

Кровь

Внутренняя среда организма. Кровь, лимфа и тканевая жидкость образуют внутреннюю среду организма, которая окружает его клетки. Химический состав и физико-химические свойства внутренней среды относительно постоянны, поэтому клетки организма существуют в сравнительно стабильных условиях и мало подвержены воздействию внешней среды. Обеспечение постоянства внутренней среды достигается непрерывной работой многих органов (сердца, пищеварительной, дыхательной, выделительной системами), которые поставляют клеткам организма необходимые для жизнедеятельности вещества и удаляют из них продукты распада. Регуляторную функцию по поддержанию постоянства внутренней среды осуществляют нервная и эндокринная системы.

Между тремя составляющими внутренней среды организма — кровью, лимфой и тканевой жидкостью — существует тесная взаимосвязь. Так, бесцветная и прозрачная *тканевая жидкость* образуется из жидкой части крови — плазмы, проникающей через стенки капилляров в межклеточное пространство, а также из продуктов жизнедеятельности, поступающих из клеток. Ее проникновение через мембраны объясняется разницей гидростатического давления в кровеносных капиллярах и тканях. У взрослого человека объем тканевой жидкости, образуемой за сутки, достигает 20 л. Кровь поставляет в тканевую жидкость необходимые клеткам растворенные питательные вещества, кислород, гормоны и поглощает продукты жизнедеятельности клеток (углекислый газ, мочевины и др.). Большая часть тканевой жидкости успевает возвратиться обратно в кровяное русло, а меньшая ее часть поступает в слепо замкнутые капилляры лимфатических сосудов, образуя лимфу.

Лимфа — это полупрозрачная жидкость желтоватого цвета. Состав лимфы близок к составу плазмы крови. Однако белка в ней содержится в 3-4 раза меньше, чем в плазме, но больше, чем в тканевой жидкости. В лимфе имеется небольшое количество лейкоцитов. Мелкие лимфатические сосуды, сливаясь, образуют более крупные. В них имеются полулунные клапаны, обеспечивающие ток лимфы в одном направлении — к грудному и правому лимфатическим протокам, впадающим в верхнюю полую вену. Лимфа протекает через лимфатические узлы, обезвреживаясь в них за счет деятельности лейкоцитов, и в кровь поступает очищенной.

Движение лимфы медленное — около 0,2—0,3 мм/мин. Оно происходит главным образом вследствие сокращений скелетных мышц, присасывающего действия грудной клетки при вдохе и в меньшей степени вследствие сокращений мышц собственных стенок лимфатических сосудов. За сутки в кровь возвращается около 2 л лимфы. При патологических явлениях, нарушающих отток лимфы, наблюдается отек тканей.

Кровь — третья составляющая внутренней среды организма. Это ярко-красная жидкость, непрерывно циркулирующая в замкнутой системе кровеносных сосудов человека. Ее объем составляет 4,5—6 л, т. е. около 6—8% массы тела. Потеря одной трети объема крови приводит к гибели человека.

Состав и функции крови. Кровь — основная транспортная система внутри организма, осуществляющая перенос различных веществ. Она выполняет следующие функции:

1. *питательную* — за счет транспорта растворенных питательных веществ от пищеварительного тракта к тканям, местам резервных запасов и от них;

2. *дыхательную* — путем транспорта газов (кислорода и углекислого газа) от дыхательных органов к тканям и в обратном направлении;
3. *транспорт гормонов* от желез внутренней секреции к органам (гуморальная регуляция);
4. *транспорт конечных продуктов метаболизма* из тканей к органам выделения;
5. *защитную* — обеспечение клеточного и гуморального иммунитета, свертывания крови;
6. *терморегуляторную* — перераспределение тепла между органами, регуляцию теплоотдачи через кожу;
7. *механическую* — придание тургорного напряжения органам за счет прилива к ним крови, а также обеспечения ультрафильтрации в капиллярах капсул нефрона почек и др.;
8. *гомеостатическую* — поддержание постоянства внутренней среды организма, пригодной для клеток в отношении ионного состава, концентрации водородных ионов и др.

Кровь состоит из жидкой части — плазмы (55%) и взвешенных в ней клеточных (форменных) элементов (45%).

Плазма крови содержит 90—92% воды и 8—10% сухого вещества. Сухой остаток состоит из органических соединений и минеральных веществ. Основными органическими соединениями плазмы крови являются белки, жиры и углеводы. Белки составляют 7—8% плазмы крови. Несколько десятков различных белков объединены в три основные группы: альбумины (около 4,5%), глобулины (2—3%) и фибриноген (0,2—0,4%). Белки выполняют ряд важных функций. С их помощью в значительной степени осуществляется транспорт веществ из крови к тканям. Обладая буферными свойствами, они участвуют в поддержании концентрации водородных ионов (рН) на постоянном уровне. Белки придают крови вязкость, участвуют в ее свертывании, осуществляют защитную функцию. Плазма крови, лишенная белка фибриногена, называется *сывороткой*. Жиры плазмы крови поставляются главным образом с пищей, поэтому их содержание непостоянно (около 0,7%). Углеводы (главным образом в виде глюкозы) удерживаются в плазме на относительно постоянном уровне, равном 0,12%.

Минеральные вещества плазмы составляют 0,9%. В их состав входят преимущественно катионы натрия, калия, кальция, магния и анионы хлора, гидрокарбоната, гидрофосфата. Искусственные растворы, обладающие одинаковым с кровью осмотическим давлением, т. е. содержащие равную ей концентрацию солей, называют *изоосмотическими* или *изотоническими*. Изотоническим для теплокровных животных и человека является 0,95%-ый раствор хлорида натрия. Такой раствор называют *физиологическим*. Раствор, имеющий большее осмотическое давление, чем плазма крови, называют *гипертоническим*, меньшее — *гипотоническим*. форменные элементы крови в изотоническом растворе сохраняют свойственную им форму, в гипертоническом растворе сморщиваются, а в гипотоническом — набухают и лопаются. Отсюда вытекает важность поддержания концентрации солей плазмы крови на постоянном уровне.

Кровь человека имеет слабощелочную реакцию: рН артериальной крови равна 7,4, а венозной, вследствие большего содержания в ней углекислого газа, — 7,35. Несмотря на то что в процессе обмена веществ в кровь непрерывно поступают углекислый газ, молочная кислота и другие продукты жизнедеятельности, которые могут изменить концентрацию водородных ионов, активная

реакция крови сохраняется постоянной. Это постоянство обеспечивается буферными свойствами плазмы и эритроцитов крови, а также деятельностью выделительных органов, непрерывно удаляющих из организма избыток кислых и щелочных продуктов метаболизма.

Форменные элементы крови и их функции. К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

Эритроциты — красные безъядерные клетки крови диаметром 7—8 мкм, определяющие ее цвет. В 1 мм³ крови их содержится в среднем около 4,5—5,5 млн. Эритроциты человека имеют форму двояковогнутых дисков, что увеличивает диффузную поверхность клетки. Благодаря такому строению эритроцитов их суммарная поверхность достигает огромных величин, приближающихся к 3 800 м², что в 1 500 раз превышает поверхность тела человека. Образуются эритроциты в красном костном мозге губчатых костей, а разрушаются в печени и селезенке. Продолжительность их жизни составляет около 120 суток.

Основной функцией эритроцитов является транспорт кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким. Осуществляется эта функция благодаря наличию в эритроцитах дыхательного пигмента — *гемоглобина*. В состав гемоглобина входят белок глобин и небелковая пигментная часть — гем. Двухвалентное железо, входящее в состав гема, способно присоединять кислород без изменения валентности. В процессе связывания кислорода гемоглобин превращается в *оксигемоглобин*, благодаря которому артериальная кровь приобретает ярко-алый цвет. В капиллярах тканей кислорода меньше, и здесь оксигемоглобин распадается на гемоглобин и кислород, где он потребляется клетками. Гемоглобин, отдавший кислород, называют *восстановленным*. Здесь же, в тканях, он присоединяет углекислый газ и превращается в *карбогемоглобин*. Именно он придает венозной крови, оттекающей от тканей, темно-вишневый цвет. Таким способом переносится около 10% углекислого газа, а большая его часть транспортируется плазмой крови в виде карбонатных соединений. Свойство гемоглобина легко присоединять и отдавать газы лежит в основе газообмена.

Гемоглобин способен образовывать и вредные для организма человека соединения. Одним из них является *карбоксигемоглобин* — соединение гемоглобина с угарным газом. Это соединение в 300 раз прочнее оксигемоглобина. Отравление угарным газом опасно для жизни, так как резко снижает транспорт кислорода. В нормальных условиях на долю карбоксигемоглобина приходится лишь 1% гемоглобина крови, у курильщиков его содержание достигает 3%, а после глубокой затяжки — до 10%.

Содержание гемоглобина в крови здорового человека составляет около 14 г % (14г в 100 мл крови). 1 г гемоглобина способен связать 1,3 мл кислорода.

Лейкоциты — бесцветные (белые) клетки размером 0,07— 0,02 мм, не имеющие постоянной формы и способные к амебоидному движению. В отличие от эритроцитов они имеют ядро. Основной функцией лейкоцитов является осуществление иммунитета —защиты организма от живых тел и веществ, которые несут генетически чужеродную информацию. Ее источник — вирусы, чужеродные белки, а также клетки-мутанты самого организма. Все перечисленные факторы являются *антигенами*, т. е. агентами, которые при введении в организм способны вызвать ту или иную форму иммунного реагирования. Чаще антигенами являются чужеродные белки и нуклеиновые кислоты. Основным побудительным фактором активного движения

лейкоцитов в сторону мест распада тканей либо микроорганизмов являются выделяемые ими химические вещества, т. е. *хемотаксис*. Следовательно, основная задача иммунной системы крови — поддержание генетического постоянства организма.

Лейкоциты образуются в красном костном мозге, лимфатических узлах, селезенке, а разрушаются в очагах воспаления. Продолжительность жизни лейкоцитов различна: от нескольких часов, суток (для большинства их разновидностей) до нескольких лет.

В крови взрослого здорового человека лейкоцитов содержится около 6—8 тыс. в 1 мм³, однако их число может изменяться после приема пищи, мышечной работы, в стрессовой ситуации. При инфекционных и некоторых других заболеваниях число лейкоцитов резко увеличивается. При лучевой болезни оно значительно снижается в связи с поражением костного мозга.

Выделяют две группы лейкоцитов: *зернистые* (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы) и *незернистые* (моноциты, или макрофаги, и лимфоциты). Самыми многочисленными являются нейтрофилы (50—79% всех лейкоцитов) и лимфоциты (20—40%). Наибольшей двигательной активностью и способностью к внутриклеточному перевариванию чужеродных частиц — *фагоцитозу* — обладают нейтрофилы и моноциты. Некоторые разновидности лимфоцитов способны вырабатывать защитные белки — *антитела*, или *иммуноглобулины*, которые разрушают чужеродные белки. Благодаря этой способности лимфоциты считаются центральным звеном иммунной защиты человека. При заболевании СПИД поражаются именно лимфоциты.

Иммунитет. В зависимости от происхождения различают естественный и искусственный виды иммунитета.

Естественный иммунитет представляет собой невосприимчивость к тому или иному заболеванию, полученную организмом ребенка от матери (*плацентарный*, или *врожденный*) либо приобретенную в результате перенесенного заболевания (*постинфекционный*). Естественный иммунитет сохраняется длительно.

Искусственно созданный иммунитет имеет также две формы. При одной из них в организм вводят ослабленные или убитые возбудители той или иной болезни. В этом случае организм, которому ввели вакцину, легко переболевает благодаря активной выработке им антител против введенного возбудителя болезни. Поэтому такая форма искусственно созданного иммунитета называется *активной*. По длительности действия он примерно идентичен постинфекционному.

В медицинской практике широко пользуются *пассивной иммунизацией*, когда заболевшему человеку вводят лечебные сыворотки с уже содержащимися в них готовыми антителами против возбудителя заболевания. Такой иммунитет будет сохранен до тех пор, пока не погибнут антитела (1—2 месяца).

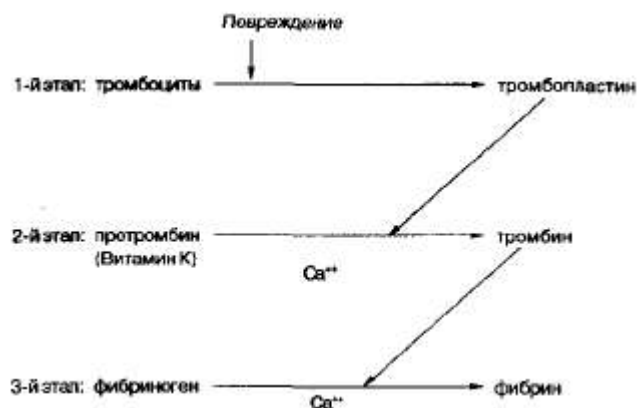
Тромбоциты (красные пластинки) — самые мелкие клетки крови. Их диаметр 0,003 мм, они плоские и безъядерные. В 1 мм³ крови содержится 200—400 тыс. тромбоцитов. Образуются они в красном костном мозге, живут около 8 суток, разрушаются в селезенке. Основная функция тромбоцитов — участие в свертывании крови.

Свертывание крови — это защитная реакция организма, направленная на предотвращение потери крови из поврежденных сосудов. Механизм свертывания крови очень сложен. В нем участвуют 13 плазменных факторов, обозначенных римскими цифрами в порядке их

хронологического открытия. В случае отсутствия повреждения кровеносных сосудов все факторы свертывания крови находятся в неактивном состоянии.

Сущность ферментативного процесса свертывания крови заключается в переходе растворимого белка плазмы крови *фибриногена* в нерастворимый волокнистый фибрин, образующий основу кровяного сгустка — *тромба*. Цепную реакцию свертывания крови начинает фермент *тромбопластин*, высвобождающийся при разрыве тканей, стенок сосудов, повреждении тромбоцитов (1-й этап). Совместно с определенными плазменными факторами и в присутствии ионов Ca^{2+} он превращает неактивный фермент *протромбин*, образуемый клетками печени в присутствии витамина К, в активный фермент *тромбин* (2-й этап). На 3-м этапе происходит превращение фибриногена в фибрин при участии тромбина и ионов Ca^{2+} .

В крови имеется антисвертывающая система, препятствующая внутрисосудистому образованию тромбов. Одним из веществ этой системы является *гепарин*, образуемый базофилами и тучными клетками соединительной ткани. Он тормозит превращение протромбина в тромбин, препятствует образованию тромбопластина, угнетает процесс образования фибрина. При патологических явлениях возникают внутрисосудистые тромбы. Так, образовавшиеся тромбы в сосудах сердца могут вызвать инфаркт, в сосудах мозга — инсульт.



. Схема этапов свертывания крови.

Генетический дефицит плазменных факторов VIII и IX приводит к несвертываемости крови — *гемофилии*.

Процесс свертывания крови регулируется нервными и гуморальными механизмами.

Группы крови. При большой кровопотере необходимо переливание крови. В 1901 г. австрийский исследователь К. Ландштейнер и в 1903 г. чешский ученый Я. Янский установили причину склеивания эритроцитов друг с другом — *агглютинации*. Этот процесс возникает в результате взаимодействия встроенных в мембрану эритроцитов антигенов — *агглютиногенов А и В* — и содержащихся в плазме антител — *агглютининов а и b*.

Агглютинин *а* склеивает эритроциты с агглютиногеном *А*, а агглютинин *в* склеивает эритроциты с агглютиногеном *В*. Поэтому в крови каждого человека находятся разноименные агглютиноген и агглютинин. Для человека свойственны четыре их комбинации, или *группы*:

I (0) группа — эритроциты не содержат ни *А*-, ни *В*-агглютиногенов, а в плазме имеются два вида агглютининов — *а* и *b*;

II (А) группа — в эритроцитах имеется агглютиноген *А*, в плазме — агглютинин *в*;

III (B) группа—соответственно агглютиноген B и агглютинина; IV(AB) группа — в эритроцитах имеются агглютиногены A и B, агглютинины отсутствуют.

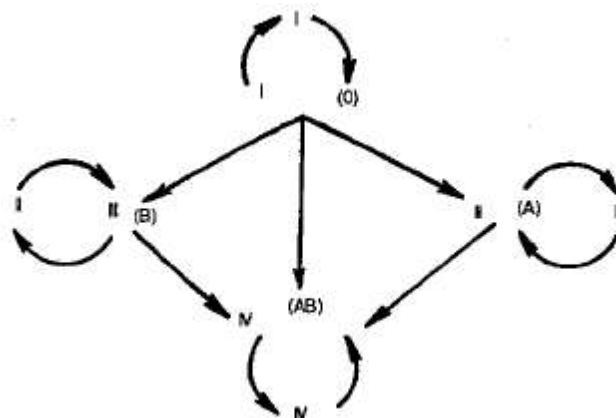
. Характеристика групп крови человека по системе ABO.

Группа крови	Агглютиногены в эритроцитах	Агглютинины в плазме
I(0)	Отсутствуют	a и b
II(A)	A	b
III(B)	B	a
IV (AB)	A и B	Отсутствуют

Наличие агглютиногенов либо их отсутствие в эритроцитах человека дало основание назвать эту систему групп крови ABO.

Как видно агглютинация эритроцитов происходит том случае, когда эритроциты донора (дающего кровь) встречаются с одноименными агглютинидами реципиента (получающего кровь).

Людам I группы крови можно переливать кровь только этой же группы. Кровь I группы можно переливать людям всех групп крови. Поэтому людей с I группой крови называют *универсальными донорами*. Люди с IV группой крови принимают кровь всех групп, поэтому их называют *универсальными реципиентами*.



Схематическое изображение допустимого переливания крови.

К настоящему времени выявлено более 200 различных агглютиногенов, не входящих в систему *ABO*. Одним из них является резус-фактор (Rh). Он обнаружен у 85% людей (резус-положительная кровь, Rh⁺), 15% населения планеты имеют резус-отрицательную кровь, Rh⁻. Осложнения возникают, если неоднократно переливать людям с кровью Rh кровь Rh⁻, а также в том случае, если женщина с кровью Rh вынашивает плод, который унаследовал от отца кровь группы Rh⁺. В этом случае в крови реципиента вырабатываются иммунные антирезус-агглютинины (антитела), вызывающие агглютинацию эритроцитов.