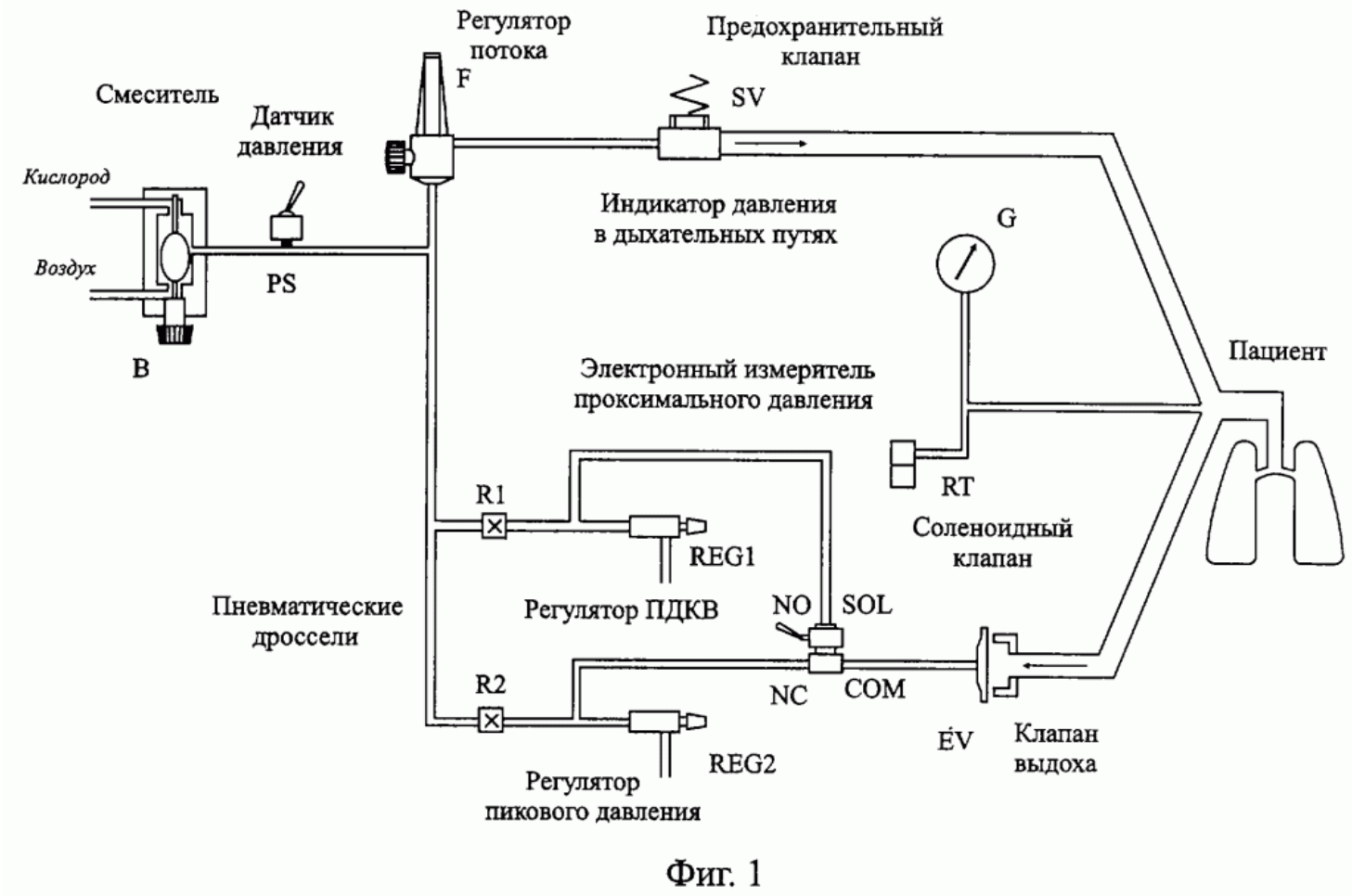
Углекислый газ (PCO_2) измеряется с помощью pH-электрода в специальной камере, которая реагирует на CO_2. Когда CO_2 растворяется в растворе, он образует угольную кислоту, влияющую на pH. Изменения pH дают представление об уровне CO_2.

pH крови измеряется с помощью стеклянного pH-электрода, который реагирует на концентрацию ионов водорода, определяя кислотность пробы.



Аппарат искусственной вентиляции легких

Искусственные дыхательные аппараты, обеспечивающие насыщение кислородом и вывод углекислого газа при дыхательной недостаточности



Фиг. 1

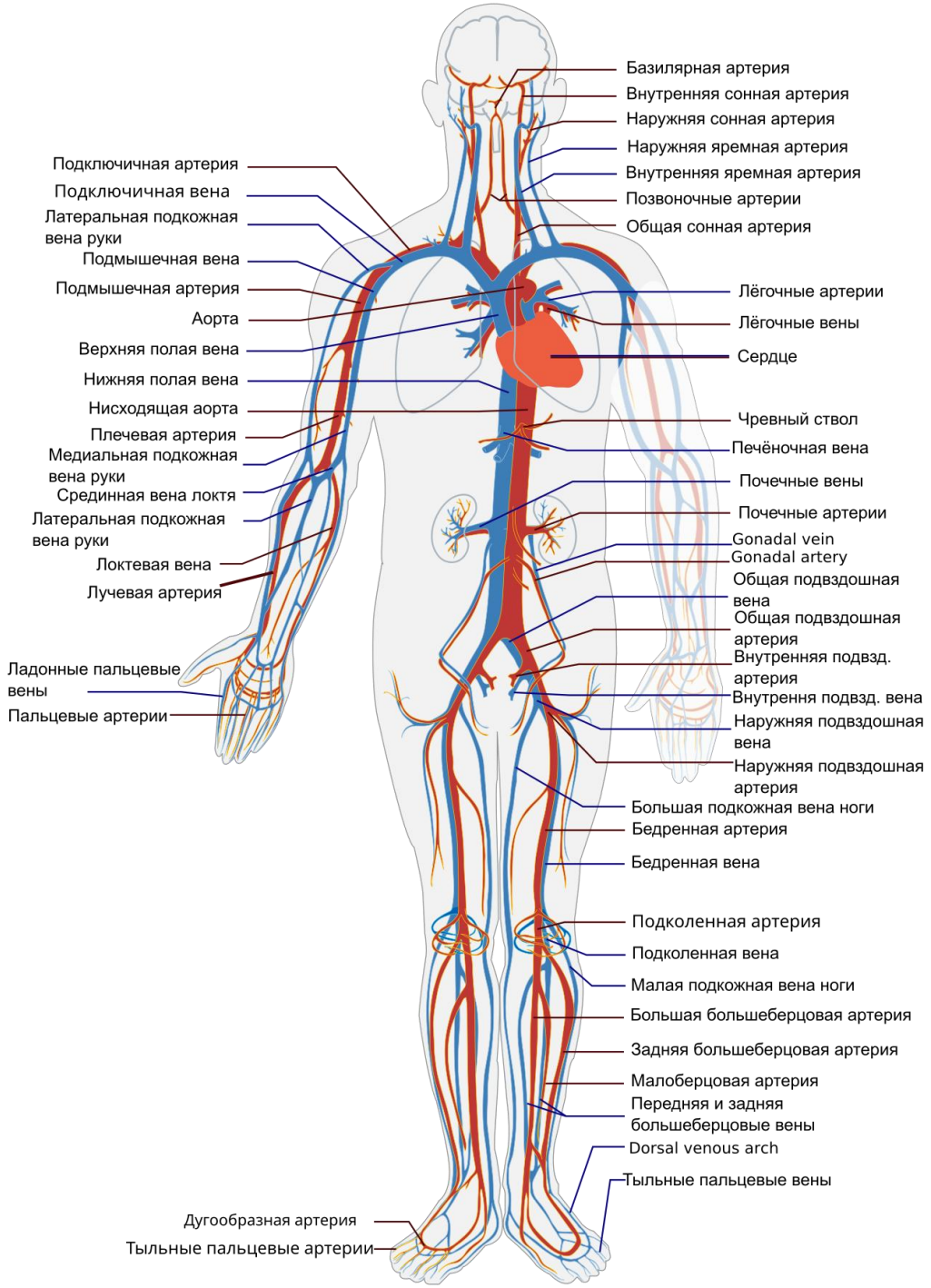


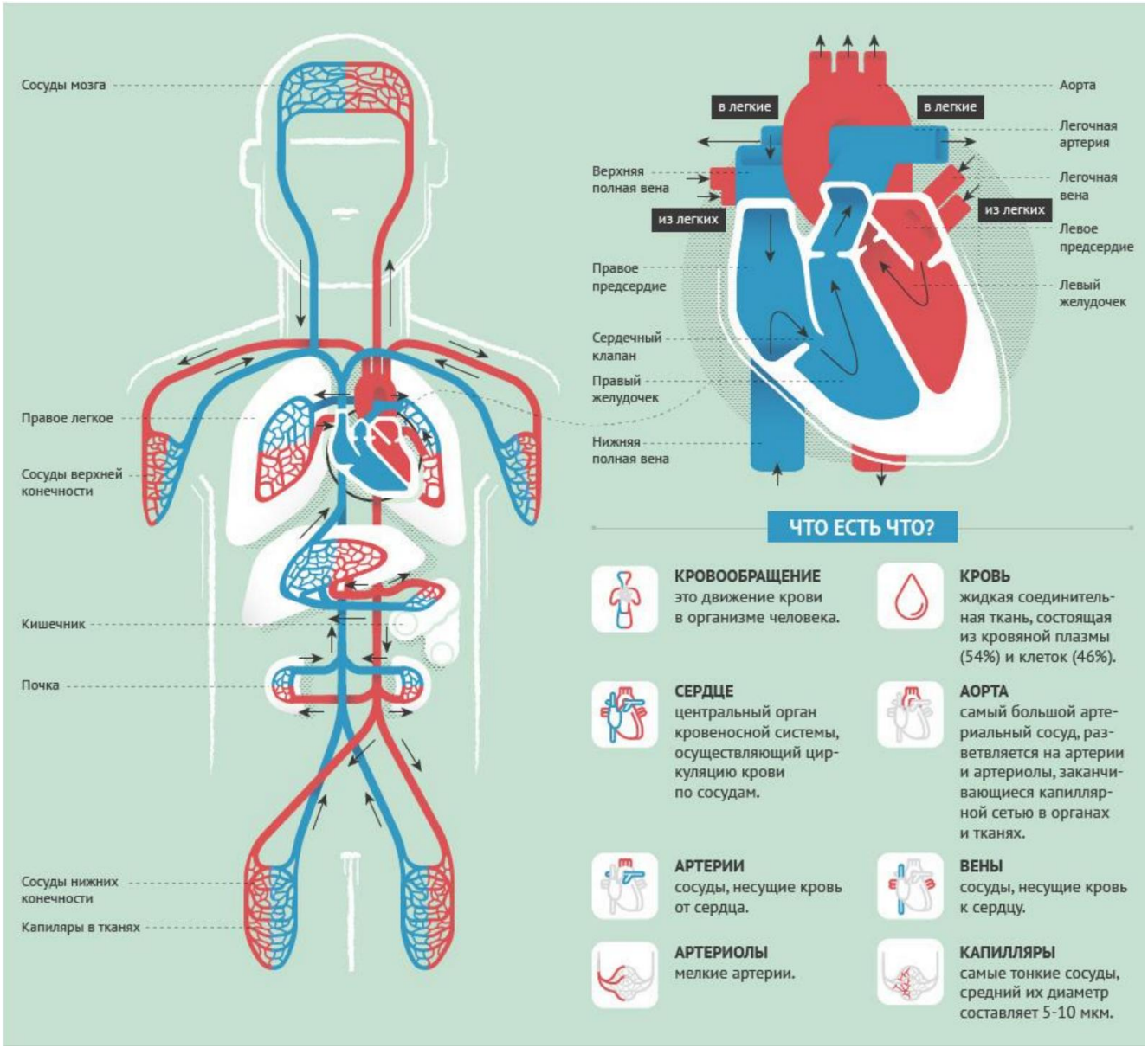
Денедегі қан айналымының заңдылықтары

Қанайналым жүйесі — денедегі қан немесе гемолимфаның үздіксіз қозғалысын қамтамасыз ететін тамырлар мен қуыстардың жүйесі.

Қан тамырлары:

- қанды жүректен алып шығып, организмге тасымалдайтын қызыл тамырларға — **артерияларға**,
- қанды организмнен жүрекке алып келетін көк тамырларға — **веналарға** және
- оларды өзара байланыстырып организмдегі жасушалық және ұлпалық деңгейде үздіксіз жүретін зат алмасу процестерін қамтамасыз ететін **микроайналым арнасының қан тамырларына** (қызыл тамырша — **артериола**, қылтамыр - **капилляр**, көк тамырша — **венула**) бөлінеді.





Үлкен қанайналым шеңбері

Үлкен қанайналым шеңбері -жүректің сол жақ қарыншасынан қолқа артериясы қантамырынан басталады. Оттекке қанықкан қан алдымен қолқаға, одан ірі және ұсақ артерия қантамырларына жеткізіледі. Қан артерия қантамырларымен ішкі мүшелерге, жүректің өзіне, бұлшықеттерге, сүйектерге барады. Мүшелерде артерия қантамырлары тарамдалып, қылтамырларға бөлінеді. Қылтамырлардың жұқа қабырғалары арқылы қан дене жасушаларына қоректік заттар мен оттекті таратады. Жасушалардан көмірқышқыл газын қажетсіз өнімдерді жинап, вена қанына айналады. Вена қаны вена қантамырлармен жүректің оң жақ жүрекшесіне құяды.

Кіші қанайналым шеңбері

Кіші қанайналым шеңбері - жүректің оң жақ қарыншасынан өкпе артериясы қантамырынан басталады.Ондағы вена қаны өкпе артериясы қантамыры арқылы өкпеге келеді. Өкпеде артерия қантамырларынан түзілген қылтамырлар торында газ алмасады. Қан оттекке қанығып, көмірқышқыл газынан тазартылады да, вена қаны артерия қанына айналады. Одан төрт өкпе вена қантамырлары арқылы артерия қаны жүректің сол жақ журекшесіне құйылады. Қан сол жақ жүрекшеден сол жақ қарыншаға өтіп, қайтадан үлкен қанайналым шеңберінің қантамырларына бағытталады.Кіші қанайналым шеңбері —> жүректің оң жақ қарыншасынан басталып —> өкпеге қан тартады —> жүректің сол жақ жүрекшесімен аяқталады.Кіші қанайналым шеңбері деп аталу себебі - қан тек өкпеге барып, оны оттегімен байытылады да қайтадан жүрекке келеді.

Жүрек-тамыр жүйесінің әртүрлі бөліктеріндегі қан тамырларының сипаттамасы

	Аорта	Артерио-лы	Капил-ляры	Венулы	Вены полые (верхняя и нижняя)
Диаметр сосуда	2,5 *см*	30 *мкм*	8 *мкм*	20 *мкм*	по 3 *см*
Суммарный просвет, $см^2$	4,5	400	4500	700	10
Линейная скорость кровопотока	120—0 (ср. 40) *см/сек*	4 *мм/сек*	0,5 *мм/сек*	—	20 *см/сек*
Давление крови, *мм рт. ст.*	120/70	70—30	30—15		15—0
Объем крови в данном участке сосудистого русла (% от общего объема крови)*	10**	5	5		Все вены большого круга 50

*Объём крови в полостях сердца — 15%; объем крови в сосудах малого круга — 18%.

** Включая артерии большого круга.

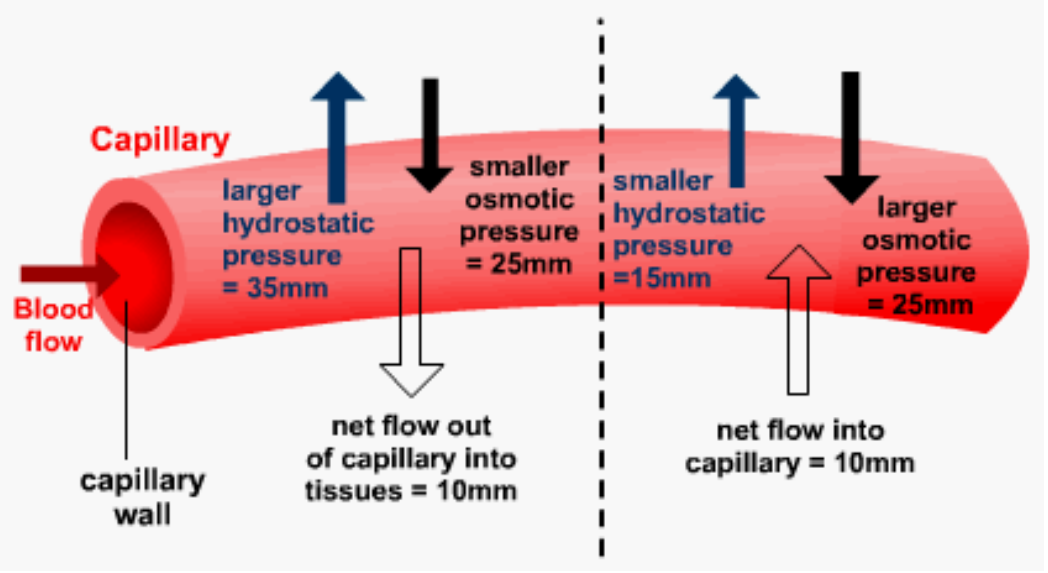
Аорта мен дененің артериялары қан жоғары қысымда болатын резервуар болып табылады (адамдар үшін норма шамамен 120/70 мм Hg). Жүрек қанды артерияларға жеке порциялармен айдайды. Бұл кезде тамырлардың серпімді қабырғалары созылады. Осылайша, диастола кезінде олармен жинақталған энергия артериялардағы қан қысымын белгілі бір деңгейде ұстап тұрады, бұл капиллярлардағы қан ағымының үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Артериялардағы қан қысымының деңгейі минуттық көлем мен перифериялық тамырлардың кедергісі арасындағы байланыспен анықталады. Соңғысы, өз кезегінде, артериолалардың тонусына байланысты, олар, былайша айтқанда, «қан айналым жүйесінің краны». Артериолалардың тонусының жоғарылауы қанның тамырлардан шығуын қиындатады және қан қысымын арттырады; олардың тонусының төмендеуі кері әсерді тудырады. Дененің әртүрлі бөліктерінде артериолалардың тонусы басқаша өзгеруі мүмкін.

Капиллярлардағы қанның гидростатикалық қысымы капиллярлардан тіндерге сұйықтықтың өтуіне ықпал етеді; Бұл процеске қан плазмасының онкотикалық қысымы кедергі жасайды.

Қан капилляр бойымен қозғалғанда қарсылыққа ұшырайды, оны еңсеру үшін энергия қажет етеді. Нәтижесінде капилляр бойындағы қан қысымы төмендейді. Бұл жасушааралық кеңістіктерден капиллярлық қуысқа сұйықтықтың ағуына әкеледі. Сұйықтықтың бір бөлігі лимфа тамырлары арқылы жасушааралық кеңістіктерден шығады.

Сезімтал электроманометрлерге қосылған микроканюляларды енгізу арқылы ұлпалардың жасушааралық кеңістіктеріндегі сұйықтық қысымын тікелей өлшеу бұл қысымның атмосфералық қысымға тең емес, сынап бағанасы бойынша 5-10 мм төмен екенін көрсетті. Бұл парадоксальды болып көрінетін факт сұйықтықтың белсенді айдалуы тіндерде пайда болуымен түсіндіріледі. Тіндерді пульсирленген артериялар мен артериолалар және жиырылатын бұлшықеттер арқылы мезгіл-мезгіл қысу тіндік сұйықтықтың лимфа тамырларына итерілуіне әкеледі, олардың клапандары оның тіндерге оралуына кедергі жасайды. Бұл жасушааралық кеңістіктерде теріс (атмосфералыққа қатысты) қысымды сақтайтын сорғыны жасайды. Жасушааралық кеңістіктерден сұйықтықты кетіретін сорғылар капиллярлық қысымның айтарлықтай ауытқуымен де тіндерге сұйықтықтың үздіксіз ағынын жеңілдететін тұрақты вакуум жасайды.

Бұл қанның негізгі функциясының - қан мен тіндер арасындағы заттардың алмасуының сенімділігін қамтамасыз етеді. Дәл осы сорғылар қан плазмасының онкотикалық қысымының күрт төмендеуі (және нәтижесінде қанға ұлпа сұйықтығының реабсорбциясының төмендеуі) жағдайында лимфа жүйесі арқылы сұйықтықтың жеткілікті ағып кетуіне бір мезгілде кепілдік береді. Осылайша, бұл сорғылар шынайы «перифериялық жүректі» білдіреді, оның қызметі артериялардың серпімділік дәрежесіне және бұлшықеттердің мерзімді белсенділігіне байланысты.



Тіндерден қан венулалар мен веналар арқылы өтеді. Үлкен қан айналым жүйесінің веналарында денедегі барлық қанның жартысынан көбі бар. Қаңқа бұлшықеттерінің жиырылуы мен тыныс алу қозғалыстары қанның оң жақ атриумға өтуін жеңілдетеді. Бұлшықеттер олардың арасында орналасқан тамырларды қысып, қанды жүрекке қарай сығады (венада клапандардың болуына байланысты қанның кері ағуы мүмкін емес).

Әрбір тыныс алу кезінде кеудедегі теріс қысымның жоғарылауы қанның жүрекке тартылуына көмектеседі. Жеке мүшелердің – жүректің, өкпенің, мидың, бауырдың, бүйректің, көкбауырдың қан айналымы осы мүшелердің спецификалық қызметтеріне байланысты бірқатар ерекшеліктерімен ерекшеленеді.

Әртүрлі мүшелер мен тіндердің әрекетінің қарқындылығы үнемі өзгеріп отырады, сондықтан олардың әртүрлі заттарға қажеттілігі де өзгереді. Қан ағынының өзгермеген деңгейімен тіндерге оттегі мен глюкозаның жеткізілуі осы заттардың ағып жатқан қаннан толық пайдаланылуына байланысты үш есе артуы мүмкін. Дәл осындай жағдайларда май қышқылдарының жеткізілімі 28 есе, амин қышқылдары 36 есе, көмірқышқыл газы 25 есе, ақуыз алмасу өнімдері 480 есе және т.б. ұлғаюы мүмкін. Демек, қан айналымы жүйесінің «маңыздылығы» оттегі мен глюкозаны тасымалдау болып табылады. Сондықтан қан ағымы тіндерді оттегімен және глюкозамен қамтамасыз ету үшін жеткілікті болса, барлық басқа заттарды тасымалдау үшін жеткілікті. Тіндерде әдетте гликоген түрінде тұндырылған глюкозаның айтарлықтай қорлары болады; оттегі қоры іс жүзінде жоқ (жалғыз ерекшелік - бұлшықет миоглобинімен байланысты оттегінің өте аз мөлшері). Сондықтан тіндердегі қан ағымының қарқындылығын анықтайтын негізгі фактор олардың оттегіге қажеттілігі болып табылады. Қан айналымын реттейтін механизмдердің жұмысы ең алдымен осы ерекше қажеттілікті қанағаттандыруға бағытталған.

Қан айналымын реттеу процестері артериолалардың тонусын және минуттық көлемнің мәнін өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Артериолалардың тонусын сопақша мида орналасқан қан тамырларын қозғалқыш орталық реттейді. Бұл орталық вегетативтік жүйке жүйесінің орталықтары арқылы тамыр қабырғасының тегіс бұлшықеттеріне импульстарды жібереді. Артериялық жүйедегі қажетті қан қысымы артериолалар бұлшықеттерінің тұрақты тонустық жиырылуы жағдайында ғана сақталады, бұл симпатикалық жүйке жүйесінің тамыр тарылтатын талшықтары арқылы осы бұлшықеттерге жүйке импульстарының үздіксіз ағынын қажет етеді. Бұл импульстар 1 секундта 1-2 импульс жиілігімен жүреді. Жиіліктің жоғарылауы артериолалардың тонусының жоғарылауына және қан қысымының жоғарылауына әкеледі, ал импульстік жиіліктің төмендеуі керісінше әсер етеді. Қан тамырларын қозғалқыш орталықтың қызметі қан тамырларының рефлексогендік аймақтарының баро- немесе механорецепторларынан келетін сигналдармен реттеледі.

Жүйке жүйесі артериолалардың тонусынан басқа минуттық көлемнің мәнін де бақылайды, бұл тамырлар арқылы жүрекке келетін қанның мөлшеріне және жүректің жиырылуының энергиясына байланысты. Жүрекке келетін қанның мөлшері веноздық жүйенің сыйымдылығын анықтайтын веноздық қабырғаның тегіс бұлшықеттерінің тонусына, қанның жүрекке оралуын жеңілдететін қаңқа бұлшықеттерінің жиырылу белсенділігіне, сондай-ақ ағзадағы қан мен ұлпа сұйықтығының жалпы көлеміне байланысты. Веналардың тонусы және қаңқа бұлшықеттерінің жиырылу белсенділігі сәйкесінше қан тамырларын қозғалқыш орталықтан және дене қозғалысын басқаратын орталықтардан осы мүшелерге келетін импульстармен анықталады. Қан мен тіндік сұйықтықтың жалпы көлемі оң және сол жүрекшелердің созылу рецепторларында пайда болатын рефлекстермен реттеледі. Оң жақ атриумға қан ағымының жоғарылауы бұл рецепторларды қоздырады, бүйрек үсті бездері альдостерон гормонын өндіруді рефлекторлық басуды тудырады. Альдостерон тапшылығы несеппен Na және Cl иондарының шығарылуының жоғарылауына және нәтижесінде қандағы және ұлпа сұйықтығындағы судың жалпы мөлшерінің төмендеуіне, демек, айналымдағы қан көлемінің төмендеуіне әкеледі. Сол жақ жүрекшенің қанмен созылуының жоғарылауы айналымдағы қан мен тіндік сұйықтық көлемінің төмендеуіне әкеледі. Дегенмен, бұл жағдайда басқа механизм белсендіріледі: созылу рецепторларының сигналдары гипофиздің вазопрессин гормонының шығарылуын тежейді, бұл бүйрек арқылы суды шығарудың жоғарылауына әкеледі. Минуттық көлемнің мәні сонымен қатар бірқатар интракардиальды механизмдермен реттелетін жүрек бұлшықетінің жиырылу күшіне, гуморальды агенттердің әрекетіне және орталық жүйке жүйесіне байланысты.