

A microscopic view of several red blood cells (erythrocytes) against a dark red background. The cells are biconcave discs, appearing as lighter red, oval shapes with a darker center. They are scattered across the frame, some in sharp focus and others blurred.

Физиология системы крови

СИСТЕМА КРОВИ

- Внутренняя среда организма представлена тканевой (интерстициальной) жидкостью, лимфой и кровью, состав и свойства которых теснейшим образом связаны между собой. Однако истинной внутренней средой организма является тканевая жидкость, так как лишь она контактирует с клетками организма. Кровь же, соприкасаясь непосредственно с эндокардом и эндотелием сосудов, обеспечивает их жизнедеятельность и лишь косвенно через тканевую жидкость вмешивается в работу всех без исключения органов и тканей. Через сосудистую стенку в кровяной ток транспортируются гормоны и различные биологически активные соединения.
- Основной составной частью тканевой жидкости, лимфы и крови является вода. В организме человека вода составляет 75% от массы тела. Для человека массой тела 70 кг тканевая жидкость и лимфа составляют до 30% (20—21 л), внутриклеточная жидкость — 40% (27—29 л) и плазма — около 5% (2,8—3,0 л).
- Между кровью и тканевой жидкостью происходят постоянный обмен веществ и транспорт воды, несущей растворенные в ней продукты обмена, гормоны, газы, биологически активные вещества. Следовательно, внутренняя среда организма представляет собой единую систему гуморального транспорта, включающую общее кровообращение и движение в последовательной цепи: кровь — тканевая жидкость — ткань (клетка) — тканевая жидкость — лимфа — кровь.

- Из этой простой схемы видно, насколько тесно связан состав крови не только с тканевой жидкостью, но и с лимфой. В организме важная роль отводится лимфатической системе, начало которой составляют лимфатические капилляры, дренирующие все тканевые пространства и сливающиеся в более крупные сосуды. По ходу лимфатических сосудов располагаются лимфатические узлы, при прохождении которых изменяется состав лимфы и она обогащается лимфоцитами. Свойства лимфы, как и тканевой жидкости, во многом определяются органом, от которого она оттекает. После приема пищи состав лимфы резко изменяется, так как в нее всасываются жиры, углеводы и даже белки.
- Следует заметить, что внутриклеточная жидкость, плазма крови, тканевая жидкость и лимфа имеют различный состав, что в значительной степени определяет интенсивность водного, ионного и электролитного обмена, катионов, анионов и продуктов метаболизма между кровью, тканевой жидкостью и клетками.
- Еще в 1878 г. К. Бернар писал, что «... поддержание постоянства условий жизни в нашей внутренней среде — необходимый элемент свободной и независимой жизни». Это положение легло в основу учения о гомеостазе, создателем которого является американский физиолог У. Кеннон (см. раздел 1.3). Между тем в основе представлений о гомеостазе лежат динамические процессы, ибо «постоянство внутренней среды организма» редко бывает постоянным. Под влиянием внешних воздействий и сдвигов, происходящих в самом организме, состав тканевой жидкости, лимфы и крови на короткое время может изменяться в широких пределах, однако благодаря регуляторным воздействиям, осуществляемым нервной системой и гуморальными факторами, сравнительно быстро возвращается к норме. Более длительные сдвиги в гомеостазе не только сопровождают развитие патологического процесса, но и зачастую несовместимы с жизнью.

- Отечественный клиницист Г. Ф. Ланг считал, что в систему крови входят кровь, органы кроветворения и кроверазрушения, а также аппарат регуляции. Кровь как ткань обладает следующими особенностями: 1) все ее составные части образуются за пределами сосудистого русла; 2) межклеточное вещество ткани является жидким; 3) основная часть крови находится в постоянном движении.
- Кровь животных заключена в систему замкнутых трубок — кровеносных сосудов. Кровь состоит из жидкой части — плазмы и форменных элементов — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. У взрослого человека форменные элементы крови составляют около 40—48%, а плазма — 52—60%. Это соотношение получило название гематокритного числа (от греч. haima — кровь, kritos — показатель). В практической деятельности для характеристики гематокритного числа указывается лишь показатель плотной части крови.

Кровь- внутренняя жидкая среда организма, представленная циркулирующей плазмой и взвешенными в ней клеточными элементами.

- Система крови:
- Собственно кровь (разновидность соединительной ткани): циркулирующей и депонированной;
- Органы кроветворения и кроверазрушения;
- Нейрогуморальный аппарат регуляции.

Функции крови:

- Дыхательная;
- Трофическая;
- Экскреторная;
- Терморегуляторная;
- Регуляторная;
- Гомеостатическая;
- Защитная

Основные физиологические показатели крови

- Общий объем крови (оцк) 6-8% от массы тела, 3,5-4л циркулирует в сосудистом руле и полостях сердца, 1,5-2л депонированы в сосудах органов брюшной полости, легких, подкожной клетчатки и других тканей.
- Гематокрит- объем крови приходящийся на клетки. У жен. 0,37-0,47 ; у муж-0,4-0,54
- Вязкость крови- это соотношение числа форменных элементов крови и объема ее жидкой части (плазмы).
В норме показатель вязкости крови у мужчин равен 4,3-5,4, а у женщин – 3,9-4,9.

Плазма крови

Таблица 1. Химический состав плазмы крови

Компоненты плазмы	Содержание, %	Компоненты плазмы	Содержание, %
Вода	90,5	Натрий	0,3
Белки		Калий	0,02
Липиды	0,3	Кальций	0,012
Нейтральный жир	0,2	Магний	0,0002
Глюкоза	0,12	Хлор	0,35
Мочевина	0,03	Гидрокарбонат	0,16
Мочевая кислота	0,004	Фосфат	0,03
Креатин	0,006	Сульфат	0,02
Аминокислоты	0,008		

- Состоит из воды 90%, 10% растворенных веществ (9% орг. и 1% неорг.). Химический состав: катионы Na, анионы-Cl и белки (образуются в печени, костном мозге, селезенке):
- Альбумины -40-45г/л;
- Глобулины 25-30г/л ($\alpha_1, \alpha_2, \beta, \gamma$).
- **альфа1-глобулины**- 0,22-0,55 г% (4-5%)
- **альфа2-глобулины** - 0,41-0,71 г% (7-8%)
- **бета-глобулины** - 0,51-0,90 г% (9-10%)
- **гамма-глобулины** - 0,81-1,75 г% (14-15%)

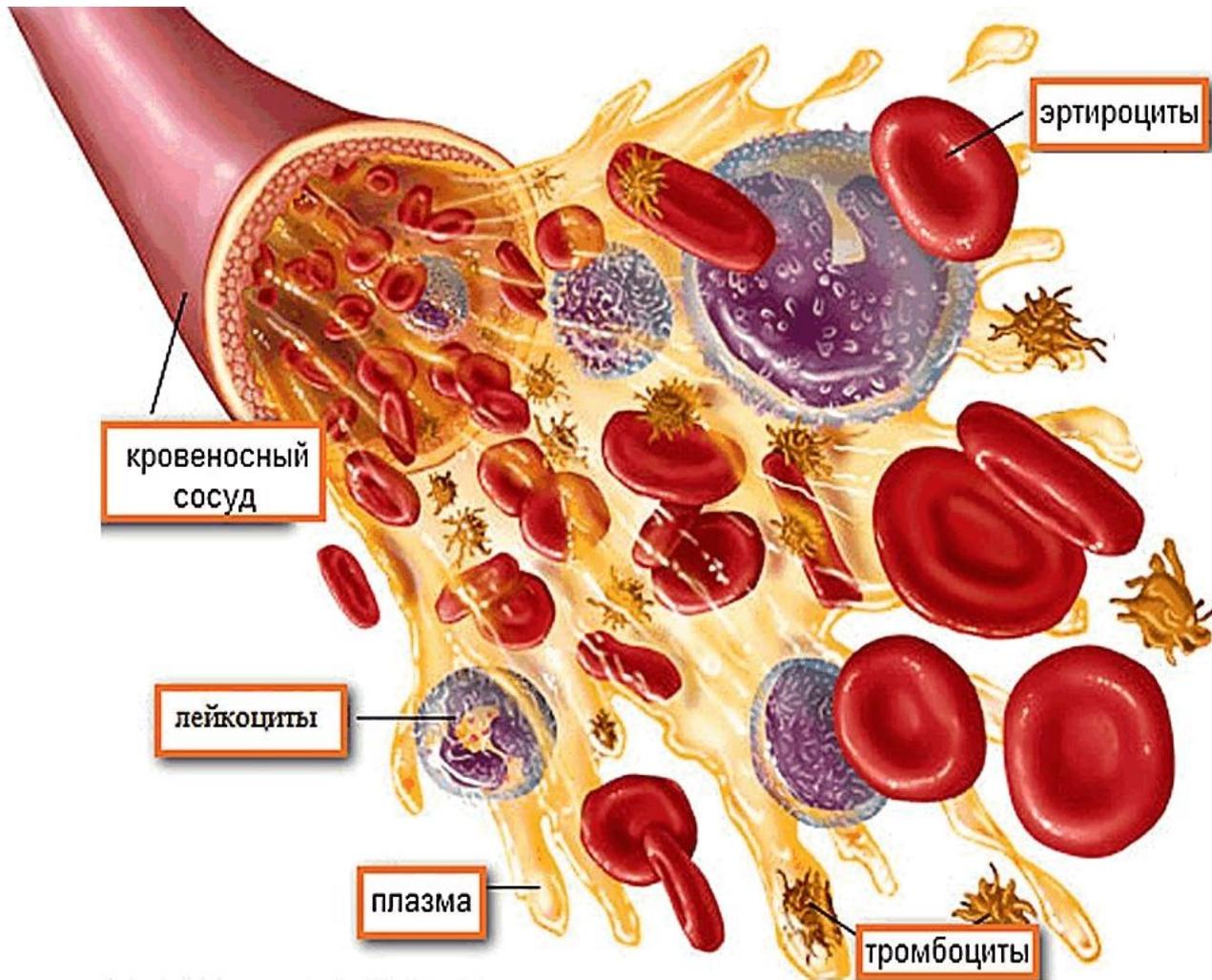
- **Функции белков:** определ. онкотическое давление; явл. компонентами свертывающей, фибринолитической и противосвертывающей систем; участвует в иммунных реакциях; участвуют в транспорте продуктов метаболизма; влияют на вязкость; являются резервом аминокислот; принимают участие в регуляции кислотно-основного состояния крови, а также липопротеины плазмы обеспечивают транспорт холестерина.
- Содержащиеся в плазме электролиты (неорганические соли, ионы, белки) определяют характеристики крови - осмотическое (сила с которой молекулы растворенного вещества удерживают воду в своей гидратной оболочке) и онкотическое давление (создается преимущественно белками за счет способности удерживать воду в своей гидратной оболочке).

Функциональная система поддерживающая оптимальный для метаболизма ОЦК

- Постоянство оцк: постоянство объема плазмы и форменных элементов в основном эритроцитов.
- ↑оцк-физ.деятельность; ↓оцк-сон, покой, интенсивное потоотделение, переход из вертикального в горизонтальное, кровотечение.
- Об отклонение оцк информация идет от барорецепторов сосудов дуги аорты и синокаротидной области, хеморецепторов, валюморецепторов – по депрессорному и синокаротидным нервам в продолговатый мозг сосудодвигательный центр (изменение чсс, тонуса, просвета сосудов, скорости кровотока).
- Эндокринное звено: ПНУФ (атриопептиду, уменьшение оцк) и РААС (увеличение оцк).

- Уменьшение оцк (стресс, кровопотеря) (компенсаторное учащение сердцебиения, сужение сосудов, выход из депо крови, повышение онкотического давления за счет усиленной продукции белков плазмы печенью, снижение АД приводит к выработке ренина –активации РААС (задержка натрия и воды), ангиотензин II способствует формированию чувства жажды; увеличивается секреция вазопрессина повышая реабсорбцию воды в дистальных канальцах и собирательных трубочках способствуя задержке жидкости; возникающая гипоксия приводит к образованию эритропоэтинов стимулирующих эритропоэз.
- Увеличение оцк стимулирует секрецию ПНУФ –снижение реабсорбции натрия и воды в почках, увеличение диуреза, уменьшение выработки ренина, ангиотензинов и секреции альдостерона, понижение тонуса сосудов, снижение секреции вазопрессина.

Форменные элементы крови



Эритроциты –безъядерные клетки имеют форму двояковогнутого диска

- Из костного мозга поступают ретикулоциты дифференцируются 24-48 ч после выхода в кровяное русло. У жен.- $3,9-4,9 \cdot 10^{12}/л$, у муж.- $4,0-5,2 \cdot 10^{12}/л$. Продолжительность жизни 100-120сут.
- Функции:
- Дыхательная;
- Свертывание крови;
- Обеспечение кислотно-основного равновесия;
- Защитная;
- Носители витаминов и ферментов;
- Трофическая;
- Транспорт БАВ;
- Носят АГ групп крови.
- Эритропоэз- стимул –(гипоксия)-(синтез эритропоэтина в почках) – (костный мозг) – (размножение и дифференцировка предшественника эритроцитов). Длительность эритропоэза 2 нед.
- Гемолиз эритроцитов (разрушение мембраны эритроцитов и выход гемоглобина в плазму. Виды:
- Осмотический (поступление воды в эритроцит);
- Химический;
- Механический
- Биологический;
- Температурный.

- Понятие «эритроцит» введено английским терапевтом Каслом для обозначения массы эритроцитов, находящихся в циркулирующей крови, в кровяных депо и костном мозге. Принципиальная разница между эритроцитом и другими тканями организма заключается в том, что разрушение эритроцитов осуществляется преимущественно макрофагами за счет процесса, получившего наименование «эритрофагоцитоз». Образующиеся при этом продукты разрушения и в первую очередь железо используются на построение новых клеток. **Таким образом, эритроцит является замкнутой системой, в которой в условиях нормы количество разрушающихся эритроцитов соответствует числу вновь образовавшихся.**
- Развитие эритроцитов происходит в замкнутых капиллярах красного костного мозга. Как только эритроцит достигает стадии ретикулоцита, он растягивает стенку капилляра, благодаря чему сосуд раскрывается и ретикулоцит вымывается в кровяное русло, где и превращается за 35—45 ч в молодой эритроцит — нормоцит. В норме в крови содержится не более 1—2% ретикулоцитов.
- В кровотоке эритроциты живут 80—120 дней. Продолжительность жизни эритроцитов у мужчин несколько больше, чем у женщин.
- Для нормального эритропоэза необходимо **железо**. Последнее поступает в костный мозг при разрушении эритроцитов, из депо, а также с пищей и водой. Взрослому человеку для нормального эритропоэза требуется в суточном рационе 12—15 мг железа. Железо откладывается в различных органах и тканях, главным образом в печени и селезенке. Если железа в организм поступает недостаточно, то развивается железодефицитная анемия.
- Всасыванию железа в кишечнике способствует *аскорбиновая кислота*, переводящая Fe^{3+} в Fe^{2+} , который сохраняет растворимость при нейтральных и щелочных значениях pH. На участке слизистой оболочки тонкой кишки имеются рецепторы, облегчающие переход железа в эритроцит, а оттуда в плазму. В слизистой оболочке тонкой кишки находится белок-переносчик железа — *трансферрин*. Он доставляет железо в ткани, имеющие трансферриновые рецепторы. В клетке комплекс трансферрина и железа распадается, и железо вступает в связь с другим белком-переносчиком — *ферритином*. Клетки-предшественники зрелых эритроцитов накапливают железо в ферритине. В дальнейшем оно используется, когда клетка начинает образовывать большое количество гемоглобина.

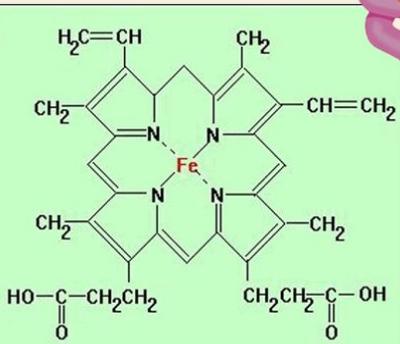
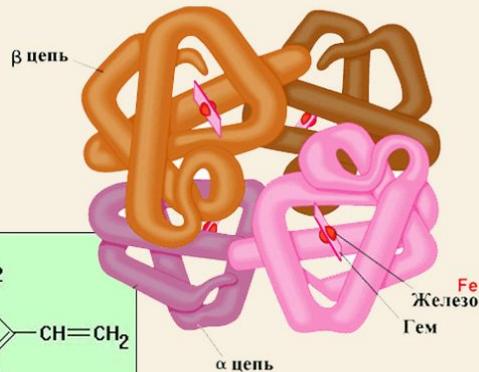
эритроциты

- Важным компонентом эритропоэза является *медь*, которая усваивается непосредственно в костном мозге и принимает участие в синтезе гемоглобина. Если медь отсутствует, то эритроциты созревают лишь до стадии ретикулоцита. Медь катализирует образование гемоглобина, способствуя включению железа в структуру гема. Недостаток меди приводит к анемии.
- Для нормального эритропоэза необходимы *витамины* и в первую очередь витамин В₁₂ и фолиевая кислота. Эти витамины оказывают сходное взаимодополняющее действие на эритропоэз. Витамин В₁₂ (внешний фактор кроветворения) синтезируется микроорганизмами, лучистыми грибами и некоторыми водорослями. Для его образования необходим кобальт. В организм человека витамин В₁₂ поступает с пищей — особенно его много в печени, мясе, яичном желтке.
- Для всасывания витамина В₁₂ требуется внутренний фактор кроветворения, который носит наименование «гастромукопротеин». Это вещество является комплексным соединением, образующимся в желудке.
- Фолиевая кислота, или витамин В₉, является водорастворимым витамином, содержащимся во многих растительных продуктах, а также в печени, почках, яйцах.
- Витамин В₁₂ и фолиевая кислота принимают участие в синтезе гемоглобина. Они обуславливают образование в эритроцитах нуклеиновых кислот, являющихся одним из основных строительных материалов клетки.
- Немаловажную роль в регуляции эритропоэза играют другие витамины группы В, а также железы внутренней секреции. Все гормоны, регулирующие обмен белков (соматотропный гормон гипофиза, гормон щитовидной железы — тироксин и др.) и кальция (паратгормон, тиреокальцитонин), необходимы для нормального эритропоэза. Мужские половые гормоны (андрогены) стимулируют эритропоэз, тогда как женские (эстрогены) — тормозят его, что обуславливает меньшее число эритроцитов у женщин по сравнению с мужчинами.

- Особо важную роль в регуляции эритропоэза играют специфические вещества, получившие наименование «*эритропоэтины*». Еще в 1906 г. показано, что сыворотка крови кроликов, перенесших кровопотерю, стимулирует электропоэз. В дальнейшем было установлено, что эритропоэтины присутствуют в крови животных и людей, испытывающих гипоксию — недостаточное поступление к тканям кислорода, что наблюдается при анемиях, подъеме на высоту, мышечной работе, снижении парциального давления кислорода в барокамере, заболеваниях сердца и легких. В небольшой концентрации эритропоэтины обнаружены в крови здоровых людей, что позволяет считать их физиологическими регуляторами эритропоэза. Вместе с тем при анемиях, сопровождающих заболевания почек, эритропоэтины отсутствуют или их концентрация значительно снижается. Эти данные позволили предположить, что местом синтеза эритропоэтинов являются почки. Эритропоэтины образуются также в печени, селезенке, костном мозге. Получены факты, свидетельствующие о том, что мощной эритропоэтической активностью обладают полипептиды эритроцитов, молекулярная масса которых не превышает 10 000.
- Эритропоэтины оказывают действие непосредственно на клетки-предшественники эритроидного ряда (КОЕ-Э – колониеобразующая единица эритроцитарная). Функции эритропоэтинов сводятся к следующему: 1) ускорение и усиление перехода стволовых клеток костного мозга в эритробласты; 2) увеличение числа митозов клеток эритроидного ряда; 3) исключение одного или нескольких циклов митотических делений; 4) ускорение созревания неделящихся клеток — нормобластов, ретикулоцитов.
- Ряд гемопоэтических факторов образуется стромой костного мозга и костномозговыми фибробластами. «Микроокружение» костного мозга является важнейшей частью кроветворного механизма. Эритроидные предшественники, размещенные на ячеистой сети костномозговых фибробластов, быстро развиваются и втискиваются между ними. Это объясняется тем, что для дифференцировки эритроидных клеток требуется их плотное прикрепление (адгезия) к окружающим структурам. Кроме того, фибробласты и эндотелиальные клетки являются источником ростковых факторов кроветворения.
- На эритропоэз действуют соединения, синтезируемые моноцитами, макрофагами, лимфоцитами и другими клетками, получившие название «*интерлейкины*». Согласно международной классификации, они обозначаются арабскими цифрами (ИЛ-1, ИЛ-2 и т. д.). На полипотентную стволовую клетку (ПСК) непосредственно влияют и способствуют ее дифференцировке ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-11 и ИЛ-12. В частности, активированные макрофаги выделяют ИЛ-1, а также фактор некроза опухолей (ФНО). ИЛ-1 и ФНО стимулируют фибробласты и эндотелиальные клетки, благодаря чему они усиленно продуцируют так называемый белковый фактор Стала, оказывающий влияние непосредственно на ПСК и способствующий ее дифференцировке. Кроме того, фибробласты, эндотелиальные клетки и активированные Т-лимфоциты способны выделять ИЛ-6, ИЛ-11 и гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор (ГМ-КСФ). Фактор Стала, ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-11, ИЛ-1 и ГМ-КСФ относятся к раннедействующим гемопоэтическим ростовым факторам. По мере того как родоначальники нескольких линий кроветворных клеток дифференцируются в родоначальники одной линии, в реакцию вступают позднедействующие гемопоэтические ростовые факторы и эритропоэтин.
- Важная роль в эритропоэзе принадлежит ядерным факторам — ГАТА-1 (внутриядерный регулятор транскрипции в эритроците) и НФЕ-2. Отсутствие ГАТА-1 предотвращает образование эритроцитов, недостаток НФЕ-2 нарушает всасывание железа в кишечнике и синтез глобина.

Гемоглобин-химическое соединение состоит из белка глобина и 4 молекул гема, содержащих Fe^{2+} . При разрушении эритроцита превращается в билирубин и экскретируется в составе желчи или почками с мочой в виде уробилина. У муж. 130-160г/л, у жен.-120-150г/л. Степень насыщения гемоглобином эритроцита наз. Цветовой показатель 0,8-1,1 нормохромия, (гипо- и гиперхромия).

Структура гемоглобина



Функции гемоглобина

- Дыхательная –перенос O_2 к тканям и в меньшей перенос CO_2 .
- Перенос в виде $HbO_2 \rightarrow HbH$ (до 90% O_2);
- С CO_2 (карбгемоглобин)
транспортируется

20% CO_2 ;

MetHb (метгемоглобин) – включение Fe^{3+} в гем.

СОЭ

- Оседание эритроцитов в виде «монетных столиков», под которыми образуется прозрачный слой плазмы. Эритроциты оседают потому, что их относительная плотность больше плотности плазмы, а также зависит от соотношения белков альбуминов и глобулинов. При увеличении глобулинов –СОЭ↑.
- Также влияет уменьшение поверхностного отрицательного заряда (приводит к агрегации эритроцитов) влияние оказывают белки фибриноген и Ig - СОЭ↑.
- Норма жен.-2-15мм/ч, муж.-2-10мм/ч.

Лейкоциты-ядерные клетки шаровидной формы. В

$1\text{л}-3,8-9,8*10^9$

- Гранулоциты: нейтрофилы (40-75%, фагоцитоз тканевых обломков и уничтожение микроорганизмов); эозинофилы (1-5% участвуют в аллергических, воспалительных, антипаразитарных реакциях); базофилы (0-1 участвуют в аллергических реакция немедленного типа, выделяю гистамин).
- Агранулоциты: моноциты (2-9%, превращаются в макрофаги и участвуют в фагоцитозе); лимфоциты (20-45%) Т-клеточном и гуморальном иммунитете, В-гуморальный иммунитет, NK- уничтожают трансформированные и инфицированные вирусами чужеродные клетки.

Таблица 6.3. Лейкоцитарная формула здорового человека, %

Гранулоциты			Агранулоциты			
нейтрофилы						
юные	палочко- ядерные	сегменто- ядерные	базофилы	эозинофилы	лимфоциты	моноциты
0—1	1—4	45—65	0—1	1—4	25—40	2—8

Регуляция лейкопоэза

-
- Все лейкоциты образуются в красном костном мозге из единой стволовой клетки, однако родоначальницей миелопоэза является бипотенциальная *колониобразующая единица гранулоцитарно-моноцитарная* (КОЕ-ГМ) или клетка-предшественница. Для ее роста и дифференцировки необходим особый *колониестимулирующий фактор* (КСФ), вырабатываемый у человека моноцитарно-макрофагальными клетками, костным мозгом и лимфоцитами.
- КСФ является гликопротеидом и состоит из двух частей — стимулятора продукции эозинофилов (Эо-КСФ) и стимулятора продукции нейтрофилов и моноцитов (ГМ-КСФ), относящихся к ранним гемопоэтическим ростовым факторам. Содержание ГМ-КСФ стимулируется Т-хелперами и подавляется Т-супрессорами. На более поздних этапах на лейкопоэз влияют гранулоцитарный колониестимулирующий фактор — Г-КСФ (способствует развитию нейтрофилов) и макрофагальный колониестимулирующий фактор — М-КСФ (приводит к образованию моноцитов), являющиеся позднодействующими специфическими ростовыми факторами.
- Из костного мозга и отдельных видов лейкоцитов (гранулоцитов и агранулоцитов) выделен комплекс полипептидных факторов, выполняющих функции специфических лейкопоэтинов.
- Важная роль в регуляции лейкопоэза отводится интерлейкинам. В частности, ИЛ-3 не только стимулирует гемопоэз, но и является фактором роста и развития базофилов. ИЛ-5 необходим для роста и развития эозинофилов. Многие интерлейкины (ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-6, ИЛ-7 и др.) являются факторами роста и дифференцировки Т- и В-лимфоцитов (см. раздел 6.2.2.8).
- Лейкоциты являются наиболее «подвижной» частью крови, быстро реагирующей на различные изменения в окружающей среде и организме развитием лейкоцитоза, что обеспечивается существованием клеточного резерва. Известны два типа гранулоцитарных резервов — сосудистый и костномозговой. *Сосудистый гранулоцитарный резерв* представляет собой большое количество гранулоцитов, расположенных вдоль стенок сосудистого русла, откуда они мобилизуются при повышении тонуса симпатического отдела автономной (вегетативной) нервной системы.
- Количество клеток *костномозгового гранулоцитарного резерва* в 30—50 раз превышает их количество в кровотоке. Мобилизация этого резерва происходит при инфекционных заболеваниях, сопровождается сдвигом лейкоцитарной формулы влево и обусловлена в основном воздействием эндотоксинов.
- Своеобразные изменения претерпевают лейкоциты в разные стадии адаптационного синдрома, что обусловлено действием гормонов гипофиза (АКТГ) и надпочечника (адреналина, кортизона, дезоксигидрокортизона). Уже через несколько часов после стрессорного воздействия развивается лейкоцитоз, который обусловлен выбросом нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов из депо крови. При этом число лейкоцитов не превышает 16—18 тыс. в 1 мкл. В стадии резистентности число и состав лейкоцитов мало отличаются от нормы. В стадии истощения развивается лейкоцитоз, сопровождающийся увеличением числа нейтрофилов и снижением числа лимфоцитов и эозинофилов.

Иммунный ответ

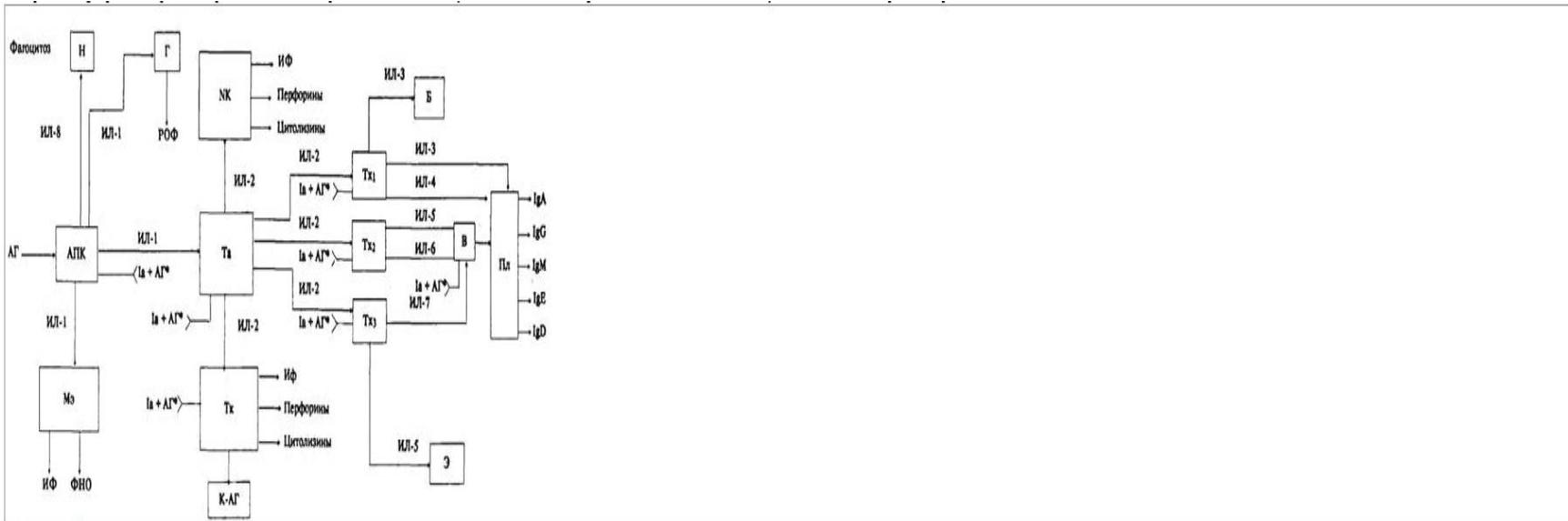


Схема 6.1. Иммунный ответ

АГ — антиген; АГ* — продукты деградации антигена; АПК — антигенпрезентирующая клетка; Б — базофил; В — В-лимфоцит; Г — гепатоцит; ИЛ — интерлейкин; ИФ — интерферон; К-АГ — чужеродная клетка; Мэ — макрофаг-эффектор; Н — нейтрофил; Пл — плазматическая клетка; РОФ — реактанты острой фазы воспаления; Та — Т-амплифайер; Тк — Т-киллер; Тх — Т-хелпер; ФНО — фактор некроза опухолей; Э — эозинофил; Ia — Ia-подобный белок; Ig — иммуноглобулин; НК — естественный киллер.

Тромбоциты-190-450*10⁹/л

- 2/3 кровяных пластинок циркулирует в крови, остальная часть депонирована в селезенку. Продолжительность жизни 8 сут. Фагоцитируют в селезенке, печени, костном мозге.
- Участвуют в системе свертывания крови, за счет способности к взаимной адгезии и агрегации, а также адгезии к стенке кровяных сосудов. Гранулы тромбоцита содержат факторы роста, стимулируют заживление раны.
- Тромбоцитопоз-из мегакариобластов развиваются мегакриоциты при их дифференцировки происходит отделение тромбоцитов, стимулирует синтезируемый в печени тромбопоэтин.

Функциональная система поддержания орт. Клеточных элементов крови

- Сигнальные молекулы эритропоэтины (рецепторы находятся в костном мозге, селезенке, лимфатических узлах, почках, гипоталамусе).
- Гормоны вилочковой железы- регулируют содержание лейкоцитов.
- Гормон тромбопоэтин синтезируется в печени стимулирует образование мегакариоцитов от которых отделяются кровяные пластинки –тромбоциты.

Функциональная система

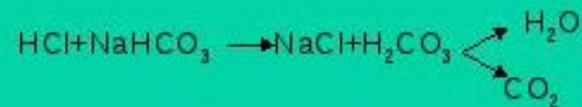
поддерживающая оптимальный для метаболизма уровень рН

- Кисотно-основное **КРОВИ** равновесие оценивается по величине рН, крови =7,35-7,40. в ходе метаболизма изменение рН ↓ ацидоз. ↑рН алкалоз.
- Буферные системы-это системы соединений, обладающие способностью связывать и отдавать Н и ОН, сохраняя кислотно-основное равновесие раствора при добавлении небольшого количества кислоты или основания.

Гидрокарбонатная буферная система

Гидрокарбонатная буферная система является основным внеклеточным буфером. Она состоит из угольной кислоты (H_2CO_3) и гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) или калия (KHCO_3). Соль, входящая в состав буферной системы, обладает свойствами основания и может быть акцептором ионов водорода. Образуется почками и является самой мощной буферной системой крови. Ей принадлежит 53% общего буферного действия крови (35% буферного действия плазмы и 18% эритроцита). При нормальном значении pH крови, равном 7,4, соотношение компонентов гидрокарбонатной буферной системы $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ составляет 1:20.

Действие гидрокарбонатной буферной системы крови при попадании в последнюю сильной кислоты или щёлочи можно иллюстрировать следующими реакциями:



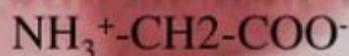
БЕЛКОВАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Второе название – аминокислотная БС.

Состоит из белков, большая часть которых представлена альбуминами. Максимальное действие осуществляет в плазме. Буферная мощность этой системы составляет 5% от общей буферной емкости крови.

Белки плазмы, выполняют роль буфера благодаря своим амфотерным свойствам. В **кислой среде подавляется диссоциация СООН-групп, а группы NH₂ связывают избыток H⁺, при этом белок заряжается положительно. В щелочной среде усиливается диссоциация карбоксильных групп, образующиеся H⁺ связывают избыток OH⁻-ионов и рН сохраняется, белки выступают как кислоты и заряжаются отрицательно.**

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ



При добавлении кислоты (+H⁺)



Идет присоединение протона к отрицательно заряженной группе и нейтрализация кислоты

При добавлении основания (+OH⁻)



Идет присоединение OH⁻ к положительно заряженной группе с выделением воды

Белковая буферная система в плазме тесно взаимодействует с гидрокарбонатной БС и противодействует изменению рН при возрастании CO₂ в крови.

Фосфатная буферная система

Фосфатная буферная система представляет собой смесь однозамещенного фосфата NaH_2PO_4 - слабой кислоты и соли этой кислоты двузамещённого фосфата Na_2HPO_4 , обладающего щелочными свойствами. Она составляет основу буферной системы тканей и некоторых биологических жидкостей (моча, пищеварительные соки и т.д.). Фосфатный буфер может действовать как в составе органических молекул, так и в качестве свободных ионов. Одна его молекула способна связывать до трёх катионов водорода. Эта буферная система имеет значение для внутриклеточного пространства.

Гемоглобиновая буферная система

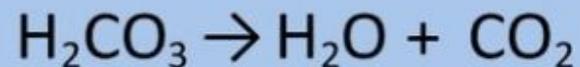
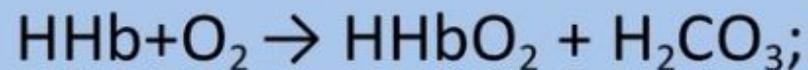
- самая мощная буферная система крови (75% буферной емкости крови).

Она состоит из:

HbH - слабая кислота

HbO₂ – сильная кислота

В малом круге: препятствует защелачиванию



В большом круге: препятствует закислению

