

Тема 7. Внутренняя среда организма

Внутренняя среда организма включает кровь, лимфу, тканевую жидкость. Она обеспечивает постоянство условий для жизни клеток.

Функции внутренней среды: транспортная (перенос газов, питательных и биологически активных веществ); защитная (иммунитет, свёртывание крови); поддержание гомеостаза (регуляция температуры, рН-баланс, осмотическое давление).

Гомеостаз — совокупность механизмов, обеспечивающих постоянство состава внутренней среды организма. Для внутренней среды организма характерно относительное постоянство состава и физико-химических свойств. При изменении какого-либо параметра внутренней среды в организме включаются мощные системы саморегуляции. Они обеспечивают изменение функций многих органов и систем так, чтобы их работа восстановила исходный баланс.

Кровь и функции крови: 1) транспортная: перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким; доставка питательных веществ, витаминов, минеральных веществ и воды от органов пищеварения к тканям; удаление из тканей конечных продуктов метаболизма, лишней воды и минеральных солей; 2) защитная: участие в клеточных и гуморальных механизмах иммунитета, в свертывании крови и остановке кровотечения; 3) регуляторная: регуляция температуры, водно-солевого обмена между кровью и тканями, перенос гормонов; 4) гомеостатическая: поддержание стабильности показателей гомеостаза (рН, осмотического давления и др.).

Кровь имеет жидкую консистенцию и красный цвет. Красный цвет крови придает гемоглобин, содержащийся в эритроцитах. Кислотно-щелочная реакция крови (рН) составляет 7,36 — 7,42.

Общее количество крови в организме взрослого человека в норме составляет 6 — 8 % от массы тела и равно примерно 4,5 — 6 л. В кровеносной системе находится 60 — 70 % крови — это так называемая циркулирующая кровь. Другая часть крови (30-40 %) содержится в специальных кровяных депо (печени, селезенке, сосудах кожи, лёгких) — это депонированная, или резервная, кровь. При резком увеличении потребности организма в кислороде (при подъёме на высоту или усиленной физической работе), или при большой потере крови (при кровотечениях) из кровяных депо происходит выброс крови, и объем циркулирующей крови повышается.

Кровь состоит из жидкой части — плазмы и взвешенных в ней форменных элементов. На долю плазмы приходится 55 — 60 % объема крови. Гистологически плазма является межклеточным веществом жидкой соединительной ткани (крови).

Плазма содержит 90 — 92 % воды и 8 — 10 % сухого остатка, главным образом белков (7 — 8 %) и минеральных солей (1 %). Основными белками плазмы являются альбумины, глобулины и фибриноген.

В плазме также растворены питательные вещества: аминокислоты, глюкоза (0,11 %), липиды. В плазму поступают и конечные продукты обмена

веществ: мочевины, мочевого кислоты и др. В плазме содержатся также различные гормоны, ферменты и другие биологически активные вещества. Минеральные вещества плазмы составляют около 1 %.

Сыворотка крови — плазма крови, лишённая фибриногена. Сыворотки получают либо путём естественного свёртывания плазмы (оставшаяся жидкая часть и есть сыворотка), либо путем стимуляции превращения фибриногена в нерастворимый фибрин - осаждение ионами кальция.

Форменные элементы крови. На долю форменных элементов в циркулирующей крови приходится 40 — 45 % объема.

В эмбриональный период кровь образуется одновременно с сосудами из мезенхимы. Клетки мезенхимы, дающие начало первичным элементам крови, называются гемоцитобластами. Проходя сложный путь развития, они преобразуются в зрелые кровяные клетки.

Гемопоэз — процесс образования клеток крови. У плода образование кровяных элементов происходит в печени, а у взрослого человека в специальных кроветворных (гемопоэтических) органах — в красном костном мозге и в селезенке.

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (кровяные пластинки).

Эритроциты – красные клетки крови размером 7-8 мкм. Это безъядерные, двояковогнутые, не способные к делению клетки. Эритроциты имеют форму двояковогнутого диска, что обеспечивает более эффективное захватывание кислорода. Кроме того, благодаря двояковогнутой форме эритроциты способны упруго деформироваться и проходить через самые тонкие капилляры.

В процессе дифференцировки ядро утрачивается и весь внутренний объем эритроцита заполняется железосодержащим белком — *гемоглобином*.

Гемоглобин человека — это сложный белок из класса глобулинов, состоящий из белковой части – глобина и небелковой структуры – гема (пигментной группы, содержащей ион железа II).

Именно гемоглобин присоединяет к себе кислород в капиллярах легких, превращаясь в оксигемоглобин и транспортирует его ко всем тканям организма. Одна молекула гемоглобина может присоединить 4 атома кислорода.

Гемоглобин синтезируется в клетках красного костного мозга и для нормального его образования необходимо достаточное поступление железа с пищей.

В норме содержание гемоглобина в 1 л крови взрослого человека равно 120-160 г. Функции гемоглобина: транспорт кислорода и углекислого газа; принимает участие в поддержании постоянства рН крови (буферные свойства гемоглобина).

Количество эритроцитов у мужчин $4,0-5,5 \times 10^{12}$ /л; у женщин $3,5-4,5 \times 10^{12}$ /л; у новорожденных количество эритроцитов в 1,5-2 раза больше, чем у взрослых; с возрастом их количество уменьшается.

Образуются эритроциты в красном костном мозге. Разрушение старых эритроцитов происходит в печени и селезёнке. Время жизни эритроцита — 120 суток.

У жителей высокогорных районов количество эритроцитов повышено (*эритроцитоз*) — адаптация к пониженному содержанию кислорода в атмосфере. Кроме того, содержание эритроцитов в крови увеличивается при физических и эмоциональных нагрузках, потере жидкости (ожоги, рвота, понос, чрезмерное потоотделение).

Анемия — снижение количества эритроцитов и гемоглобина в крови. Причиной анемии может быть неправильное питание (например, недостаток железа в пище), кровотечения, нарушение кроветворной функции (гемопоза), разрушение эритроцитов под действием токсинов, при переливании несовместимой крови, резус-конфликте матери и плода.

Гемолиз — это разрушение эритроцитов. Разрушение эритроцитов может происходить по нескольким причинам. Например, при механических повреждениях клеток, под влиянием химических веществ (кислот, щелочей, ядов), при помещении эритроцитов в гипотонический раствор (раствор, с более низкой концентрацией солей, чем в эритроцитах), при замораживании и нагревании, под действием электрического тока.

Лейкоциты — белые клетки крови размером 8-20 мкм. Лейкоциты содержат ядро. Они способны изменять форму и активно передвигаться, образуя цитоплазматические выросты. Лейкоциты различаются по происхождению, функциям и внешнему виду. Они выполняют защитную функцию: одни из них способны к фагоцитозу, другие вырабатывают антитела. Продолжительность жизни лейкоцитов составляет от нескольких часов до нескольких суток (даже лет). Образуются они в красном костном мозге и в органах иммунной системы (лимфатических узлах и селезенке).

Разрушение лейкоцитов происходит в очагах воспаления и в печени. У взрослого человека насчитывается $4,0-9,0 \times 10^9$ /л лейкоцитов.

Тромбоциты — кровяные пластинки размером 2-3 мкм, являются безъядерными фрагментами клеток. Они образуются в красном костном мозге путем отщепления безъядерных фрагментов цитоплазмы от гигантских клеток — мегакариоцитов. Из одного мегакариоцита может возникнуть до 1000 тромбоцитов. Количество тромбоцитов составляет $180-320 \times 10^9$ /л. Продолжительность жизни тромбоцитов в среднем 3-5 дней. Разрушаются тромбоциты в селезёнке, а также в местах нарушения целостности сосудов. Основная функция тромбоцитов — свертывание крови (коагуляция) и остановка кровотечений (гемостаз). Они прилипают к месту повреждения и «латают» место разрыва сосуда.

Обязательным условием для свертывания крови является наличие ионов кальция и факторов свёртываемости.

Факторы свёртываемости — это 13 глобулиновых белков, содержащихся в плазме, без которых свёртывание крови невозможно. Они образуются в печени при участии витамина К.

Запускается система свертывания по принципу каскада: один фактор запускает другой. Для участия в свертывании крови тромбоциту необходимо перейти в активное состояние. *Основные физиологические активаторы тромбоцитов*: коллаген (белок межклеточного вещества), тромбин (белок плазмы), АДФ (аденозиндифосфат, появляющийся из разрушенных клеток сосуда).

Активированные тромбоциты становятся способны прикрепляться к месту повреждения (адгезии) и друг к другу (агрегации): образуется тромбоцитарная пробка. Ее образование и запускает каскад реакций, приводящий к образованию тромба.

Уменьшение количества тромбоцитов в крови может привести к кровотечениям. Увеличение количества тромбоцитов ведет к формированию тромбов, которые могут перекрывать кровеносные сосуды (тромбоз) и приводить к таким патологическим состояниям, как инсульт, инфаркт миокарда, легочная эмболия или закупоривание кровеносных сосудов в других органах тела.

Тромбоциты секретируют практически все белки, необходимые для коагуляции. Кроме того, разрушаясь, тромбоциты выделяют биологически активные вещества: серотонин, адреналин, норадреналин, которые способствуют сужению просвета сосуда.

Тромбоциты не одинаково эффективны в свертываемости крови в течение всего дня. Циркадный ритм системы организма (внутренние биологические часы) вызывает пик активации тромбоцитов утром. Это одна из главных причин, что инфаркты и инсульты более распространены в первой половине дня.

Лимфатическая система состоит из лимфоидных органов и лимфатических сосудов. Функции лимфатической системы: защита организмов от чужеродных антигенов, патогенных микроорганизмов, токсинов; транспорт некоторых гормонов; регуляция водно-солевого обмена; регуляция жирового обмена.

Функции лимфоидных органов:

- 1) селезенка: контролирует клеточный состав крови, устраняет из крови антигены, поврежденные и погибшие клетки;
- 2) лимфоузлы: отфильтровывают и уничтожают антигены (патогенные микроорганизмы и токсины), поступающие по лимфатическим сосудам;
- 3) лимфоидная ткань слизистых оболочек — это самый первый барьер на пути инфекции, защитное действие основано на секреции белка иммуноглобулина.

Взаимодействие между лимфоидными органами и остальными тканями организма осуществляется с помощью лимфоцитов, которые переходят из крови в лимфатические узлы, селезенку и обратно в кровь по основным лимфатическим путям.

Лимфоциты — клетки лимфатической системы. Образуются лимфоциты в красном костном мозге. Дифференцируются в лимфоузлах (В-лимфоциты) и в тимусе (Т-лимфоциты).

Лимфатический сосуд — это трубка с пористыми стенками и клапанами, обеспечивающими однонаправленный ток лимфы.

Лимфатические сосуды проходят параллельно с кровеносными сосудами и пронизывают все тело. Лимфатические сосуды берут свое начало в тканях, впитывая межклеточную жидкость через пористые стенки. Попав в лимфатические сосуды, межклеточная жидкость превращается в лимфу. Вся лимфа течет по направлению к сердцу.

По ходу лимфатических сосудов встречаются лимфатические узлы, образованные лимфоидной тканью. В них происходит очистка лимфы от антигенов и токсинов.

Лимфатические сосуды нижней части тела впадают в общий грудной проток. В конце концов все лимфатические сосуды (грудной проток и лимфатические сосуды верхней части тела) впадают в подключичную вену.

Лимфатический узел (лимфоузел) — периферический орган лимфатической системы, выполняющий функцию биологического фильтра.

Скопления лимфатических узлов расположены по ходу лимфатических сосудов. Самые крупные скопления расположены в областях внутренних органов и крупных вен. В лимфоузлах созревают лимфоциты, осуществляющие иммунную защиту организма от антигенов и раковых клеток.

Лимфатический узел состоит из зоны дифференцировки Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов, именно они продуцируют антитела.

Лимфа притекает к лимфатическим узлам по приносящим лимфатическим сосудам, подходящим к узлу с выпуклой стороны, и оттекает по выносящему лимфатическому сосуду, отходящему с вогнутой стороны узла.

Внутри узла лимфа медленно просачивается по внутренним пространствам лимфоидной ткани. Это способствует её очищению от инородных частиц благодаря макрофагам, которые располагаются по краю лимфоидных скоплений. Протекая через ткань лимфоузла, лимфа обогащается антителами, которые продуцируются В-лимфоцитами.

Селезенка — лимфоидный орган иммунной системы человека. Расположена селезенка в левом подреберье, в области желудка. Функция селезенки изучена не до конца. Гален полагал, что селезенка является источником "черной желчи" или "меланхе". Древние ученые верили, что селезенка влияет на эмоциональное состояние человека; отсюда термин "ипохондрия" (от греч. "в подреберье").

Функции селезенки: удаление погибших и поврежденных эритроцитов и лейкоцитов (красная пульпа селезенки); удаление бактерий и форменных элементов крови; созревание лимфоцитов; участие в выработке антител (белая пульпа селезенки); при угнетении костномозгового кроветворения вырабатывает форменные элементы крови (восстановление кроветворной

функции, выполняемой селезенкой в эмбриогенезе); депонирование примерно трети всех тромбоцитов и значительная часть нейтрофилов, которые могут выбрасываться в ответ на кровотечение или инфекцию.

Марчелло Мальпиги выделил в селезенке белую и красную пульпу. Белая пульпа селезенки представлена лимфоидной тканью, которая образует антитела. Красная пульпа состоит из извитых каналов (синусов) и сети селезеночных тяжей, в которых просачивающаяся кровь очищается.

Эритроциты вынуждены просачиваться через щели в стенках селезеночных тяжей. При этом старые и поврежденные эритроциты, утратившие способность к деформации, не проходят через эти щели и задерживаются. Там они разрушаются, а их компоненты утилизируются.

Из проходящих сквозь щели жизнеспособных эритроцитов макрофаги удаляют паразитов, остатки ядер и денатурированный (поврежденный) гемоглобин.

Все эти процессы происходят довольно быстро, так как скорость кровотока в селезенке лишь ненамного ниже, чем в других органах. Кровь от селезенки оттекает в воротную вену.

Иоффи и Куртис в 1970 году объединили лимфоидную и кроветворную системы в единый *лимфомиелоидный комплекс*. Функция комплекса: обеспечение кроветворения (миелопоэза) и формирование клеток иммунной системы (лимфопоэза). Среди органов и тканей комплекса имеются истинно лимфоидные образования, в которых происходит только лимфопоэз (тимус, лимфатические узлы, лимфоидная ткань кишечника) и "смешанные" образования, где представлены как лимфо-, так и миелопоэз (костный мозг, селезенка).

Тканевая жидкость — это прозрачная жидкость, состоящая из органических и неорганических веществ, которая заполняет промежутки между клетками, поэтому ее еще называют межклеточным веществом. В ней содержатся питательные вещества, которые нужны клетке, а еще в нее поступают продукты обмена из клетки. Тканевая жидкость связывает между собой кровеносную и лимфатическую систему и ткани организма.