

**Система крови.
Кровообращение**

Состав и функции крови

Кровь — жидкая соединительная ткань, непрерывно передвигающаяся по сосудам.

Она выполняет важнейшую задачу доставки кислорода, питательных веществ, гормонов ко всем тканям организма и удаления продуктов жизнедеятельности клеток.

Помимо этого, кровь участвует в процессах терморегуляции, поддерживая постоянную температуру тела, и в процессах иммунной защиты организма от микроорганизмов, способных вызвать заболевания.

Кровь состоит из жидкой части — кровяной *плазмы* (примерно 54% объема) и так называемых *форменных элементов крови* — специфических кровяных клеток (46% объема).

Плазма - желтоватая полупрозрачная жидкость, содержащая 90-92% воды и 8-10% различных биологически активных веществ (белков, жиров, углеводов, микроэлементов, витаминов, гормонов, ферментов, продуктов пищеварения и отходов жизнедеятельности).

Из органов пищеварения в плазму крови поступают питательные вещества, которые разносятся ко всем органам.

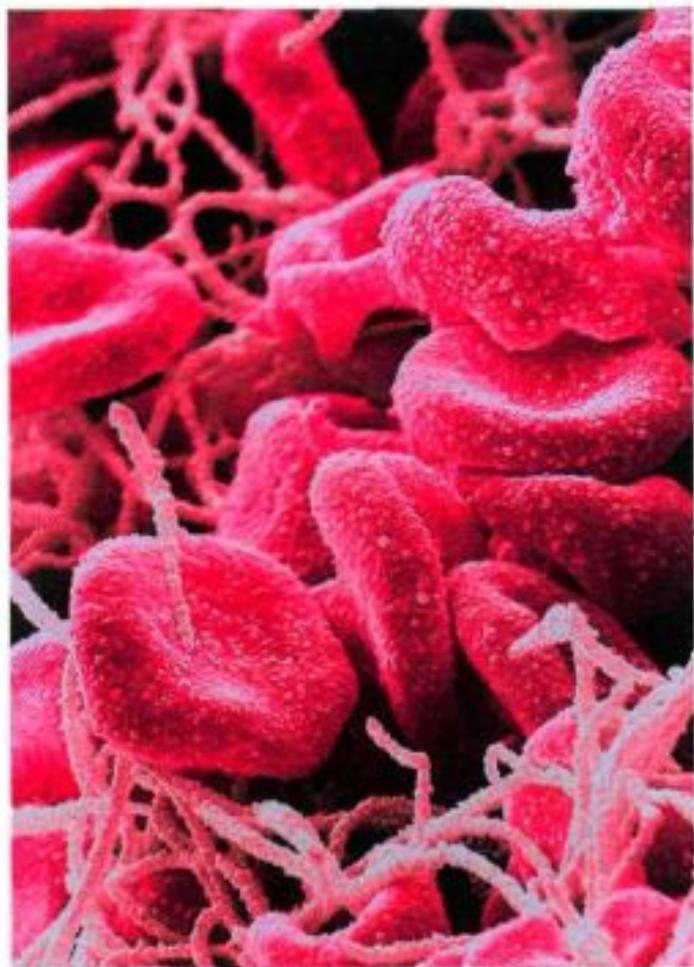
Несмотря на то что с пищей в организм человека поступает большое количество воды и минеральных солей, в плазме крови поддерживается постоянная концентрация минеральных веществ.

Это достигается выделением избыточного количества химических соединений через почки, потовые железы, легкие.

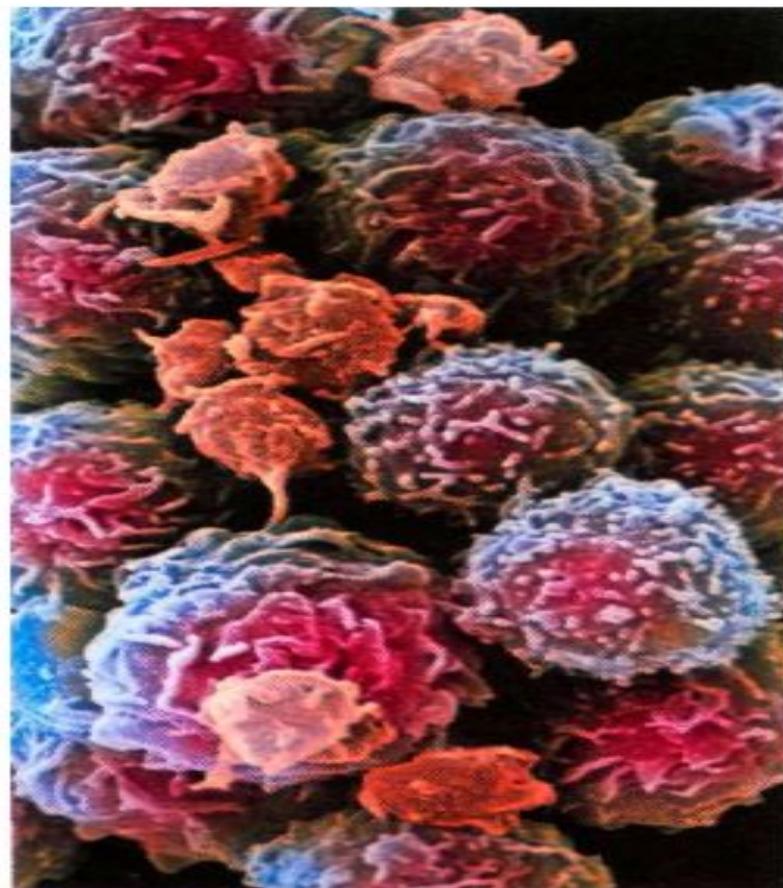
Красные кровяные клетки — *эритроциты* — являются переносчиками кислорода и углекислого газа в крови. У человека их диаметр составляет 7-8 мкм и приблизительно равен диаметру капилляров, а толщина равна 2 мкм.

В 1 мл крови содержится около 5 млн эритроцитов.

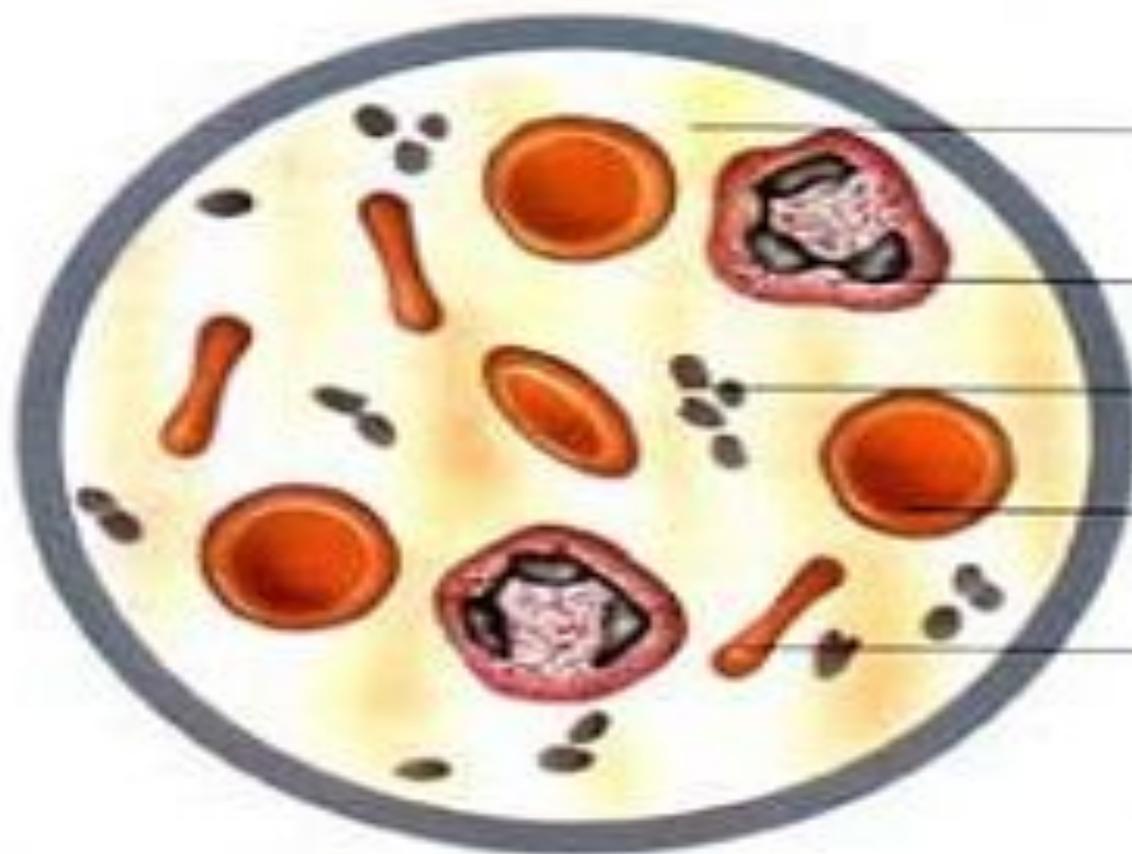
Они образуются в основном в костях черепа, грудине, ребрах, позвонках и лопатках, существуют 3-4 месяца и разрушаются в печени или селезенке в количестве 200 млрд в день.



Красные кровяные тельца под микроскопом.



Тромбоциты под электронным микроскопом.



плазма

лейкоцит

тромбоциты

эритроцит
(вид спереди)

эритроцит
(вид сбоку)

Зрелые формы эритроцитов не имеют клеточного ядра, оно утрачивается в процессе созревания.

Кроме того, они обладают деформабильностью — способностью к обратимым изменениям размеров и формы при прохождении через капилляры.

Благодаря специфическому железосодержащему белку гемоглобину эритроциты способны связывать кислород и переносить его к внутренним органам;

фермент карбоангидраза связывает образующийся в процессе клеточного метаболизма углекислый газ CO_2 , что позволяет эритроцитам выводить его из организма.

Специфическая двояковогнутая форма эритроцита увеличивает эффективную поверхность газообмена.

Гемоглобин активно соединяется не только с кислородом, но и с угарным газом СО, который действует как конкурентный ингибитор: при его наличии перенос кислорода кровью становится невозможным.

Недостаток эритроцитов в крови либо снижение содержания гемоглобина в них называются анемией (малокровием) и вызывают слабость, головокружение, одышку.

Группы крови и резус-фактор. Кровь одного человека не всегда совместима с кровью другого.

В мембране эритроцитов человека содержатся различные антигены — белки-маркеры, в которых закодирована специфичность данной клетки.

При попадании в организм клеток с «чужим» маркером организм стремится повредить и удалить эту клетку — такая реакция является одной из основ иммунной защиты организма.

Однако при необходимости переливания крови эта реакция может привести к тяжелым последствиям: введенная кровь другого человека «не принимается» организмом, развивается склеивание эритроцитов и последующее их разрушение.

Антигенный «портрет» крови получил название группы крови, он отражает содержание в эритроцитах специфических белков, отвечающих за совместимость или несовместимость крови различных людей.

У людей различают четыре группы крови, определяемые по системе АВ0.

Открытие системы принадлежит К. Ландштейнеру, который в 1901 г. обнаружил в эритроцитах людей агглютиногены («маркеры») **A** и **B**, а в плазме крови — агглютинины α и β (антитела — гамма-глобулины).

В зависимости от наличия или отсутствия в крови конкретного человека агглютиногенов и агглютининов группы крови в системе АВ0 обозначаются цифрами и теми агглютиногенами, которые содержатся в эритроцитах данной группы:

I группа (0) — в эритроцитах агглютиногенов нет, в плазме содержатся агглютинины α и β ;

II группа (A) — в эритроцитах содержится агглютиноген A, в плазме — агглютинин β ;

III группа (B) — в эритроцитах находится агглютиноген B, в плазме — агглютинин α ;

IV группа (AB) — в эритроцитах обнаруживаются агглютиногены A и B, в плазме агглютининов нет.

Агглютинация (склеивание эритроцитов с последующим их разрушением) происходит в том случае, если в крови человека встречаются агглютиноген с одноименным агглютинином: агглютиноген А с агглютинином α или агглютиноген В с агглютинином β .

При переливании несовместимой крови в результате агглютинации и последующего гемолиза (распада) эритроцитов развивается гемотрансфузионный шок, который может привести к смерти.

Поэтому было разработано правило переливания небольших количеств крови (200 мл), по которому учитывается наличие агглютиногенов в эритроцитах донора и агглютининов в плазме реципиента.

Таблица 1. Классификация групп крови человека

Группа крови	Присутствие белков	
	агглютиногенов	агглютининов
0(I)	Нет	α и β
A (II)	A	β
B (III)	B	α
AB (IV)	AB	Нет

В плазме крови новорожденных агглютининов (антител) нет.

Они образуются в течение первого года жизни ребенка к тем антигенам, которых нет в его собственных эритроцитах.

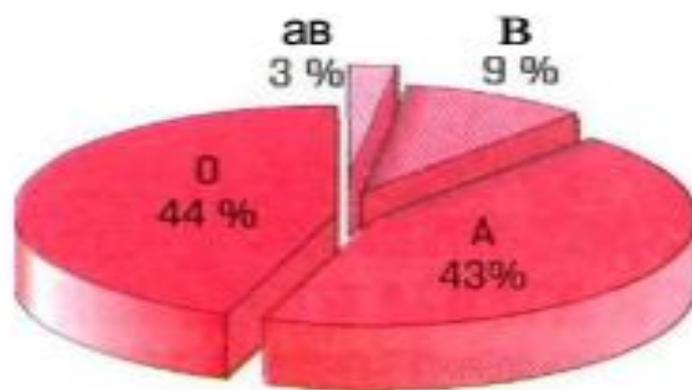
Кроме группы крови, совместимость определяется системой Rh-фактора (резус-система).

Резус-принадлежность крови определяется наличием или отсутствием на поверхности эритроцитов группы специфических белков- «маркеров», называемых резус-фактором (наличие фактора обозначается — Rh+, отсутствие — Rh-).

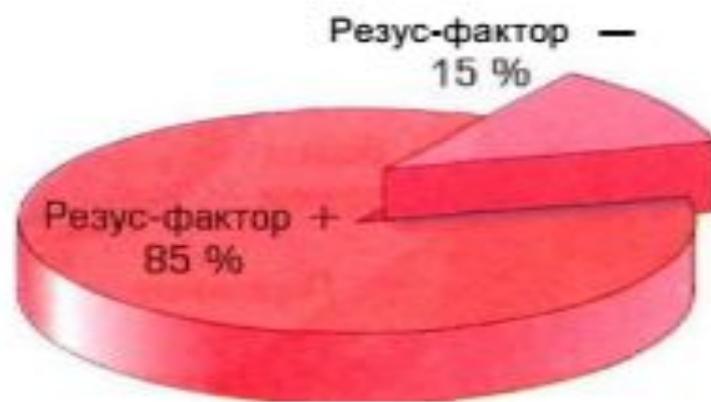
Этот фактор обнаружен в 1940 г. К. Ландштейнером и А. Вейнером у обезьян *Macacus rhesus*, а затем и у человека.

- Около 85% европейцев, 93% африканцев, 99% индейцев и азиатов обладают резус-фактором и соответственно являются резус-положительными.
- Остальные же не имеющие его — резус- отрицательными.

ГРУППЫ КРОВИ СРЕДИ ЕВРОПЕОИДНОЙ РАСЫ



Система ABO



Система резус-фактор

Донор

Резус-фактор

Резус-фактор +

Резус-фактор -

Резус-фактор +

Совместимы

Совместимы

Реципиент

Резус-фактор -

Несовместимы

Совместимы

	Резус-фактор	Резус-фактор +	Резус-фактор -
Резус-фактор +		Совместимы	Совместимы
Резус-фактор -		Несовместимы	Совместимы

При попадании в организм человека с резус-положительным фактором (Rh+) резус-отрицательной крови (Rh-) несовместимости не происходит.

Но при обратной ситуации — попадании Rh-ь-крови в организм человека с резус-отрицательным фактором — развивается тяжелая реакция иммунной несовместимости, нередко приводящая к летальному (смертельному) исходу.

В резус-отрицательной крови нет антител на резус-фактор, но они быстро образуются при попадании резус-положительной крови в организм.

Резус-фактор крови также играет важную роль в формировании гемолитической желтухи новорожденных, возникающей вследствие резус-конфликта матери и эритроцитов плода.

Белые кровяные клетки — лейкоциты — играют важную роль в защите организма от болезней.

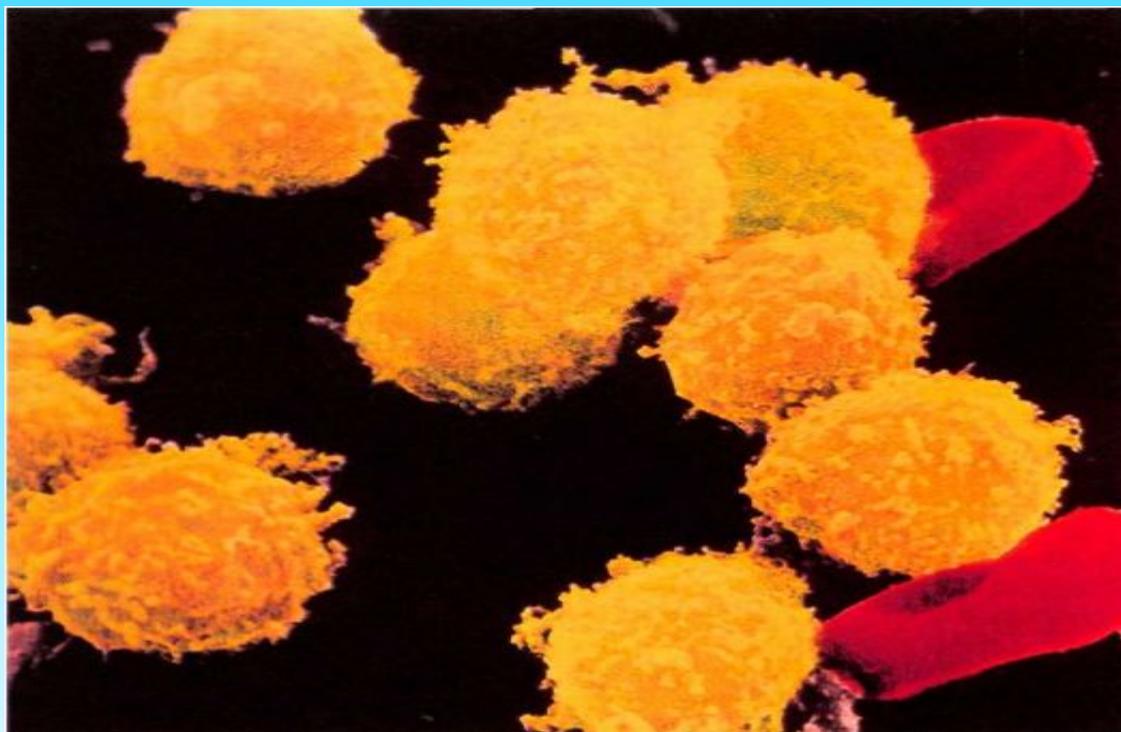
Существует несколько видов лейкоцитов, отличающихся по строению и функциям.

Они бесцветны, поэтому их и называют белыми клетками крови. В 1 мм^3 крови содержится 6–8 тыс. лейкоцитов.

Продолжительность их жизни различна: от нескольких суток до нескольких десятков лет.

- Лейкоциты непрерывно образуются в кроветворных органах — красном костном мозге, селезенке и лимфатических узлах.
- Лейкоциты способны активно передвигаться.

Цветные лейкоциты под электронным микроскопом.



Все лейкоциты имеют ядра, по строению ядра они делятся на два типа.

Гранулоциты имеют разделенное на лопасти ядро, зернистую цитоплазму и способны к амeboидному движению.

Их можно разделить на фагоциты, или нейтрофилы, поглощающие болезнетворные бактерии; эозинофилы и базофилы.

Агранулоциты содержат ядро овальной формы и незернистую цитоплазму.

Они подразделяются на моноциты, поглощающие бактерии, и лимфоциты, вырабатывающие антитела.

Красные кровяные пластинки (тромбоциты) — это фрагменты клеток неправильной формы, обычно лишенные ядра.

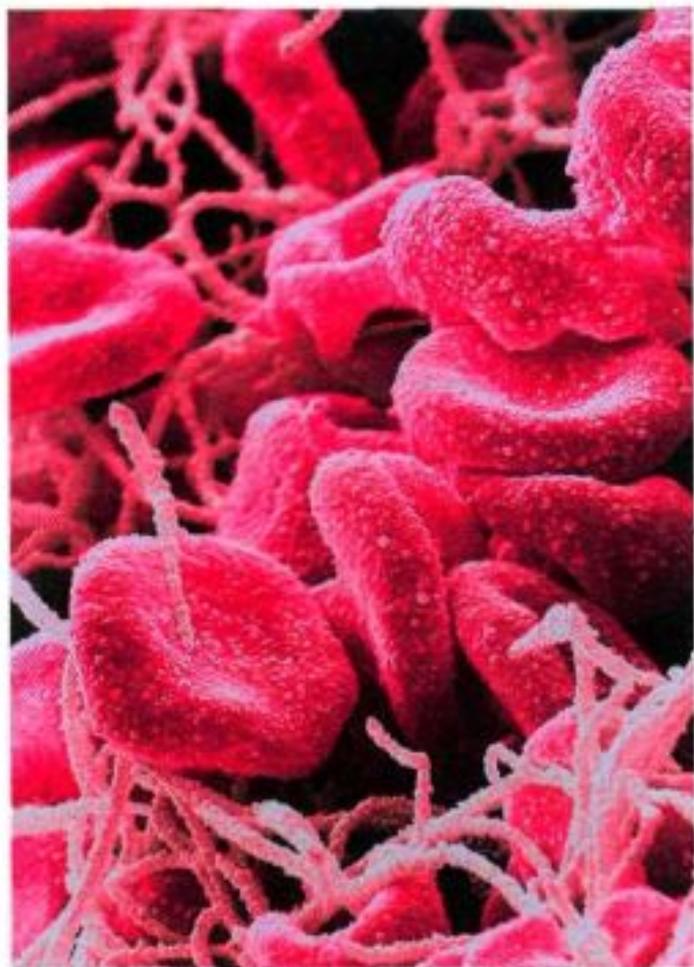
Они образуются в костном мозге; в 1 мл крови содержится около 250 000 тромбоцитов.

Их основное назначение — инициация свертывания крови.

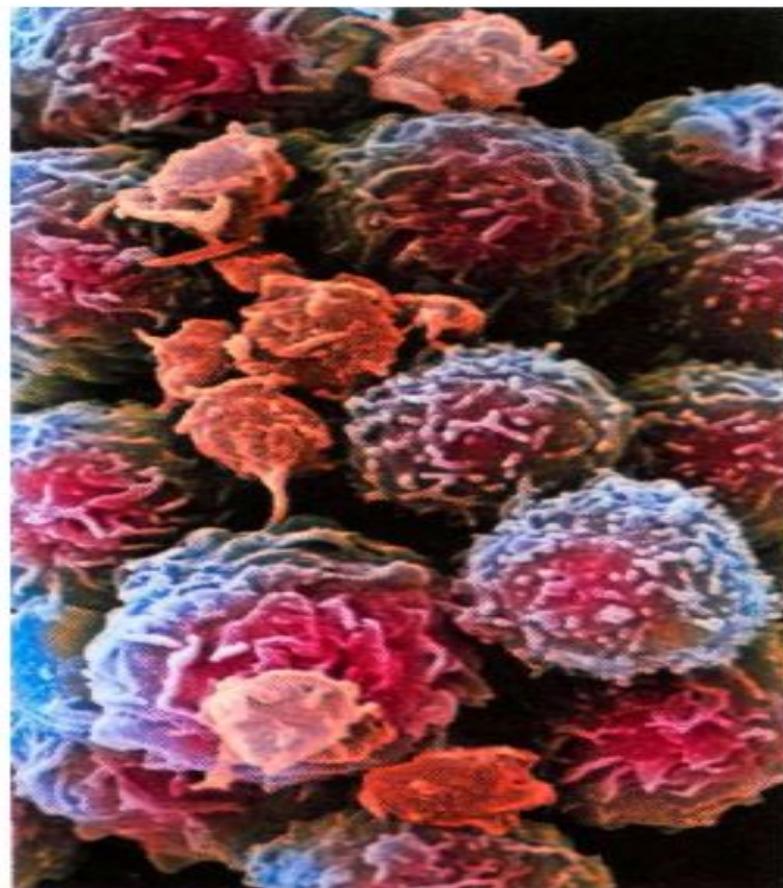
Гемостаз (свертывание крови, или гемокоагуляция) — сложный биологический процесс образования в крови тромбов, в результате чего кровь теряет текучесть.

При разрушении стенки сосуда тромбоциты собираются у места травмы и выделяют тромбопластин, который наряду с кальцием, витамином К и протромбином способствует превращению фибриногена (растворимого белка крови) в фибрин (нерастворимые белковые «нити»).

Образуются сети фибрина, где задерживаются форменные элементы крови.



Красные кровяные тельца под микроскопом.



Тромбоциты под электронным микроскопом.

Сгусток крови, состоящий из нитей фибрина и клеток крови, — **тромб** — закупоривает поврежденное место.

Этот процесс препятствует потере крови организмом при повреждении сосудистого русла и является важным механизмом поддержания гомеостаза — постоянства внутренней среды.

Дисбаланс сложных механизмов системы гемостаза может например, при наследственной болезни гемофилии, характеризующейся повышенной кровоточивостью, приводящей к значительным потерям крови при небольших повреждениях) или, напротив, в тромбообразовании в сосудах с нарушением тока крови (при некоторых болезнях крови или специфических изменениях системы гемостаза в пожилом возрасте).

Стенки капилляров проницаемы для всех компонентов крови, за исключением эритроцитов.

Часть крови уходит через них, образуя межклеточную жидкость.

Именно через эту жидкость и происходит обмен веществ между кровью и тканями.

Значительная часть межклеточной жидкости возвращается в кровь через венозные концы капилляров или лимфатическую систему.

Форменные элементы крови

Форменные элементы	Строение клетки	Место образования	Продолжительность функционирования	Место отмирания	Содержание в 1 мм ³ крови	Функции
Эритроциты	Красные безъядерные клетки крови двояковогнутой формы, содержащие белок-гемоглобин	Красный костный мозг	3-4 мес	Селезенка. Гемоглобин разрушается в печени	4,5-5 млн.	Перенос O ₂ из легких в ткани и CO ₂ из тканей в легкие
Лейкоциты	Белые кровяные амeboобразные клетки, имеющие ядро	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы	3-5 дней	Печень, селезенка, а также места, где идет воспалительный процесс	6-8 тыс.	Защита организма от болезнетворных микробов путем фагоцитоза.

Форменные элементы крови

Форменные элементы	Строение клетки	Место образования	Продолжительность функционирования	Место отмирания	Содержание в 1 мм ³ крови	Функции
						Вырабатывают антитела, создавая иммунитет
Тромбоциты	Кровяные безъядерные тельца	Красный костный мозг	5-7 дней	Селезенка	300-400 тыс.	Участвуют в свертывании крови при повреждении кровеносного сосуда, способствуя преобразованию белка фибриногена в фибрин - волокнистый кровяной сгусток

Особенности состава крови в детском возрасте

С ростом и развитием организма увеличиваются размеры тела и общие энергозатраты, возрастает потребность в кислороде, соответственно этому происходит развитие систем, осуществляющих доставку и транспорт кислорода в легких и в крови.

В тканях совершенствуются метаболические процессы.

По мере дальнейшего индивидуального развития организма улучшаются нейрогуморальная регуляция и координация деятельности механизмов, обслуживающих обмен газов между внешней средой и тканями.

Значительную роль в этих процессах играют возрастные изменения системы крови и кровообращения.

Общее количество крови по отношению к весу тела новорожденного составляет 15%, у детей одного года — 11%, а у взрослых — 7—8%.

При этом у мальчиков оно несколько больше, чем у девочек.

Однако в покое в сосудистом русле циркулирует лишь 40—45% крови, остальная часть находится в депо: капиллярах печени, селезенки и подкожной клетчатки — и включается в кровоток при повышении температуры тела, мышечной работе, при кровопотере и т.п.

Удельный вес крови новорожденных несколько выше, чем у детей старшего возраста, и составляет 1,06–1,08.

Установившаяся в первые месяцы плотность крови (1,052–1,063) сохраняется до конца жизни.

Вязкость крови у новорожденных в 2 раза больше, чем у взрослых, и составляет 10,0–14,8 уел. ед.

К концу первого месяца эта величина снижается и достигает обычно средних цифр – 4,6 уел. ед. (по отношению к воде), такие показатели сохраняются до пожилого возраста.

Биохимические свойства крови в онтогенезе.

У человека химический состав крови отличается значительным постоянством.

Наибольшие отклонения, если за норму принять содержание различных веществ в крови взрослых людей, можно отметить в период новорожденности и в старческом возрасте.

Содержание общего белка в сыворотке крови здоровых новорожденных составляет $5,68 \pm 0,04$ г%.

С возрастом это количество увеличивается, особенно интенсивно нарастая в первые три года.

В 3–4 года эти величины практически достигают уровня взрослых ($6,83 \pm 0,19$ г%), при этом индивидуальные колебания показателей могут быть значительно больше, чем во взрослом возрасте.

Низкий уровень белка в плазме крови у детей первых месяцев жизни объясняется несовершенными механизмами образования белка в организме.

Меняется также соотношение белков плазмы крови – альбуминов и глобулинов, жировых компонентов (липидных, в том числе холестериновых, фракций), ГЛЮКОЗЫ.

Уровень молочной кислоты у грудного ребенка может на 30% превышать таковой у взрослых, что связано с интенсивностью обменных процессов.

С возрастом содержание молочной кислоты в крови ребенка постепенно падает.

Форменные элементы крови в онтогенезе.

Для картины крови ребенка характерна функциональная неустойчивость, выраженная уязвимость к различным внешним факторам.

Процессы кроветворения у ребенка протекают активно и имеют отличия от кроветворения во взрослом возрасте.

При рождении ребенка сохраняются остатки эмбрионального кроветворения в виде очагов кроветворения в печени, селезенке и подкожном жировом слое, которые играют определенную роль в первые годы жизни.

Главное место образования эритроцитов и лейкоцитов у детей раннего возраста – костный мозг всех костей.

Однако уже с 4 лет интенсивность кроветворения снижается, красный (кроветворный) мозг в диафизах длинных костей постепенно превращается в желтый, жировой, и теряет функцию кроветворения.

Этот процесс заканчивается к 12–15 годам.

После этого образование кровяных клеток сохраняется в костном мозгу плоских костей, ребер, тел позвонков и эпифизов трубчатых костей, как и у взрослого человека.

Состав периферической крови у ребенка в первые дни жизни после рождения претерпевает значительные изменения.

Сразу же после рождения красная кровь характеризуется повышенным содержанием гемоглобина и большим числом эритроцитов.

Это обусловлено тем, что при внутриутробном существовании плод находится в условиях относительной кислородной недостаточности и внутриутробный (фетальный) гемоглобин приспособлен к более интенсивному захвату кислорода из материнской крови.

С конца 1-х — начала 2-х суток жизни начинается интенсивный распад эритроцитов, содержащих фетальный гемоглобин, и замена их на эритроциты с «обычным» гемоглобином, приспособленным к внеутробной жизни.

Большое количество эритроцитов и гемоглобина, а также незрелых форм эритроцитов, содержащих ядро, в периферической крови новорожденного свидетельствует об интенсивном образовании эритроцитов красным костным мозгом.

Эритроциты, образованные внутриутробно, быстро распадаются: продолжительность жизни эритроцитов у детей первых дней жизни в 10 раз меньше, чем у взрослых и детей старшего возраста, и составляет 12 дней.

Интенсивным распадом внутриутробных эритроцитов после рождения обусловлена свойственная детям на первых неделях жизни физиологическая желтуха – легкая желтушность склеры глаз, кожных покровов и слизистых оболочек.

Повышенное содержание в крови билирубина, который образуется из гемоглобина распавшихся эритроцитов и имеет интенсивный желтый цвет, приводит к прокрашиванию кожных покровов ребенка.

Выраженная желтуха, вызванная интенсивным распадом эритроцитов, может быть связана с патологическими процессами, например при несовместимости матери и плода по резус-фактору, и представлять угрозу для здоровья ребенка.

У детей от 1 до 2 лет наблюдаются значительные индивидуальные отличия по количеству эритроцитов.

Широкий размах в индивидуальных данных отмечается также от 5 до 7 и от 12 до 14 лет и обусловлен периодами ускоренного роста.

У лиц пожилого и старческого возраста количество гемоглобина несколько снижается, приближаясь к нижней границе нормы зрелого возраста.

Устойчивость эритроцитов к разрушению (гемолизу) при изменении концентрации солей в плазме крови значительно выше у новорожденных и детей грудного возраста, чем у взрослых.

В первые дни жизни ребенка имеются особенности и в количестве лейкоцитов.

В периферической крови число лейкоцитов составляет $18-20 \times 10^9/\text{л}$, причем преобладают нейтрофилы (60–70%).

Лейкоцитарная формула сдвинута влево за счет большого количества палочкоядерных форм, в ней присутствуют также юные (незрелые) формы лейкоцитов.

С возрастом лейкоцитарная формула претерпевает значительные изменения.

Это выражается в снижении числа нейтрофилов и увеличении количества лимфоцитов.

На 5-й день жизни их число уравнивается (так называемый первый перекрест), составляя около 40–44% в формуле белой крови при соотношении нейтрофилов и лимфоцитов 1:1.

Затем происходит дальнейшее увеличение числа лимфоцитов (к 10-му дню до 55–60%) на фоне снижения количества нейтрофилов (приблизительно 30%).

Соотношение между нейтрофилами и лимфоцитами составит уже 1 : 2.

Постепенно к концу 1-го месяца жизни исчезает сдвиг формулы влево, из крови полностью исчезают незрелые формы, содержание палочкоядерных форм снижается до 4–5%.

К началу 2-го года жизни число лимфоцитов начинает уменьшаться, а число нейтрофилов расти соответственно на 3–4% клеток в год, и в 5 лет наблюдается «второй перекрест», при котором количество нейтрофилов и лимфоцитов вновь сравнивается (соотношение 1:1).

После 5 лет процент нейтрофилов постепенно нарастает по 2—3% в год и к 10–12 годам достигает величин, как у взрослого человека, – около 60%.

Соотношение нейтрофилов и лимфоцитов снова составляет 2:1.

Низким содержанием нейтрофилов, а также недостаточной их зрелостью и фагоцитарной активностью отчасти объясняется большая восприимчивость детей младших возрастов к инфекционным заболеваниям.

Содержание эозинофилов, базофилов, моноцитов практически не претерпевает существенных изменений в процессе роста ребенка.

Количество лейкоцитов в дальнейшем снижается до $(7,6-7,9) \times 10^9/\text{л}$.

У детей 10–12 лет число лейкоцитов в периферической крови колеблется в пределах $6-8 \times 10^9/\text{л}$, т.е. соответствует количеству лейкоцитов у взрослых.

Активность тромбоцитарных факторов свертывания крови у новорожденных и детей грудного возраста понижена, что приводит к удлинению времени свертывания крови, особенно у детей с выраженной желтухой (свыше 6–10 мин).

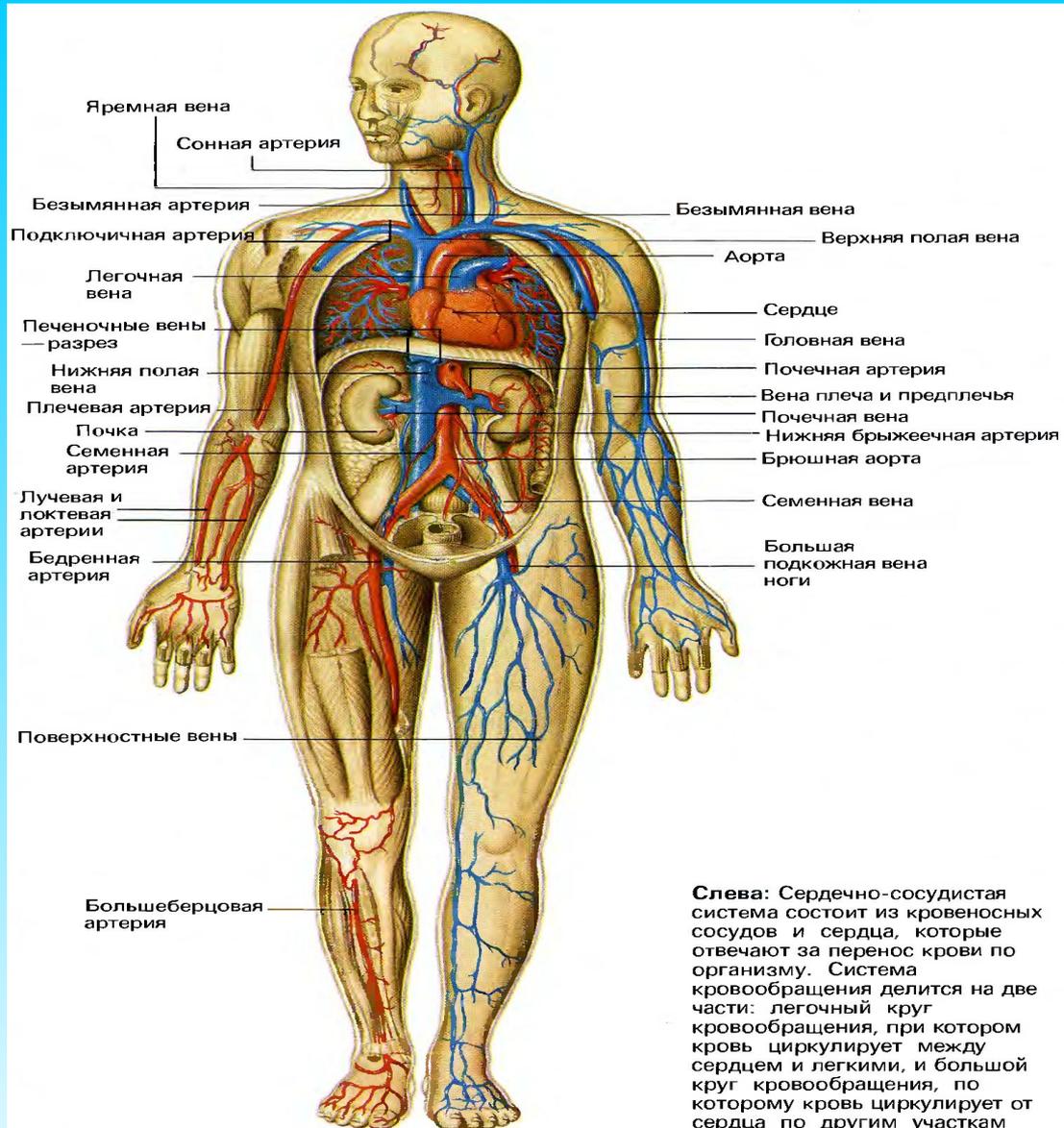
Строение и функции сердечно-сосудистой системы

Непрерывность кровообращения в организме обеспечивается сердечно-сосудистой системой, состоящей из сердца и кровеносных сосудов, которые включают артерии, вены и капилляры.

Сердце — центральный орган кровообращения.

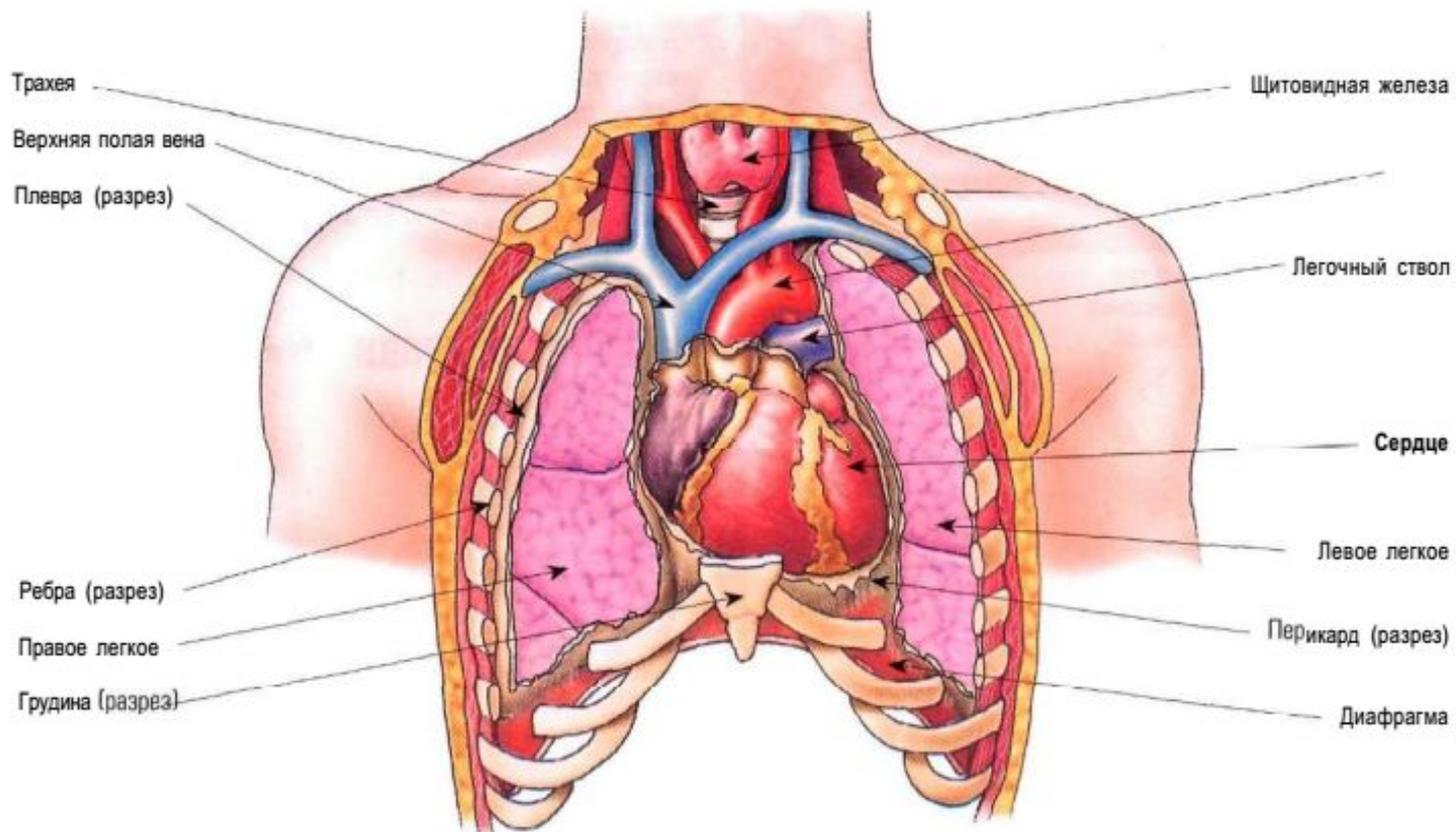
Оно представляет собой полый мышечный орган, состоящий из двух предсердий и двух желудочков, и располагается в грудной полости.

Вес сердца взрослого человека составляет примерно 300 г.

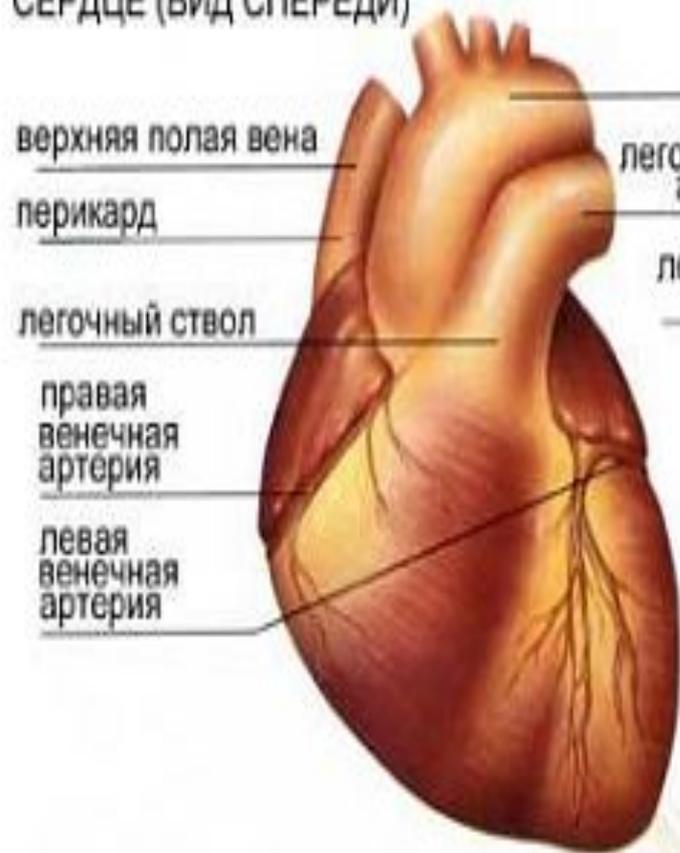


Слева: Сердечно-сосудистая система состоит из кровеносных сосудов и сердца, которые отвечают за перенос крови по организму. Система кровообращения делится на две части: легочный круг кровообращения, при котором кровь циркулирует между сердцем и легкими, и большой круг кровообращения, по которому кровь циркулирует от сердца по другим участкам организма и обратно.

РАСПОЛОЖЕНИЕ СЕРДЦА



СЕРДЦЕ (ВИД СПЕРЕДИ)



верхняя полая вена

перикард

легочный ствол

правая
венечная
артерия

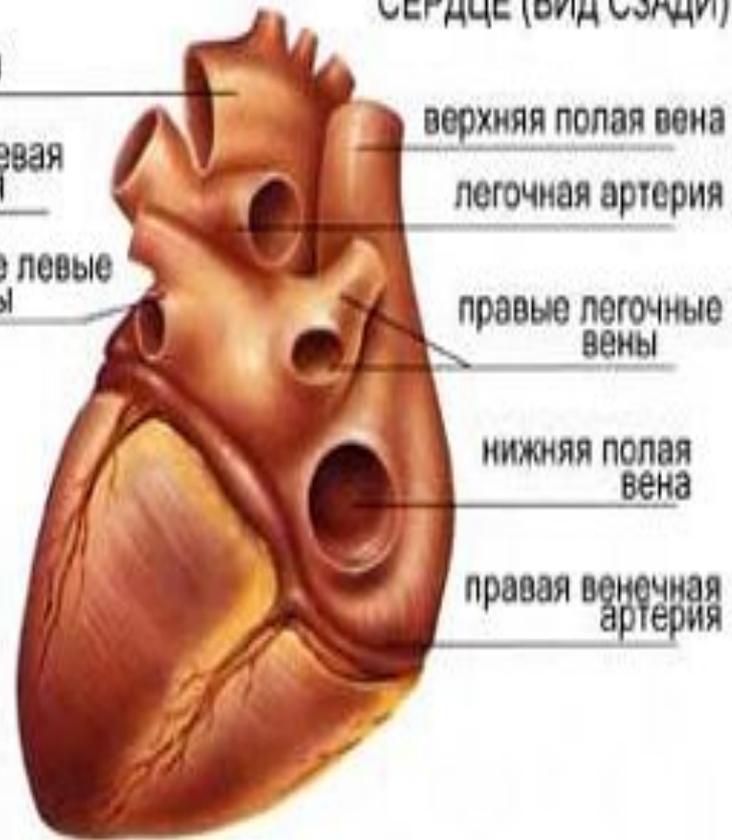
левая
венечная
артерия

аорта

легочная левая
артерия

легочные левые
вены

СЕРДЦЕ (ВИД СЗАДИ)



верхняя полая вена

легочная артерия

правые легочные
вены

нижняя полая
вена

правая венечная
артерия

Основная функция сердца — *ритмическое нагнетание крови из вен в артерии, т.е. создание давления для ее постоянного движения.*

Сердце часто ассоциируют с насосом.

Его отличают исключительно высокие производительность, автоматизм, надежность и скорость процессов, запас прочности и постоянное обновление тканей.

Здоровое сердце представляет собой сильный, непрерывно работающий орган, состоящий из четырех камер.

Мышечная стенка, называемая перегородкой, делит сердце на левую и правую половины.

В каждой половине находится две камеры.

Верхние камеры называются предсердиями, нижние – желудочками.

Два предсердия разделены межпредсердной перегородкой, а два желудочка — межжелудочковой перегородкой.

На границе между желудочками и предсердиями имеются отверстия, которые могут закрываться и открываться при помощи специальных клапанов.

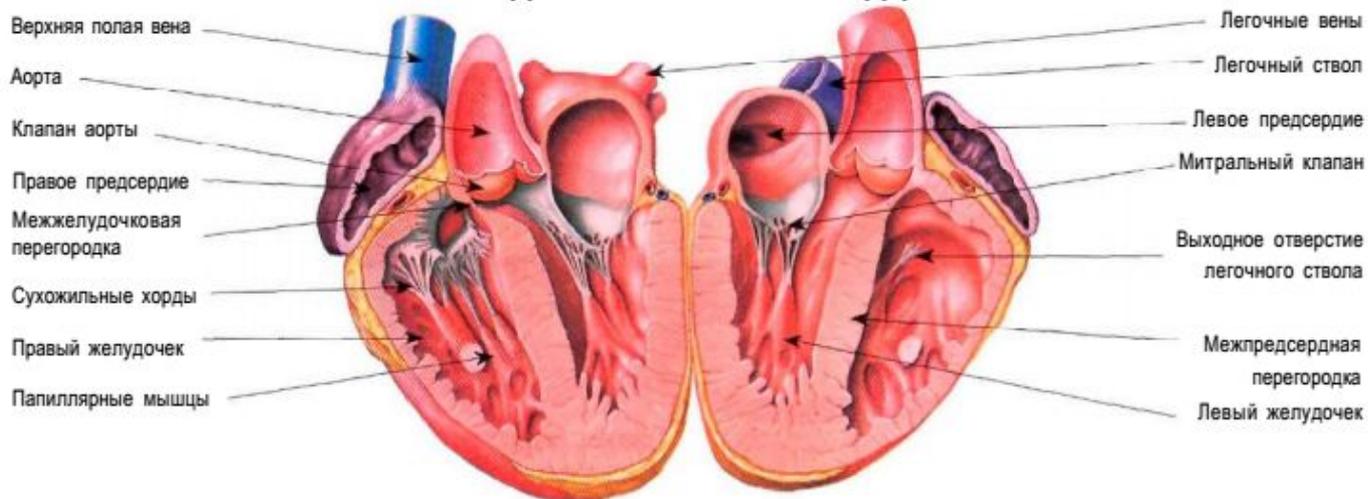
Клапаны состоят из створок, открывающихся только в полость желудочков, благодаря чему обеспечивается движение крови в одном направлении.

В левой половине сердца клапан образован двумя створками и называется двустворчатым, или митральным.

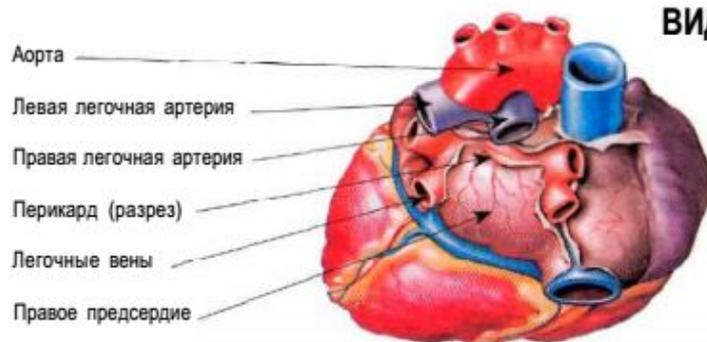
Между правым предсердием и правым желудочком находится трехстворчатый клапан, а между желудочками и артериями — полулунные клапаны.

Они также обеспечивают ток крови в одном направлении — из желудочков в артерии.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ СЕРДЦА

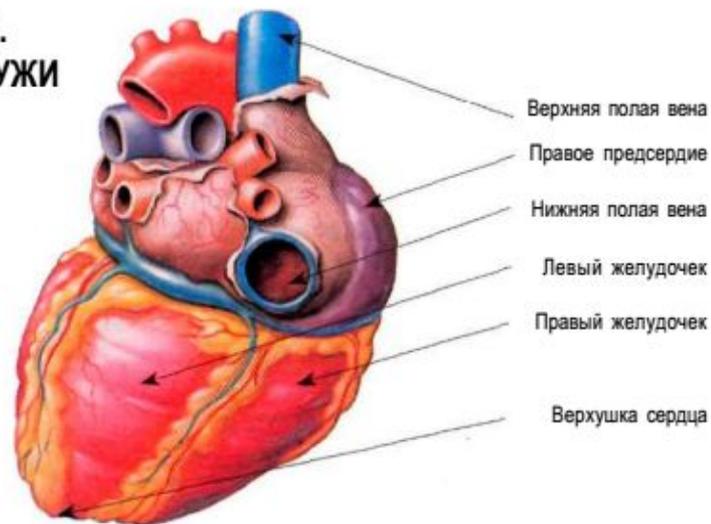


СЕРДЦЕ. ВИД СНАРУЖИ



Вид сзади

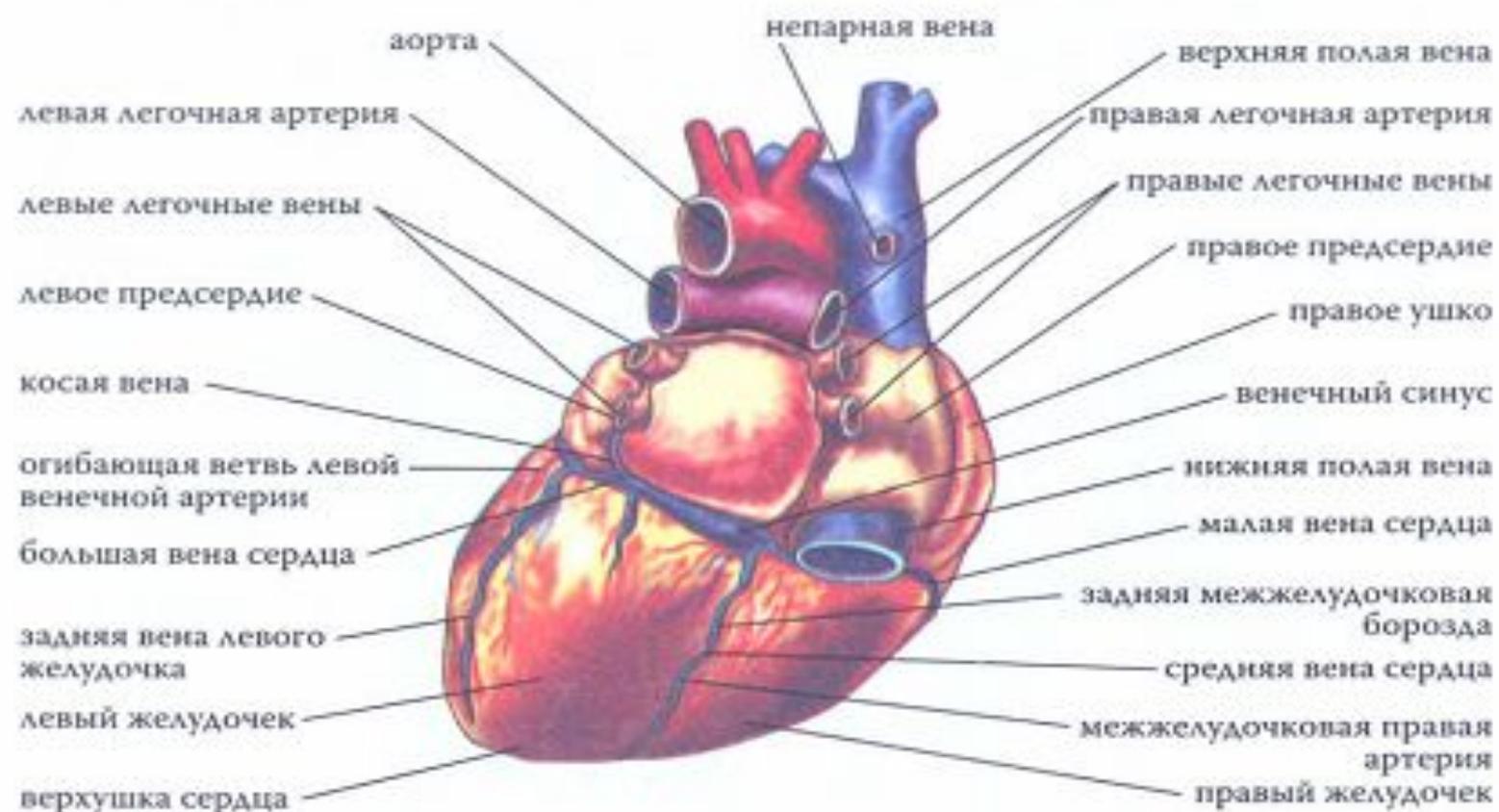
Вид со стороны
диафрагмы



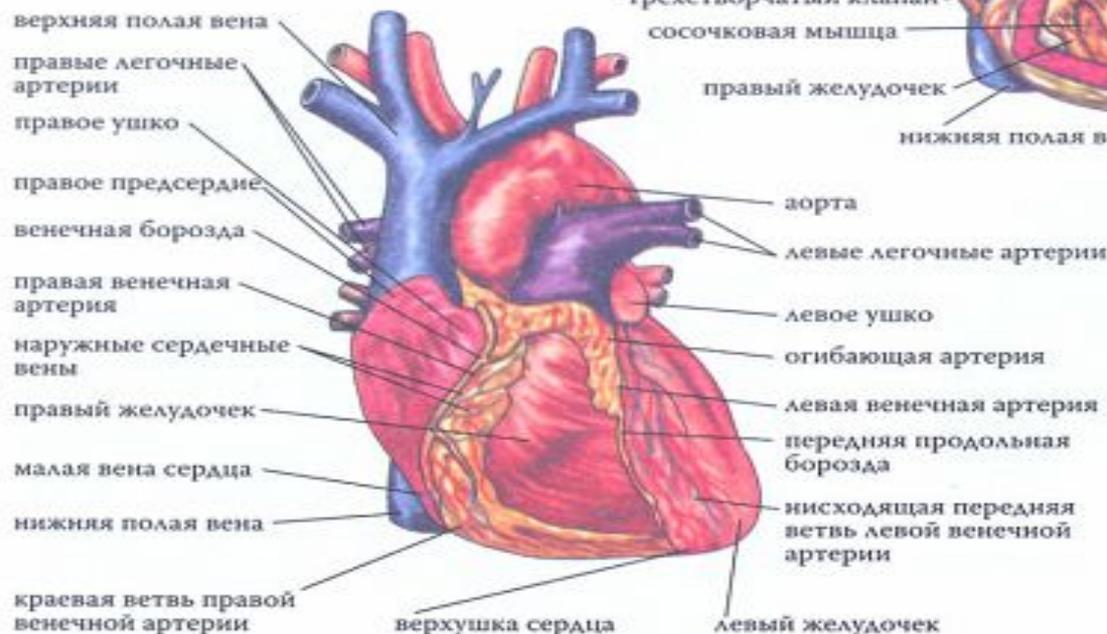
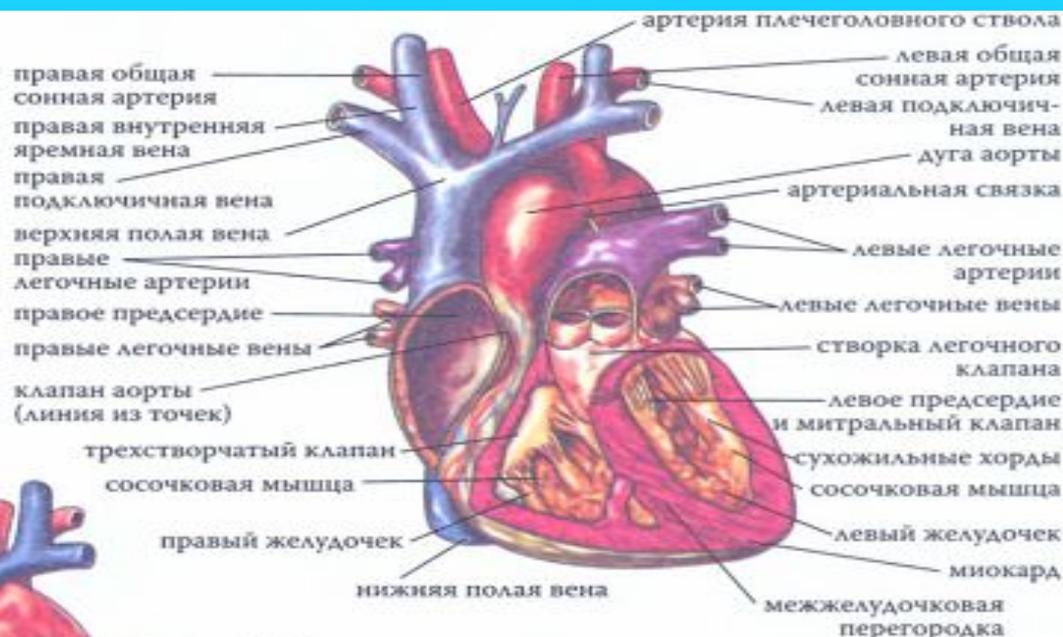
Сердечная мышца, или миокард, по своим функциональным свойствам занимает как бы промежуточное положение между гладкими и скелетными мышцами.

Так же, как и гладкие мышцы, она практически не поддается воздействию нашей воли и имеет чрезвычайно высокую сопротивляемость утомлению.

Как и скелетные мышцы, она может быстро сокращаться и интенсивно работать.



ПЕРЕДНЯЯ ЧАСТЬ СЕРДЦА В РАЗРЕЗЕ



ВЕНЕЧНЫЕ СОСУДЫ. ВИД СПЕРЕДИ

К основным свойствам сердечной мышцы относятся автоматия, возбудимость, проводимость и сократимость.

1. Автоматия — способность сердечной мышцы к ритмическому сокращению без всяких внешних воздействий под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце.

Проявлением этого свойства сердца является способность извлеченного из организма сердца некоторое время сокращаться.

Возникновение импульсов в мышце связано с деятельностью атипичических мышечных волокон, заложенных в некоторых участках миокарда и внутри клеток которых спонтанно генерируются электрические импульсы определенной частоты, распространяющиеся затем по всему миокарду.

Первый такой участок находится в области устьев полых вен и называется синусным, или синоатриальным, узлом.

В атипических волокнах этого узла спонтанно возникают импульсы с частотой 60–80 раз в минуту.

Он является главным центром автоматии сердца.

Второй участок находится в толще перегородки между предсердиями и желудочками и называется предсердно-желудочковым, или атриовентрикулярным, узлом.

Третий участок — это атипические волокна, составляющие пучок Гиса, лежащий в межжелудочковой перегородке.

От пучка Гиса берут начало тонкие волокна атипической ткани – волокна Пуркинье, ветвящиеся в миокарде желудочков.

Все участки атипической ткани способны генерировать импульсы, но их частота самая высокая в синусном узле, поэтому его называют водителем ритма первого порядка и все другие центры автоматии подчиняются этому ритму.

Совокупность всех уровней атипической мышечной ткани составляют проводящую систему сердца, благодаря которой волна возбуждения, возникшая в синусном узле, последовательно распространяется по всему миокарду, обеспечивая последовательное сокращение отделов сердца.

Возбудимость сердечной мышцы заключается в том, что под действием различных раздражителей (химических, механических, электрических и др.) сердце способно приходить в состояние возбуждения.

Потенциал действия, возникающий в одной клетке, распространяется и на другие клетки, таким образом происходит распространение возбуждения по всему сердцу.

Сократимость – это способность мышцы сердца сокращаться, основанная на свойстве самих клеток миокарда отвечать на возбуждение сокращением.

Это свойство сердечной мышцы определяет способность сердца выполнять механическую работу.

Работа сердечной мышцы подчиняется закону «все или ничего»: если на сердечную мышцу оказывать раздражающее действие различной силы, мышца каждый раз отвечает максимальным сокращением.

Если сила раздражителя не достигает порогового значения, то сердечная мышца не отвечает сокращением.

В работе сердца, состоящей в перекачивании крови, выделяют три фазы, сокращение предсердий, сокращение желудочков и пауза, когда желудочки и предсердия одновременно расслаблены.

Сокращение сердца называется систолой, расслабление - диастолой. За одну минуту сердце взрослого здорового человека сокращается примерно 60-70 раз.

Чередование работы и отдыха каждого из отделов сердца обеспечивает неутомляемость сердечной мышцы.

Иннервация сердца очень сложна.

Она осуществляется вегетативной нервной системой – блуждающим и симпатическими нервами, в составе которых имеются как чувствительные, так и двигательные волокна.

В стенке самого сердца находятся нервные сплетения, состоящие из нервных узлов и нервных волокон.

Двигательные нервы сердца осуществляют четыре основные функции: замедление, ускорение, ослабление и усиление деятельности сердца.

ИННЕРВАЦИЯ СЕРДЦА

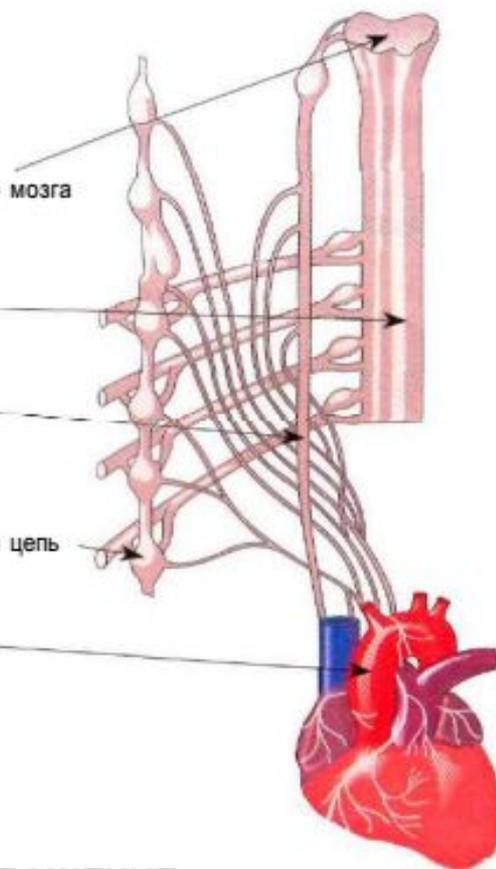
Верхняя часть спинного мозга

Спинной мозг

Блуждающий нерв,
или X черепная пара

Симпатическая узловая цепь

Сердечное сплетение



Эти нервы относятся к вегетативной нервной системе.

Таким образом, сердечная мышца, обладая способностью к самостоятельным сокращениям, подчиняется также «командам сверху» – регулирующему воздействию нервной системы, обеспечивающему оптимальную адаптацию сердечной деятельности потребностям организма в конкретной ситуации.

Сосудистая система

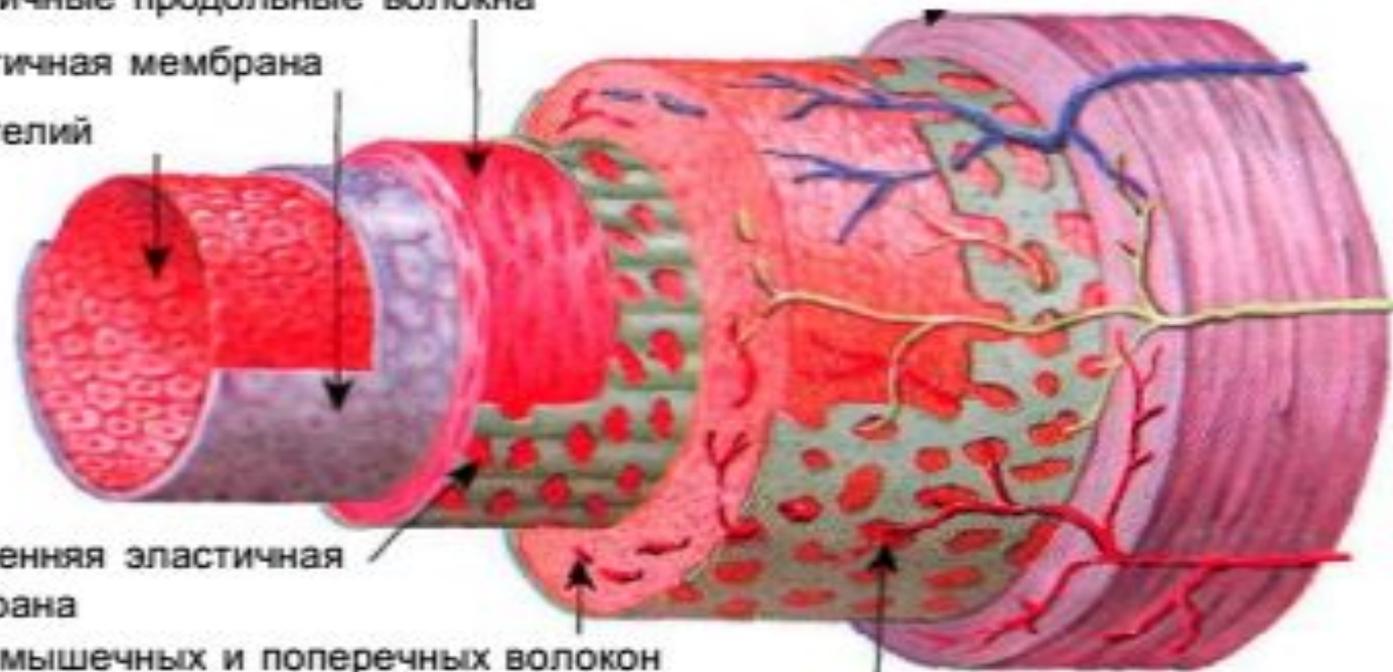
•
Кровеносные сосуды представляют собой систему полых эластичных трубок различного строения, диаметра и механических свойств, заполненных кровью.

Сосуды делятся на артерии, вены и капилляры.

Эластичные продольные волокна

Эластичная мембрана

Эндотелий



Внутренняя эластичная мембрана

Слой мышечных и поперечных волокон

Внешняя эластичная мембрана

Артерии имеют толстые стенки, состоящие из трех слоев.

Наружный слой представляет собой соединительнотканную оболочку, средний слой состоит из гладкой мышечной ткани и содержит соединительнотканые эластические волокна, внутренний слой образован эндотелием, под которым расположена внутренняя эластическая мембрана.

Эластические элементы артериальной стенки образуют единый каркас, работающий как пружина и обуславливающий эластичность артерий.



Наиболее мелкие разветвления артерий называются артериолами.

Они отличаются от артерий наличием лишь одного слоя мышечных клеток и могут регулировать скорость кровотока за счет сужения или расширения просвета.

Артериола переходит в прекапилляр, в котором мышечные клетки разрознены и не составляют сплошного слоя.

От него отходят многочисленные капилляры – самые мелкие кровеносные сосуды, которые соединяют артериолы с венулами (мелкими разветвлениями вен).

Благодаря очень тонкой стенке капилляров в них происходит обмен различными веществами между кровью и клетками тканей.

В зависимости от потребности в кислороде и других питательных веществах разные ткани имеют разное количество капилляров.

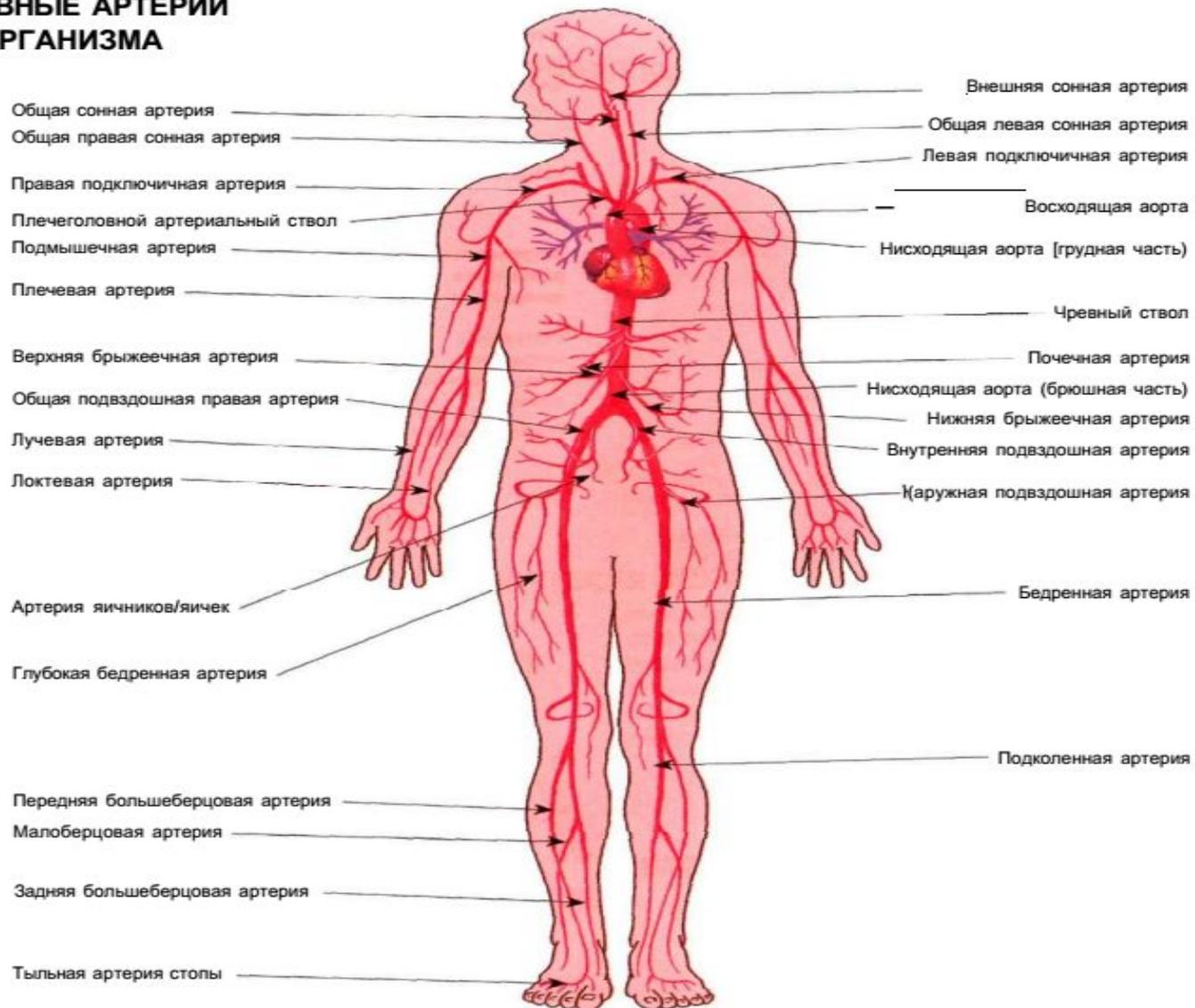
Капилляры могут находиться в активном (открытом) и пассивном (закрытом) состоянии.

При активизации обменных процессов или потребности в усиленной теплоотдаче объем крови, проходящей через орган, может увеличиваться за счет активизации дополнительного числа капилляров.

В покое и при уменьшении теплоотдачи значительное количество капилляров переходит в пассивное состояние, уменьшая таким образом объем кровотока.

Состояние капиллярной сети регулируется вегетативной нервной системой в зависимости от потребностей организма.

ОСНОВНЫЕ АРТЕРИИ ОРГАНИЗМА



Сливаясь, капилляры переходят в посткапилляры, которые по строению аналогичны прекапилляру.

Посткапилляры сливаются в венулы с просветом 40 – 50 мкм.

Венулы объединяются в более крупные сосуды, несущие кровь к сердцу, – вены.

Они, так же как и артерии, имеют стенки, состоящие из трех слоев, но содержат меньше эластических и мышечных волокон, поэтому менее упруги, их просвет поддерживается током крови.

Вены имеют клапаны (полулунные складки внутренней оболочки), которые открываются по току крови, что способствует движению крови в одном направлении.

Человек и все позвоночные животные имеют замкнутую кровеносную систему.

Кровеносные сосуды сердечно-сосудистой системы образуют две основные подсистемы: большой и малый круги кровообращения.

Сосуды большого круга кровообращения соединяют сердце со всеми другими частями тела.

Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке, откуда выходит аорта, а заканчивается в правом предсердии, куда впадают полые вены.

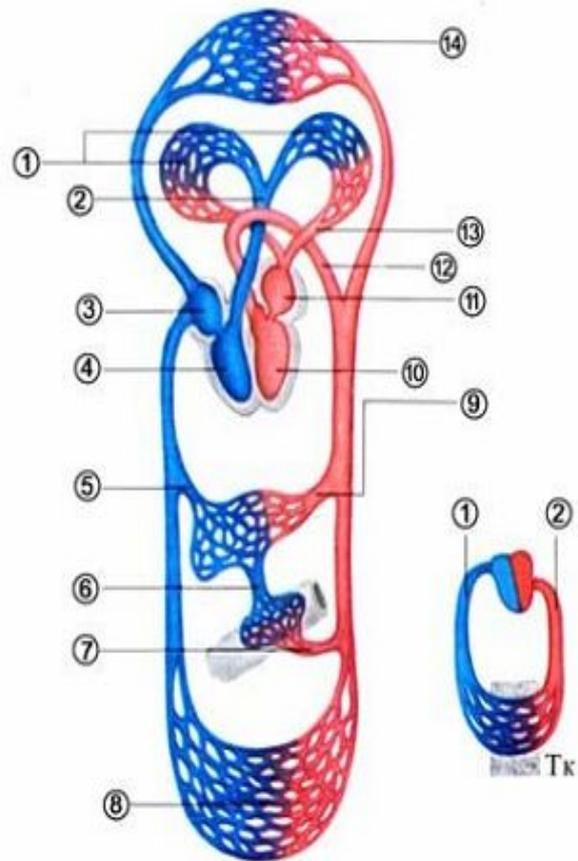
Дополнением к большому кругу кровообращения является третий (сердечный) круг, обслуживающий само сердце.

Кровоснабжение сердца происходит через две венечные, или коронарные, артерии, отходящие от аорты, и заканчивается в венечной пазухе, впадающей в правое предсердие.

Сосуды малого круга кровообращения переносят кровь от сердца к легким и обратно.

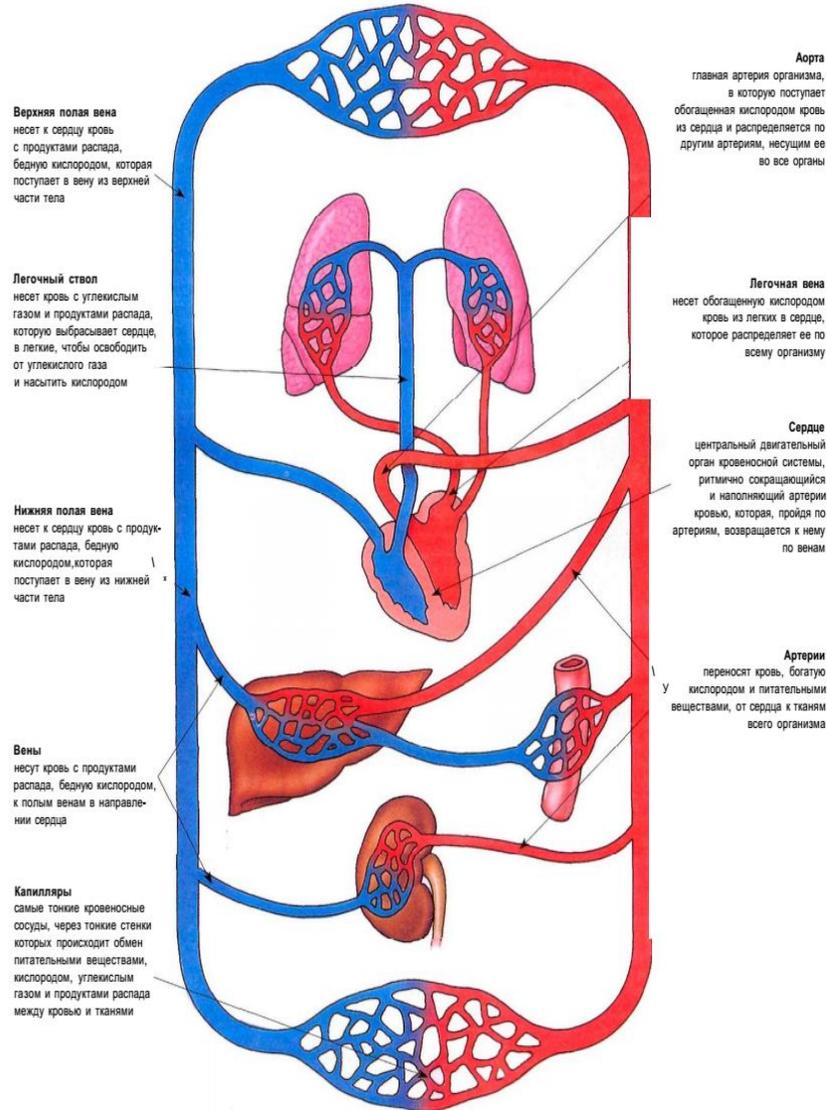
Малый круг кровообращения начинается правым желудочком, из которого выходит легочный ствол, а заканчивается левым предсердием, в которое впадают легочные вены.

Рисунок 256. Схема кровообращения. Распределение крови в сосудах различного типа. 1 - капилляры; 2 - легочная артерия; 3 - правое предсердие; 4 - правый желудочек; 5 - печеночная вена; 6 - воротная вена; 7 - кишечная артерия; 8 - капилляры большого круга; 9 - брюшная аорта; 10 - левый желудочек; 11 - левое предсердие; 12 - дуга аорты; 13 - легочная вена; 14 - капилляры головы.



клеточного метаболизма к органам, отвечающим за их расщепление и выведение.

СТРОЕНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ



Онтогенез кровообращения

При внутриутробном развитии плод получает питательные вещества и кислород из организма матери через плаценту.

Через нее выводятся и продукты распада.

Связь между плодом и плацентой осуществляется посредством пуповины, в которой проходят две пупочные артерии и одна пупочная вена.

По пупочным артериям кровь течет от плода к плаценте, а по пупочной вене — от плаценты к плоду

Сердечно-сосудистая система плода отличается следующими особенностями. Правое и левое предсердия сообщаются между собой при помощи овального отверстия, находящегося в их перегородке.

Кроме того, между легочным стволом и дугой аорты имеется артериальный проток, получивший название боталлова.

Такие особенности строения приводят к тому, что кровь циркулирует по организму плода, минуя малый круг кровообращения.

Насыщение крови кислородом происходит во время контакта крови плода с материнской кровью в густой сети капилляров, расположенных в ворсинках плаценты.

При этом не происходит непосредственного смешивания крови плода и крови матери, а лишь обмен различными веществами посредством диффузии.

По сосудам плода течет смешанная (артериально-венозная) кровь.

В наиболее выгодных условиях снабжения кислородом у плода находятся печень, сердце, головной мозг и верхние конечности, что способствует их быстрому развитию.

После рождения ребенка происходит резкая перестройка системы кровообращения.

Перерезка пуповины в момент рождения нарушает связь плода с материнским организмом.

При первом вдохе новорожденного происходит рефлекторное расширение легких, начинает функционировать малый круг кровообращения.

Кровь по легочной артерии направляется в легкие, минуя артериальный проток, который рефлекторно сжимается.

Взросший легочный кровоток повышает давление в левом предсердии, а прекращение плацентарного кровообращения снижает давление в правом предсердии, что приводит к закрытию овального отверстия в перегородке предсердий.

В дальнейшем овальное окно зарастает, артериальный и венозный протоки превращаются в связки.

В этот критический период проявляются врожденные пороки строения сердца и крупных сосудов.

Открытые боталлов проток и овальное отверстие в постнатальном периоде также относятся к врожденным порокам сердца.

Особенности кровообращения младенца определяются высоким уровнем метаболических процессов во всех органах и тканях, требующим повышенного обмена количества кислорода и питательных веществ.

Этим обусловлен высокий объем циркулирующей крови при относительной слабости незрелой сердечной мышцы и небольшом объеме сердечного выброса.

Кругооборот такого большого объема крови обеспечивается высокой частотой сердечных сокращений – 140 уд./мин.

Большая частота сердечных сокращений и склонность к ее увеличению даже при незначительной нагрузке (сосание, плач) связана с особенностями нервной регуляции сердца.

Хотя к моменту рождения в сердце ребенка сформированы и симпатические, и парасимпатические нервные окончания, в регуляции сердечной деятельности преобладают симпатические влияния.

После рождения сердце ребенка растет и увеличивается, изменяется его форма.

Сердце новорожденного имеет поперечное положение и шаровидную форму.

Это объясняется тем, что относительно большая печень поднимает свод диафрагмы, поэтому сердце новорожденного находится на уровне 4-го левого межреберья.

Под влиянием сидения и стояния к концу первого года жизни диафрагма опускается и сердце занимает косое положение.

К 2—3 годам верхушка сердца доходит до уровня 5-го ребра, а у 10-летних детей границы сердца такие же, как и у взрослых.

Рост предсердий в течение первого года жизни опережает рост желудочков, и только после 10 лет рост желудочков начинает превышать рост предсердий.

Наиболее интенсивно масса сердца растет на первом году жизни, к восьми месяцам масса сердца увеличивается вдвое, к 3 годам утраивается, к 5 увеличивается в 4 раза, а в 16 лет – в 11 раз.

При этом масса сердца у мальчиков в первые годы жизни выше, чем у девочек, а в 12 – 13 лет, напротив, в связи с наступлением периода усиленного роста у девочек его масса становится больше, чем у мальчиков.

К 16 годам сердце девочек вновь начинает отставать в массе от сердца мальчиков.

Рост массы сердца отражает рост сердечной мышцы и косвенно – увеличение объема крови, перекачиваемого сердцем за одно сокращение.

Наращение толщины стенки сердца идет за счет увеличения поперечных размеров мышечных волокон.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) у плода колеблется от 120 до 150 в минуту.

В первые двое суток после рождения ЧСС несколько ниже внутриутробного, что объясняется повышением внутричерепного давления, изменением теплопродукции в связи с переходом в среду с более низкой температурой и угнетением симпатических влияний.

В последующую неделю ЧСС несколько повышается до 120—140 уд./мин.

Впоследствии с возрастом ЧСС уменьшается.

Например, у детей дошкольного возраста в 6 лет она составляет в среднем 95 уд./мин, у школьников 7 – 15 лет изменяется в пределах 92 – 76 уд./мин.

Замедление ЧСС является результатом развития более совершенной регуляции сердечной деятельности и более эффективными сокращениями сердечной мышцы в связи с совершенствованием обменных процессов в ней.

С 20 до 30 лет при обычной функциональной нагрузке сердце человека находится в состоянии относительной стабильности.

После 30 – 40 лет в миокарде начинает увеличиваться количество соединительнотканых элементов, появляются жировые клетки, особенно в эпикарде.

Начиная с 40 – 45 лет в сердечно-сосудистой системе происходят инволютивные изменения.

Уменьшается сила сокращений сердечной мышцы, ее кровоснабжение, внутренняя оболочка сосудов утолщается, в ней откладываются жироподобные вещества, появляются атеросклеротические бляшки, стенки артерий теряют эластичность, просвет сосудов уменьшается.

Это приводит к некоторому снижению эффективности деятельности сердечной мышцы и адаптивных возможностей кровообращения и может послужить причиной острых и хронических нарушений кровообращения (гипертонической и ишемической болезнью, инфарктов и инсультов).

Для оценки функционального состояния сердца решающее значение имеет определение систолического (ударного) и минутного объемов сердца.

Систолический объем крови у новорожденного при одном сокращении составляет 2,5 куб. см.

К 1 году он увеличивается в 4 раза и составляет 10,2 куб. см, к 7 годам – уже в 9 раз, а к 12 годам – в 16,4 раза.

Также возрастает и минутный объем кровотока, преимущественно за счет увеличения систолического объема.

Однако соотношение между минутным объемом крови и массой тела, отражающее потребность организма в кислороде и питательных веществах, тем больше, чем меньше возраст ребенка.

Так, у новорожденных объем циркулирующей крови составляет около 103 мл/кг веса, до 3 лет – 89, в 4 – 6 лет – 81, в 7 – 10 лет – 80 и в 11 – 14 лет – 78 мл/кг, т.е. интенсивность кровоснабжения тканей с возрастом постепенно снижается.

Чем младше ребенок, тем чаще увеличение минутного объема кровотока происходит за счет увеличения ЧСС, а не единичного систолического выброса.

Это делает работу сердца менее эргономичной в младшие возрастные периоды.

Существенное значение имеют также показатели артериального кровяного давления (АД).

Оно измеряется в миллиметрах ртутного столба и отражается в двух числовых характеристиках – систолическом и диастолическом давлении.

С возрастом увеличивается как систолическое, так и диастолическое давление.

У новорожденных показатели кровяного давления значительно ниже, чем у взрослого человека.

Это объясняется тем, что у детей этого возраста артерии имеют большую ширину просвета по отношению к массе сердца, общему весу и росту ребенка.

Венозные сосуды, наоборот, несколько сужены.

Соотношение диаметров венозных и артериальных сосудов составляет в этом возрасте 1:1, тогда как у взрослых — 1:2.

Помимо возрастных характеристик, в дошкольном и младшем школьном возрасте показатели артериального давления имеют высокую индивидуальную вариативность.

Достигнув к пубертатному периоду величины 120 – 122/70 – 72 мм рт. ст., давление затем длительный период остается без изменений и лишь к старости несколько повышается из-за снижения эластичности стенок сосудов и увеличения периферического сопротивления.

Сердечный выброс и периферическое сопротивление сосудов определяют величину одного из важнейших физиологических показателей: скорости кровотока.

Скорость кругооборота крови с возрастом увеличивается.

Например, время кругооборота крови у новорожденных составляет 11с, 3-летних – 15 с, в 15 – 19 лет – 18,4 с, у 30 – 40-летних – 20,7 с, а в возрасте 70 – 79 лет – 22,6 с.

В раннем возрасте эти сдвиги связаны с ростом, увеличением длины сосудов, в более позднем — с изменением их эластических свойств.

В период полового созревания сердце растет быстро, увеличивается систолический объем крови.

Несмотря на снижение частоты сердечных сокращений у подростков до уровня взрослых, объемная скорость кровотока в этот период возрастает, обеспечивая достаточное кровоснабжение органов и тканей при напряженной работе.

Увеличение объемного кровотока при несформированной регуляции кровообращения нередко приводит к вегетососудистой дистонии, подростковой гипертензии, повышению температуры кожи, особенно конечностей.

В некоторых случаях в подростковом возрасте функциональные возможности кровоснабжения организма отстают от интенсивного роста костно-мышечной системы, что приводит к ограничениям в кровоснабжении, затрагивающим не только мышцы, но и другие органы, прежде всего – головной мозг.

Это является причиной временного снижения адаптивных возможностей организма и устойчивости к нагрузкам.

К 16 – 20 годам показатели кровотока приближаются к таковым у взрослого человека.

Особенности капиллярной сети в онтогенезе

Деятельность сердечно-сосудистой системы в конечном итоге направлена на обеспечение трофики тканей, осуществляемое через посредство капилляров.

Популярным стало выражение: «Возраст человека – это возраст капилляров» (Бюргер, 1960), которое подчеркивает значение капиллярного кровообращения в жизни человека.

По своему строению капилляры детей мало отличаются от капилляров взрослых, но меняется их проницаемость для жидкой части крови: она снижена в детском возрасте и повышается к зрелому

В старости количество функционирующих капилляров снижается.

Типичным для пожилых людей является нарастание извитости капилляров, увеличение межкапиллярных соединений (анастомозов), что приводит к замедлению капиллярного кровотока и служит приспособительным механизмом, так как ведет к более полной отдаче кислорода крови в ткани.

Регуляция кровообращения в онтогенезе

В процессе онтогенеза существует определенная этапность в становлении механизмов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы: от внутриклеточной саморегуляции, высокой чувствительности к факторам гуморальной регуляции до формирования системы центральной нервной регуляции.

Во внутриутробном периоде развития ведущую роль играют гуморальные факторы.

При этом реакции сосудов отдельных областей выражены неодинаково.

Например, сосуды легких реагируют на адреналин значительно позже, чем сосуды большого круга кровообращения.

К моменту рождения ребенка в сердечной мышце достаточно хорошо выражены нервные окончания как симпатических, так и парасимпатических нервов и вегетативная нервная система принимает на себя ведущую роль в регуляции сердечного ритма и тонуса сосудов.

В раннем детском возрасте (до 2 – 3 лет) преобладает тоническое влияние симпатических нервов на сердце, о чем свидетельствует более высокая частота сердечных сокращений (у новорожденных до 140 уд./мин).

При этом тонус блуждающего нерва низок, но постепенно нарастает.

Одним из проявлений этого является постепенное замедление ритма сердечных сокращений у детей по мере взросления.

Тонус симпатических влияний с возрастом также растет, на что указывают данные возрастного увеличения артериального давления.

Старение организма сопровождается повышением чувствительности сердца и сосудов к действию некоторых гуморальных факторов и ослаблением нервных влияний, а также некоторыми качественными отличиями реакций на определенные химические вещества.

В целом состояние сердца и сосудов любого человека, в том числе ребенка и подростка, во многом зависит от общего состояния, физического и эмоционального тонуса, режима жизни, питания.

Физическое воспитание и закаливание способствуют укреплению сердечной мышцы, нормализуют тонус сосудов.

Во всех возрастных периодах оптимальное состояние сердечно-сосудистой системы достигается здоровым образом жизни, рациональными физическими нагрузками, сбалансированным питанием.

Это позволяет отодвинуть возникновение инволютивных и / или патологических изменений сердца и сосудов, сохранить высокую адаптивность, работоспособность и хорошее самочувствие до преклонного возраста.

Строение и функции лимфатической системы

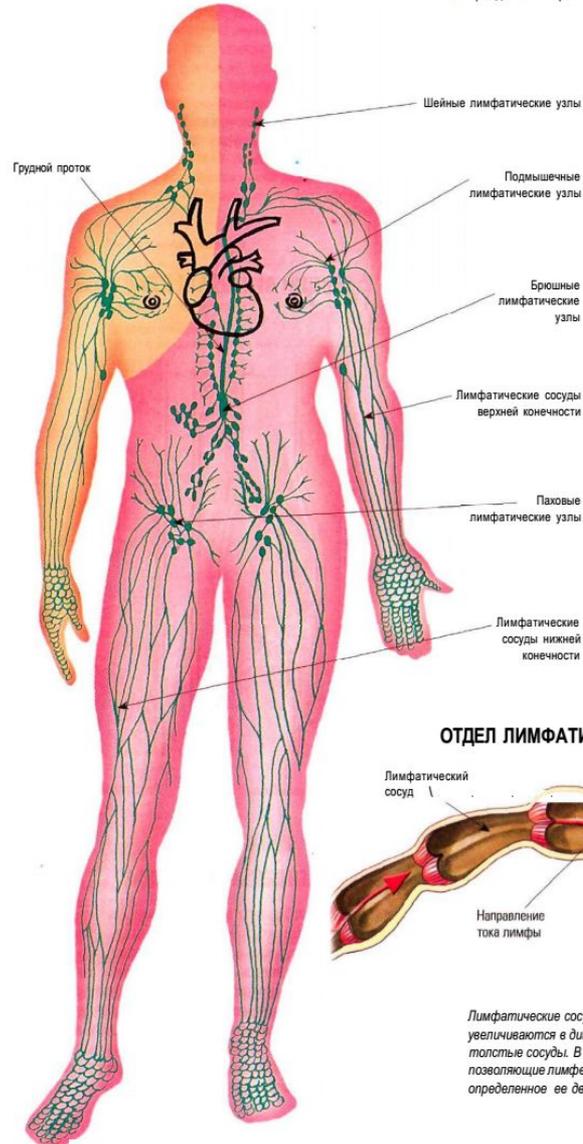
Лимфатическая система представляет собой еще одну транспортную систему организма, отвечающую за перемещение воды и растворенных в ней веществ (питательных, регулирующих и «шлаков»).

Она включает лимфатические капилляры, лимфатические сосуды, стволы и протоки, а также лимфатические узлы.

В отличие от кровеносной системы у нее отсутствует «насос», а сосуды не образуют замкнутую систему.

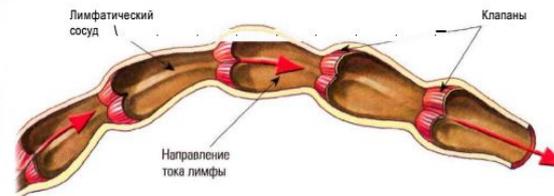
ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

системе, называется лимфой, которая соединяется с кровотоком, пройдя по лимфатическим ганглиям (узлам), где она очищается.



Лимфатическая система не имеет такого мощного насоса, как сердце, поэтому ее функциональность зависит от давления на ее сосуды прилегающих мышц. Кроме того, периодическое уменьшение давления на лимфатические каналы в области груди во время дыхания облегчает прохождение лимфы от ног к туловищу. В лимфатических сосудах система клапанов обеспечивает движение лимфы только в одном направлении и препятствует ее оттоку.

ОТДЕЛ ЛИМФАТИЧЕСКОГО СОСУДА



Лимфатические сосуды берут начало из капилляров и постоянно увеличиваются в диаметре, соединяясь между собой и образуя более толстые сосуды. В лимфатических сосудах расположены клапаны, позволяющие лимфе течь только в одну сторону и гарантирующие определенное ее движение.

Значение лимфатической системы и лимфообращения:

- обеспечивает дополнительный отток жидкости из межклеточных пространств и поступление ее в кровеносное русло;
- поддерживает постоянство объема и состава тканевой жидкости;

- принимает участие в гуморальной регуляции функций, транспортируя биологически активные вещества (например, гормоны);
- всасывает различные вещества и транспортирует их (например, всасывание питательных веществ из кишечника);
- участвует в синтезе иммунных клеток, в иммунологических реакциях, обезвреживает различные антигены (бактерии, вирусы, токсины и др.).

Лимфа, циркулирующая по лимфатическим сосудам, представляет собой жидкую желтоватую ткань организма, в которой содержатся высокомолекулярные соединения и лимфоциты.

Образуется она из тканевой жидкости, жидкости плевральной, околосердечной, брюшной и синовиальных полостей.

Лимфатические капилляры начинаются в тканях, образуя сеть.

Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, между которыми есть крупные поры.

При избытке тканевой жидкости поры растягиваются и в них уходят излишки жидкости, образующей лимфу.

Лимфатические капилляры имеют большой диаметр и более проницаемы по сравнению с кровеносными капиллярами.

В сутки у человека образуется от 1,5 до 4 л лимфы.

Лимфатических капилляров особенно много в легких, почках, серозных, слизистых и синовиальных оболочках.

Лимфатические капилляры сливаются в мелкие лимфатические сосуды, которые постепенно укрупняются.

Они расположены в тканях вместе с веной и сопутствующей артерией.

Лимфатические сосуды, как и кровеносные, имеют трехслойное строение и, так же как и вены, снабжены клапанами.

В них больше клапанов, располагаются они близко друг к другу.

В этих местах сосуды сужаются, напоминая бусы.

Клапан образован двумя створками с прослойкой соединительной ткани между ними, он препятствует обратному току лимфы и сокращается 8–10 раз в минуту, проталкивая лимфу в следующий сегмент сосуда.

Все лимфатические сосуды собираются в грудной и правый лимфатические протоки, имеющие такое же строение, как и вены.

На пути лимфатических сосудов лежат скопления лимфоидной ткани, называемые лимфатическими узлами. Количество узлов у человека примерно 460.

Наиболее многочисленны они в области шеи, подмышечной впадины, паха и около кишечника.

На конечностях узлы располагаются в области суставов и полностью отсутствуют в скелете, костном мозге, на кистях и стопах.

Лимфатические узлы представляют собой округлые образования.

В ворота узла входят артерии и нервы, а выходят вены и выносящие лимфатические сосуды.

Приносящие лимфатические сосуды входят с противоположной стороны.

Снаружи узел покрыт плотной соединительнотканной капсулой, от которой внутрь отходят перегородки – трабекулы.

Между ними располагается лимфоидная ткань.

В узле на периферии находится корковое вещество (лимфатические узелки), а в центре — мозговое вещество (тяжи и синусы).

Между корковым и мозговым веществом лежит паракортикальная зона, где располагаются Т-лимфоциты (Т-зона).

В корковом веществе и в тяжах находятся В-лимфоциты (В-зона).

Основу лимфатического узла составляет ретикулярная ткань.

Ее волокна и клетки образуют сеть, в ячейках которой лежат лимфоциты, лимфобласты, макрофаги и т.д.

В центральной зоне узелков коркового вещества располагаются центры размножения, где происходит размножение лимфоцитов.

При попадании в организм инфекции центральная зона увеличивается в размерах, при ослаблении инфекционного процесса узелки приобретают первоначальный вид.

Возникновение и исчезновение центров размножения происходит в течение 2–3 суток.

Лимфатические узлы обезвреживают ядовитые вещества, задерживают микроорганизмы, т.е. служат биологическим фильтром.

Особой функцией лимфатической системы является образование специальных иммунных клеток – лимфоцитов – и перемещение их по организму.

Лимфатическая система вместе с кровеносной системой принимает активное участие в иммунитете – защите организма от чужеродных белков и микроорганизмов.

В иммунной функции лимфатической системы помимо лимфатических узлов участвуют миндалины, лимфатические фолликулы кишечника, селезенка и тимус.

Защитная функция лимфатической системы более подробно изложена в главе, посвященной иммунитету.

Лимфатическая система до настоящего времени остается одной из самых малоизученных систем организма, однако ее функции играют колоссальную роль в жизнедеятельности организма.

Развитие лимфатической системы в онтогенезе начинается на 2-м месяце внутриутробной жизни, интенсивно продолжается на протяжении первого года и приобретает сходное со взрослым организмом строение к 6 годам.