

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

ФУНКЦИИ КРОВИ.

ПЛАЗМА.

ФОРМЕННЫЕ

ЭЛЕМЕНТЫ



Кровь, лимфа, тканевая, спинномозговая, плевральная, суставная и другие жидкости образуют **внутреннюю среду организма**. Внутренняя среда отличается относительным постоянством своего состава и физико-химических свойств, что создает оптимальные условия для нормальной жизнедеятельности клеток организма.

Впервые положение о постоянстве внутренней среды организма сформулировал более 100 лет тому назад физиолог **КЛОД БЕРНАР**. Он пришел к заключению, что «постоянство внутренней среды организма есть условие независимого существования», т.е. жизни, свободной от резких колебаний внешней среды. В 1929 г. **УОЛТЕР КЭННОН** ввел термин *гомеостаз*.

- В настоящее время под гомеостазом понимают как *динамическое постоянство внутренней среды организма*, так и регулирующие механизмы, которые обеспечивают это состояние. Главная роль в поддержании гомеостаза принадлежит крови.
- В 1939 г. **Г.Ф. ЛАНГ** создал представление о системе *крови*, в которую он включил периферическую кровь, циркулирующую по сосудам, органы кроветворения и кроверазрушения, а также регулирующий нейрогуморальный аппарат.

Основные функции крови

- *ТРАНСПОРТНАЯ* — перенос различных веществ: кислорода, углекислого газа, питательных веществ, гормонов, медиаторов, электролитов, ферментов и др.
- *ДЫХАТЕЛЬНАЯ* (разновидность транспортной функции) — перенос кислорода от легких к тканям организма, углекислого газа — от клеток к легким.
- *ТРОФИЧЕСКАЯ* (разновидность транспортной функции) — перенос основных питательных веществ от органов пищеварения к тканям организма.



- *ЭКСКРЕТОРНАЯ* (разновидность транспортной функции) — транспорт конечных продуктов обмена веществ (мочевины, мочевой кислоты и др.), избытка воды, органических и минеральных веществ к органам их выделения (почки, потовые железы, легкие, кишечник).
- *ТЕРМОРЕГУЛЯТОРНАЯ* — перенос тепла от более нагретых органов к менее нагретым.
- *ЗАЩИТНАЯ* — осуществление неспецифического и специфического иммунитета; свертывание крови предохраняет от кровопотери при травмах.

- *РЕГУЛЯТОРНАЯ (гуморальная)* — доставка гормонов, пептидов ионов и других физиологически активных веществ от мест их синтеза к клеткам организма, что позволяет осуществлять регуляцию многих физиологических функций.
- *ГОМЕОСТАТИЧЕСКАЯ* — поддержание постоянства внутренней среды организма (кисотно-основного равновесия, водно-электролитного баланса и др.).

Объем и физико-химические свойства крови

- **Объем крови** — общее количество крови в организме взрослого человека составляет в среднем $6 \pm 8\%$ от массы тела, что соответствует $5\text{—}6$ л. Повышение общего объема крови называют гиперволемией, уменьшение — гиповолемией.
- **Относительная плотность крови** — $1.050\text{—}1.060$ зависит в основном от количества эритроцитов. Относительная плотность плазмы крови — $1.025\text{—}1.034$, определяется концентрацией белков.
- **Вязкость крови** — 5 усл.ед., плазмы — $1,7\text{—}2,2$ усл.ед., если вязкость воды принять за 1 . Обусловлена наличием в крови эритроцитов и в меньшей степени белков плазмы.

- **Осмотическое давление крови** — сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из менее в более концентрированный раствор. Осмотическое давление крови вычисляют криоскопическим методом путем определения **точки заморзания крови (депрессии)**, которая для нее равна $0,56 — 0,58^{\circ}\text{C}$. Осмотическое давление крови в среднем составляет 7,6 атм. Оно обусловлено растворенными в ней осмотически активными веществами, главным образом неорганическими электролитами, в значительно меньшей степени — белками. Около 60% осмотического давления создается солями натрия (NaCl).

- Осмотическое давление определяет распределение воды между тканями и клетками. Если эритроциты поместить в солевой раствор, имеющий осмотическое давление, одинаковое с кровью, они не изменяют свой объем. Такой раствор называют изотоническим, или физиологическим.

Это может быть 0,85% раствор хлористого натрия. В растворе, осмотическое давление которого выше осмотического давления крови, эритроциты сморщиваются, так как вода выходит из них в раствор. В растворе с более низким осмотическим давлением, чем давление крови, эритроциты набухают в результате перехода воды из раствора в клетку. Растворы с более высоким осмотическим давлением, чем давление крови, называются гипертоническими, а имеющие более низкое давление — гипотоническими.

- **Онкотическое давление крови** — часть осмотического давления, создаваемого белками плазмы. Оно равно 0,03—0,04 атм, или 25—30 мм рт.ст. Онкотическое давление в основном обусловлено альбуминами. Вследствие малых размеров и высокой гидрофильности они обладают выраженной способностью притягивать к себе воду, за счет чего она удерживается в сосудистом русле. При снижении онкотического давления крови происходит выход воды из сосудов в интерстициальное пространство, что приводит к отеку тканей.

- **Кислотно-основное состояние крови (КОС).**

Активная реакция крови обусловлена соотношением водородных и гидроксильных ионов.

Для определения активной реакции крови используют водородный показатель рН — концентрацию водородных ионов, которая выражается отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации ионов водорода. **В норме рН — 7,36 (реакция слабоосновная); артериальной крови — 7,4; венозной — 7,35.** При различных физиологических состояниях рН крови может изменяться от 7,3 до 7,5. Активная реакция крови является жесткой константой, обеспечивающей ферментативную деятельность.

- Крайние пределы рН крови, совместимые с жизнью, равны 7,0—7,8. Сдвиг реакции в кислую сторону называется *ацидозом*, который обусловливается увеличением в крови водородных ионов. Сдвиг реакции крови в щелочную сторону называется *алкалозом*. Это связано с увеличением концентрации гидроксильных ионов OH^- и уменьшением концентрации водородных ионов. Поддержание постоянства рН крови является важной физиологической задачей и обеспечивается буферными системами крови. К буферным системам крови относятся гемоглобиновая, карбонатная, фосфатная и белковая.

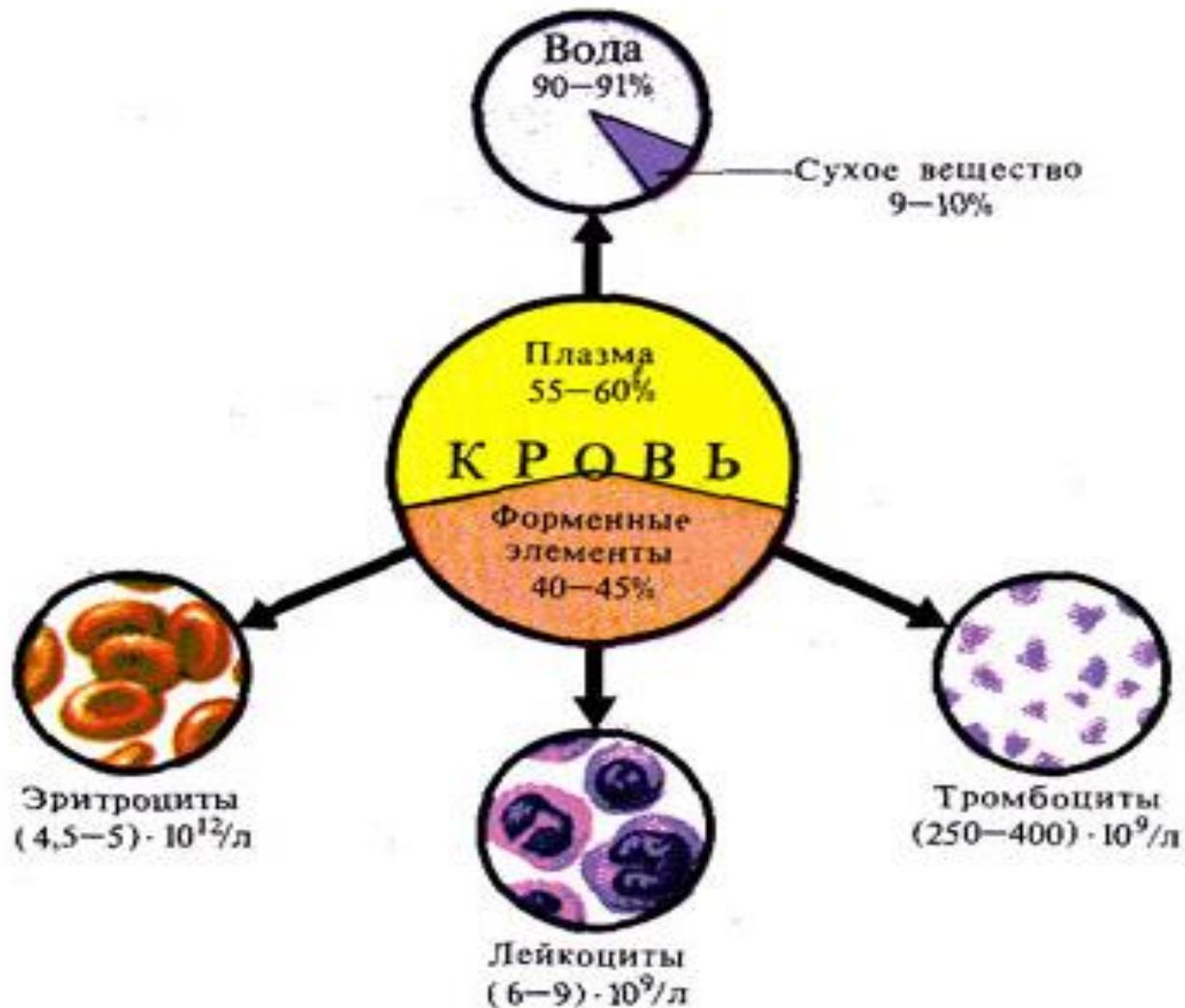
- **Гемоглобиновая буферная система** на 75% обеспечивает буферную емкость крови. Оксигемоглобин является более сильной кислотой, чем восстановленный гемоглобин.
- **Карбонатная буферная система** по своей мощности занимает второе место. Она представлена угольной кислотой (H_2CO_2) и бикарбонатом натрия или калия (NaHCO_2 , KHCO_3) в пропорции 1/20.
- **Фосфатная буферная система** состоит из натрия дигидрофосфата (NaH_2PO_4) и натрия гидрофосфата (Na_2HPO_4). Первое соединение обладает свойствами слабой кислоты и взаимодействует с поступившими в кровь щелочными продуктами. Второе соединение имеет свойства слабой щелочи и вступает в реакцию с более сильными кислотами.

- **Белковая буферная система** осуществляет роль нейтрализации кислот и щелочей благодаря амфотерным свойствам: в кислой среде белки плазмы ведут себя как основания, в основной — как кислоты.

Буферные системы имеются и в тканях, что способствует поддержанию рН тканей на относительно постоянном уровне. Главными буферами тканей являются белки и фосфаты.

Поддержание рН осуществляется также с помощью легких и почек. Через легкие удаляется избыток углекислоты. Почки при ацидозе выделяют больше кислого одноосновного фосфата натрия, а при алкалозе — больше щелочных солей: двухосновного фосфата натрия и бикарбоната натрия.

Состав крови



ПЛАЗМА КРОВИ

В состав плазмы крови входят вода (90 — 92%) и сухой остаток (8— 10%).

Сухой остаток состоит из органических и неорганических веществ. К органическим веществам плазмы крови относятся белки, которые составляют 7—8%. Белки представлены альбуминами (4,5%), глобулинами (2—3,5%) и фибриногеном (0,2—0,4%).

ФУНКЦИИ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ КРОВИ

- 1) коллоидно-осмотический и водный гомеостаз;
- 2) обеспечение агрегатного состояния крови;
- 3) кислотно-основной гомеостаз;
- 4) иммунный гомеостаз;
- 5) транспортная функция;
- 6) питательная функция;
- 7) участие в свертывании крови.



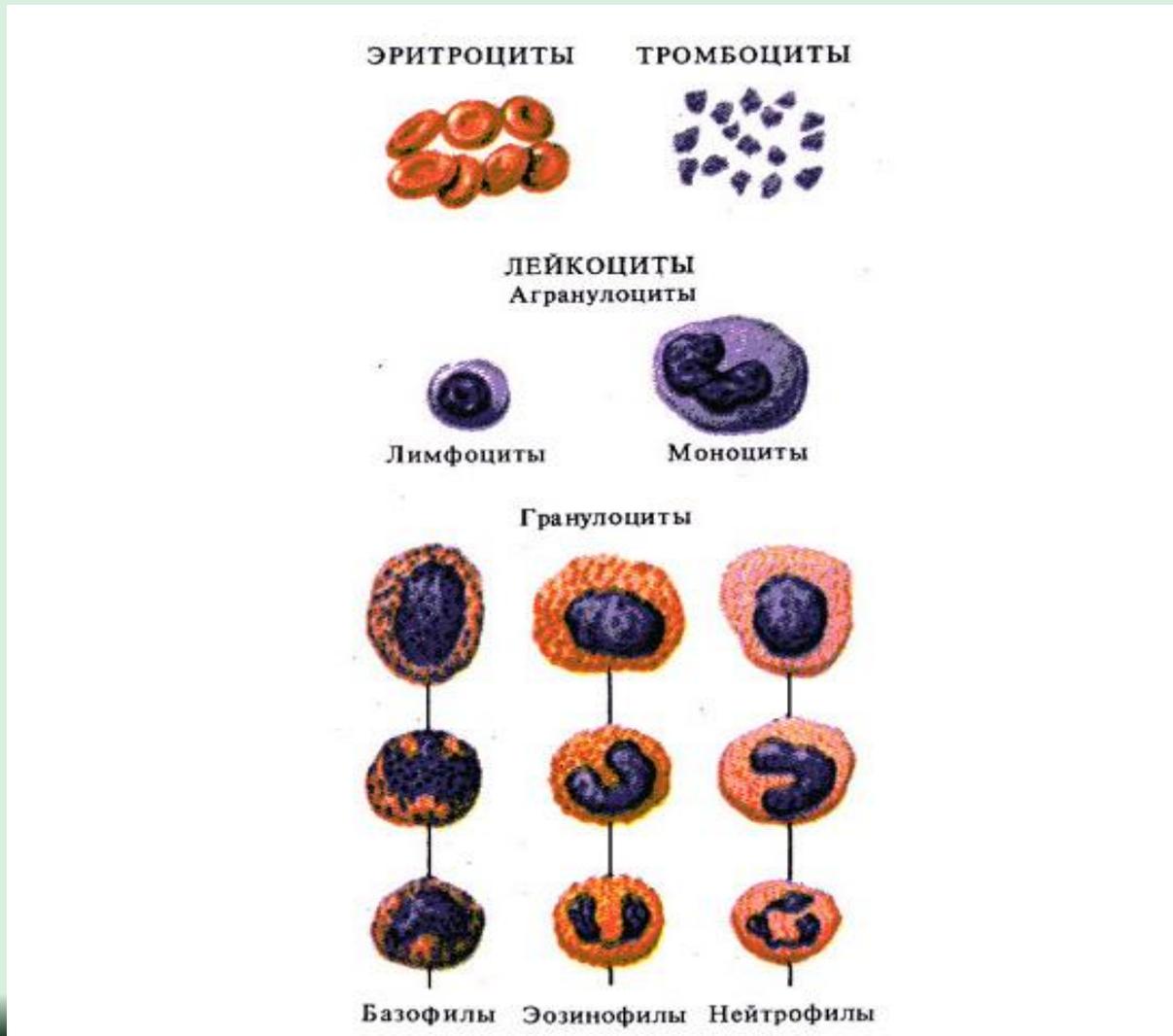
- **АЛЬБУМИНЫ** составляют около 60% всех белков плазмы. Благодаря относительно небольшой молекулярной массе (70000) и высокой концентрации альбумины создают 80% онкотического давления.
- **ГЛОБУЛИНЫ** подразделяются на несколько фракций: α -, β - и γ -глобулины.
- **ФИБРИНОГЕН** — первый фактор свертывания крови. Под воздействием тромбина переходит в нерастворимую форму — фибрин, обеспечивая образование сгустка крови.

- К органическим веществам плазмы крови относятся также **НЕБЕЛКОВЫЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ** (аминокислоты, полипептиды, мочевины, мочевая кислота, креатинин, аммиак). Общее количество небелкового азота в плазме, так называемого *остаточного азота*, составляет 11—15 ммоль/л (30—40 мг%).
- В плазме крови содержатся также **БЕЗАЗОТИСТЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА:** глюкоза 4,4—6,6 ммоль/л (80—120 мг%), нейтральные жиры, липиды, ферменты, расщепляющие гликоген, жиры и белки, проферменты и ферменты, участвующие в процессах свертывания крови и фибринолиза.

- Неорганические вещества плазмы крови составляют 0,9— 1%. К этим веществам относятся в основном катионы Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} и анионы Cl^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^- . Содержание катионов является более жесткой величиной, чем содержание анионов. Ионы обеспечивают нормальную функцию всех клеток организма, в том числе клеток возбудимых тканей, обуславливают осмотическое давление, регулируют pH.
- В плазме постоянно присутствуют все витамины, микроэлементы, промежуточные продукты метаболизма (молочная и пировиноградная кислоты).

Форменные элементы крови

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.



ЭРИТРОЦИТЫ

- В норме в крови у мужчин содержится $4,0—5,0 \times 10^{12}/л$, или 4 000 000-5 000 000 эритроцитов в 1 мкл, у женщин - $4,5 \times 10^{12}/л$, или 4 500 000 в 1 мкл. Повышение количества эритроцитов в крови называется эритроцитозом, уменьшение эритропенией, что часто сопутствует малокровию, или *анемии*. При анемии может быть снижено или число эритроцитов, или содержание в них гемоглобина, или и то и другое. Как эритроцитозы, так и эритропении бывают ложными в случаях сгущения или разжижения крови и истинными.

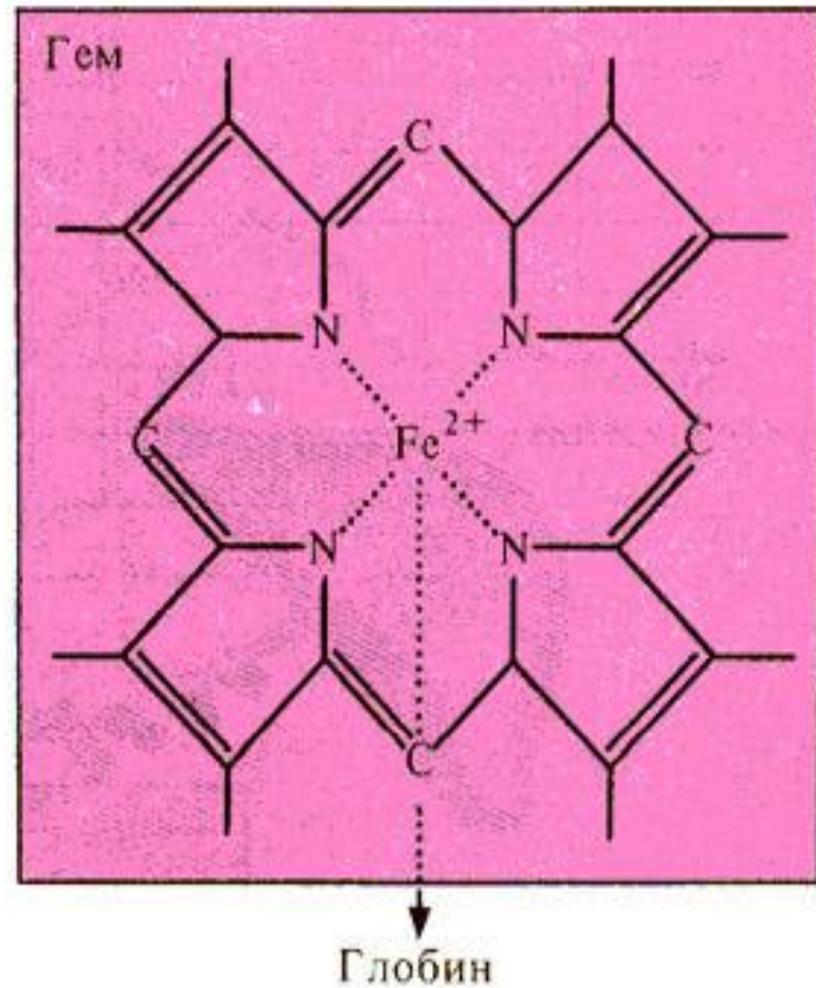
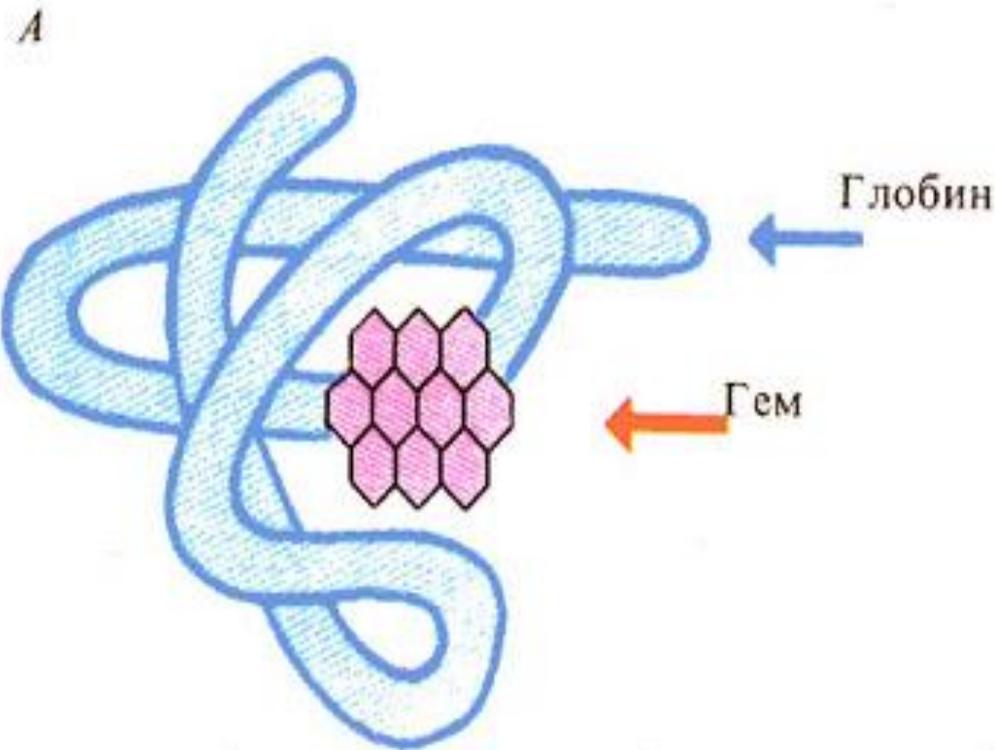
ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

- 1) основной функцией является **ДЫХАТЕЛЬНАЯ** — перенос кислорода от альвеол легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) **РЕГУЛЯЦИЯ PH КРОВИ** благодаря одной из мощнейших буферных систем крови — гемоглобиновой;
- 3) **ПИТАТЕЛЬНАЯ** — перенос на своей поверхности аминокислот от органов пищеварения к клеткам организма;
- 4) **ЗАЩИТНАЯ** — адсорбция на своей поверхности токсических веществ;
- 5) участие в **ПРОЦЕССЕ СВЕРТЫВАНИЯ КРОВИ** за счет содержания факторов свертывающей и противосвертывающей систем крови;
- 6) эритроциты являются **НОСИТЕЛЯМИ РАЗНООБРАЗНЫХ ФЕРМЕНТОВ** (холинэстераза, угольная ангидраза, фосфатаза) и витаминов (В1, В2, В3, аскорбиновая кислота);
- 7) эритроциты несут в себе **ГРУППОВЫЕ ПРИЗНАКИ КРОВИ**.

ГЕМОГЛОБИН И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

- **Гемоглобин** — особый белок хромопротеид, благодаря которому эритроциты выполняют дыхательную функцию и поддерживают рН крови. У мужчин в крови содержится в среднем 130—160 г/л гемоглобина, у женщин — 120—150 г/л.
- Гемоглобин состоит из белка глобина и 4 молекул гема. Гем имеет в своем составе атом железа, способный присоединять или отдавать молекулу кислорода. При этом валентность железа, к которому присоединяется кислород, не изменяется, т.е. железо остается двухвалентным.

МОЛЕКУЛА ГЕМОГЛОБИНА И ЕГО ФОРМУЛА



• Гемоглобин, присоединивший к себе кислород, превращается в **ОКСИГЕМОГЛОБИН**. Это соединение непрочное. В виде оксигемоглобина переносится большая часть кислорода. Гемоглобин, отдавший кислород, называется *восстановленным*, или **ДЕЗОКСИГЕМОГЛОБИНОМ**. Гемоглобин, соединенный с углекислым газом, носит название **КАРБГЕМОГЛОБИНА**. Это соединение также легко распадается. В виде карбгемоглобина переносится 20% углекислого газа.

В особых условиях гемоглобин может вступать в соединение и с другими газами. Соединение гемоглобина с угарным газом (СО) называется **КАРБОКСИГЕМОГЛОБИНОМ**.

- При некоторых патологических состояниях, например, при отравлении сильными окислителями (бертолетовой солью, перманганатом калия и др.) образуется прочное соединение гемоглобина с кислородом — **МЕТГЕМОГЛОБИН**, в котором происходит окисление железа, и оно становится трехвалентным. В результате этого гемоглобин теряет способность отдавать кислород тканям, что может привести к гибели человека.
- В скелетных и сердечной мышцах находится мышечный гемоглобин, называемый **МИОГЛОБИНОМ**. Он играет важную роль в снабжении кислородом работающих мышц.

- Имеется несколько форм гемоглобина, отличающихся строением белковой части — ГЛОБИНА. У плода содержится гемоглобин F. В эритроцитах взрослого человека преобладает гемоглобин A (90%). Различия в строении белковой части определяют сродство гемоглобина к кислороду. У фетального гемоглобина оно намного больше, чем у гемоглобина A. Это помогает плоду не испытывать гипоксии при относительно низком парциальном напряжении кислорода в его крови.

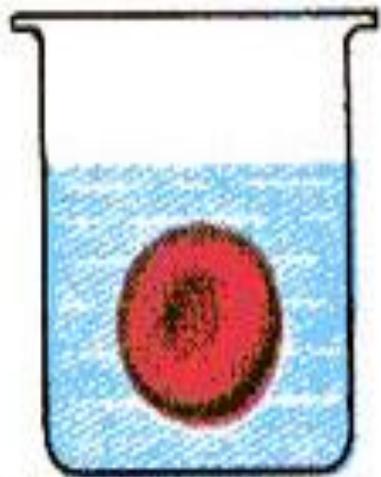
- **В клинических условиях принято вычислять степень насыщения эритроцитов гемоглобином. Это так называемый цветовой показатель. В норме он равен 1. Такие эритроциты называются *нормохромными*. При цветовом показателе более 1,1 эритроциты *гиперхромные*, менее 0,85 — *гипохромные*. Цветовой показатель важен для диагностики анемий различной этиологии.**

ГЕМОЛИЗ

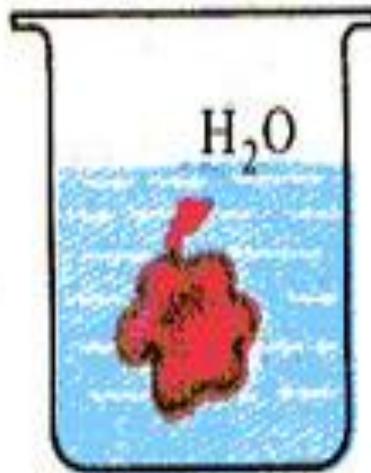
Процесс разрушения оболочки эритроцитов и выход гемоглобина в плазму крови называется гемолизом. При этом плазма окрашивается в красный цвет и становится прозрачной — «лаковая кровь». Различают несколько видов гемолиза.

- **ОСМОТИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** может возникнуть в гипотонической среде. Концентрация раствора NaCl, при которой начинается гемолиз, носит название *осмотической резистентности эритроцитов*. Для здоровых людей границы минимальной и максимальной стойкости эритроцитов находятся в пределах от 0,4 до 0,34%.

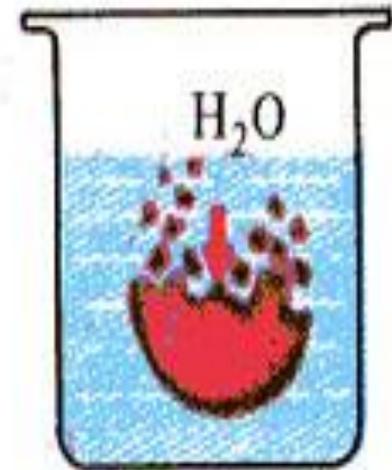
ОСМОТИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ



Изотонический
раствор NaCl
(0,9%)



Гипертонический
раствор NaCl
($>0,9\%$)



Гипотонический
раствор NaCl
($<0,9\%$)

- **ХИМИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** может быть вызван хлороформом, эфиром, разрушающими белково-липидную оболочку эритроцитов.
 - **БИОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** встречается при действии ядов змей, насекомых, микроорганизмов, при переливании несовместимой крови под влиянием иммунных гемолизинов.
 - **ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГЕМОЛИЗ** возникает при замораживании и размораживании крови в результате разрушения оболочки эритроцитов кристалликами льда.
 - **МЕХАНИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** происходит при сильных механических воздействиях на кровь, например встряхивании ампулы с кровью.
- 

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Скорость оседания эритроцитов у здоровых мужчин составляет 2—10 мм в час, у женщин — 2 — 15 мм в час. СОЭ зависит от многих факторов: количества, объема, формы и величины заряда эритроцитов, их способности к агрегации, белкового состава плазмы. СОЭ увеличивается при беременности, стрессе, воспалительных, инфекционных и онкологических заболеваниях, при уменьшении числа эритроцитов, при увеличении содержания фибриногена. СОЭ снижается при увеличении количества альбуминов. Многие стероидные гормоны (эстрогены, глюкокортикоиды), а также лекарственные вещества (салицилаты) вызывают повышение СОЭ.

ЭРИТРОПОЭЗ

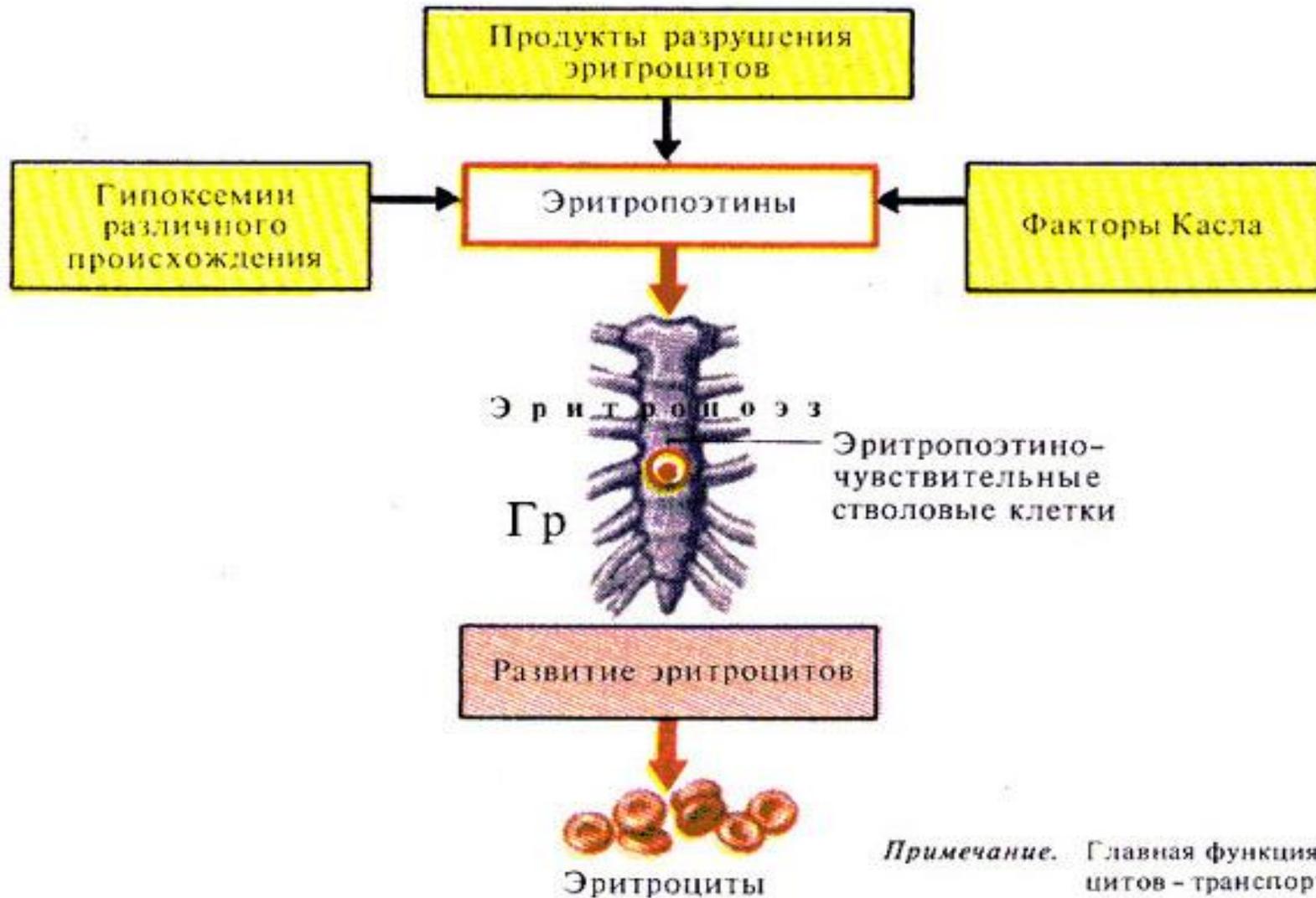
- Образование эритроцитов, или *эритропоэз*, происходит в красном костном мозге. Эритроциты вместе с кроветворной тканью носят название «красного ростка крови», или *эритрона*.
- Для образования эритроцитов требуются железо и ряд витаминов, в том числе, *витамин В12* (цианокобаламин) и *фолиевая кислота*. **ВИТАМИН В12** поступает в организм с пищей и называется внешним фактором кроветворения. Для его всасывания необходимо вещество (гастромукопротеид), которое вырабатывается железами слизистой оболочки пилорического отдела желудка и носит название внутреннего фактора кроветворения Касла.

- *Витамин В12* (рибофлавин) необходим для образования липидной стромы эритроцитов.
- *Витамин В2* (пиридоксин) участвует в образовании гема.
- *Витамин С* стимулирует всасывание железа из кишечника, усиливает действие фолиевой кислоты.
- *Витамин Е* (α-токоферол) и *витамин РР* (пантотеновая кислота) укрепляют липидную оболочку эритроцитов, защищая их от гемолиза.

- Для нормального эритропоэза необходимы микроэлементы. **МЕДЬ** помогает всасыванию железа в кишечнике и способствует включению железа в структуру гема. **НИКЕЛЬ И КОБАЛЬТ** участвуют в синтезе гемоглобина и гемсодержащих молекул, утилизирующих железо. В организме 75% **ЦИНКА** находится в эритроцитах в составе фермента карбоангидразы. Недостаток цинка вызывает лейкопению. **СЕЛЕН**, взаимодействуя с витамином Е, защищает мембрану эритроцита от повреждения свободными радикалами.

- Физиологическими регуляторами эритропоэза являются эритропоэтины, образующиеся главным образом в почках, а также в печени, селезенке и в небольших количествах постоянно присутствующие в плазме крови здоровых людей. Продукция эритропоэтинов стимулируется при гипоксии различного происхождения: пребывание человека в горах, кровопотеря, анемия, заболевания сердца и легких. **ЭРИТРОПОЭЗ АКТИВИРУЕТСЯ** мужскими половыми гормонами, что обуславливает большее содержание эритроцитов в крови у мужчин, чем у женщин. Стимуляторами эритропоэза являются соматотропный гормон, тироксин, катехоламины, интерлейкины. **ТОРМОЖЕНИЕ ЭРИТРОПОЭЗА** вызывают особые вещества — ингибиторы эритропоэза, образующиеся при увеличении массы циркулирующих эритроцитов, например у спустившихся с гор людей, а также женские половые гормоны (эстрогены), кейлоны. Симпатическая н. с. активирует эритропоэз, парасимпатическая — тормозит.

ФАКТОРЫ, СТИМУЛИРУЮЩИЕ ЭРИТРОПОЭЗ



ЛЕЙКОЦИТЫ

- Лейкоциты, или белые кровяные тельца, представляют собой бесцветные клетки, содержащие ядро и протоплазму, размером от 8 до 20 мкм.
- Количество лейкоцитов в периферической крови взрослого человека колеблется в пределах $4,0—9,0 \times 10^9$ /л, или 4000—9000 в 1 мкл. Увеличение количества лейкоцитов в крови называется лейкоцитозом, уменьшение — лейкопенией.
Лейкоцитозы могут быть физиологическими и патологическими (реактивными). Среди физиологических лейкоцитозов различают пищевой, миогенный, эмоциональный, а также лейкоцитоз, возникающий при беременности.

- В клинике имеет значение не только общее количество лейкоцитов, но и процентное соотношение всех видов лейкоцитов, получившее название лейкоцитарной формулы, или лейкограммы.

Лейкоцитарная формула здорового человека (в %):

- **НЕЙТРОФИЛЫ.** Юные 0-1%
Палочкоядерные 1-5% Сегментоядерные 45-65%.
- **БАЗОФИЛЫ** 0-1%
- **ЭОЗИНОФИЛЫ** 1-5%
- **ЛИМФОЦИТЫ** 25-45%
- **МОНОЦИТЫ** 2-8%

При ряде заболеваний характер лейкоцитарной формулы меняется. Увеличение количества юных и палочкоядерных нейтрофилов называется **сдвигом лейкоцитарной формулы влево.** Он свидетельствует об обновлении крови и наблюдается при острых инфекционных и воспалительных заболеваниях, а также при лейкозах.

Основная функция **НЕЙТРОФИЛОВ** — фагоцитоз бактерий и продуктов распада тканей с последующим перевариванием их при помощи лизосомных ферментов (протеазы, пептидазы, оксидазы, дезоксирибонуклеазы). Нейтрофилы первыми приходят в очаг повреждения. Так как они являются сравнительно небольшими клетками, то их называют **микрофагами**. Нейтрофилы оказывают цитотоксическое действие, а также продуцируют интерферон, обладающий противовирусным действием. Активированные нейтрофилы выделяют арахидоновую кислоту, которая является предшественником лейкотриенов, тромбоксанов и простагландинов.



ЭОЗИНОФИЛЫ также обладают способностью к фагоцитозу, но это не имеет серьезного значения из-за их небольшого количества в крови. Основной функцией эозинофилов является обезвреживание и разрушение токсинов белкового происхождения, чужеродных белков, а также комплекса антиген-антитело. Эозинофилы продуцируют фермент гистаминазу, который разрушает гистамин, освобождающийся из поврежденных базофилов и тучных клеток при различных аллергических состояниях, глистных инвазиях, аутоиммунных заболеваниях. Эозинофилы осуществляют противоглистный иммунитет, оказывая на личинку цитотоксическое действие.

БАЗОФИЛЫ продуцируют и содержат биологически активные вещества (гепарин, гистамин и др.), чем и обусловлена их функция в организме. Гепарин препятствует свертыванию крови в очаге воспаления. Гистамин расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению. В базофилах содержатся также гиалуроновая кислота, влияющая на проницаемость сосудистой стенки; фактор активации тромбоцитов (ФАТ); тромбоксаны, способствующие агрегации тромбоцитов; лейкотриены и простагландины. При аллергических реакциях (крапивница, бронхиальная астма, лекарственная болезнь) под влиянием комплекса антиген-антитело происходит дегрануляция базофилов и выход в кровь биологически активных веществ, в том числе гистамина.

МОНОЦИТЫ обладают выраженной фагоцитарной функцией. Это самые крупные клетки периферической крови и их называют **МАКРОФАГАМИ**. Моноциты находятся в крови 2-3 дня, затем они выходят в окружающие ткани, где, достигнув зрелости, превращается в тканевые макрофаги (гистиоциты). Моноциты способны фагоцитировать микробы в кислой среде, когда нейтрофилы не активны. Фагоцитируя микробы, погибшие лейкоциты, поврежденные клетки тканей, моноциты очищают место воспаления и подготавливают его для регенерации. Моноциты синтезируют отдельные компоненты системы комплемента. Активированные моноциты и тканевые макрофаги продуцируют цитотоксины, интерлейкин (ИЛ-1), фактор некроза опухолей (ФНО), интерферон.

- **ЛИМФОЦИТЫ** являются центральным звеном иммунной системы организма. Они осуществляют формирование специфического иммунитета, синтез защитных антител, лизис чужеродных клеток, реакцию отторжения трансплантата, обеспечивают иммунную память. Лимфоциты образуются в костном мозге, а дифференцировку проходят в тканях.

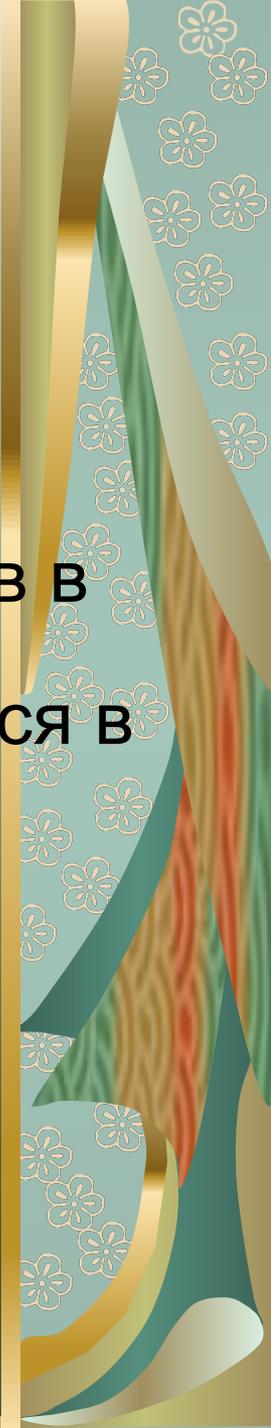


- Лимфоциты, созревание которых происходит в вилочковой железе, называются *T-лимфоцитами* (тимусзависимые). Различают несколько форм T-лимфоцитов. *T—КИЛЛЕРЫ* (УБИЙЦЫ) осуществляют реакции клеточного иммунитета, лизируя чужеродные клетки, возбудителей инфекционных заболеваний, опухолевые клетки, клетки-мутанты. *T-ХЕЛПЕРЫ* (ПОМОЩНИКИ), взаимодействуя с В-лимфоцитами, превращают их в плазматические клетки, т.е. помогают течению гуморального иммунитета. *T-СУПРЕССОРЫ* (УГНЕТАТЕЛИ) блокируют чрезмерные реакции В-лимфоцитов. Имеются также T-хелперы и T-супрессоры, регулирующие клеточный иммунитет. *T-КЛЕТКИ ПАМЯТИ* хранят информацию о ранее действующих антигенах.

В-ЛИМФОЦИТЫ (БУРСОЗАВИСИМЫЕ)

проходят дифференцировку у человека в лимфоидной ткани кишечника, нёбных и глоточных миндалин. В-лимфоциты осуществляют реакции гуморального иммунитета. Большинство В-лимфоцитов являются антителопродуцентами. В-лимфоциты в ответ на действие антигенов в результате сложных взаимодействий с Т-лимфоцитами и моноцитами превращаются в плазматические клетки. Плазматические клетки вырабатывают антитела, которые распознают и специфически связывают соответствующие антигены.

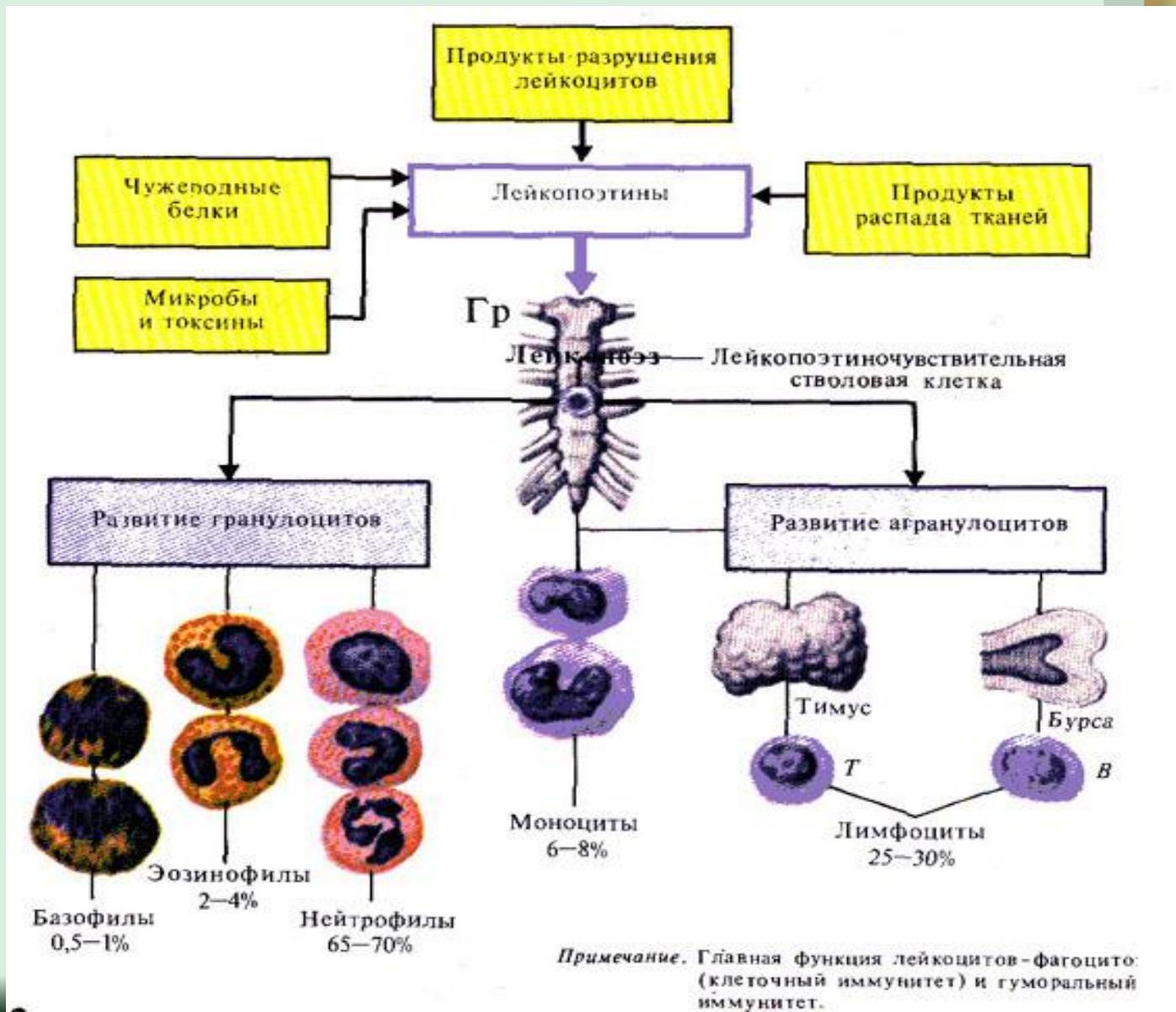
0-ЛИМФОЦИТЫ (НУЛЕВЫЕ) не проходят дифференцировку и являются как бы резервом Т- и В-лимфоцитов.



ЛЕЙКОПОЭЗ

- Все лейкоциты образуются в красном костном мозге из единой стволовой клетки. Предшественники лимфоцитов первыми ответвляются от общего древа стволовых клеток; формирование лимфоцитов происходит во вторичных лимфатических органах.
- Лейкопоэз стимулируется специфическими ростовыми факторами, которые воздействуют на определенные предшественники гранулоцитарного и моноцитарного рядов.

ФАКТОРЫ, СТИМУЛИРУЮЩИЕ ЛЕЙКОПОЭЗ



ТРОМБОЦИТЫ

- Тромбоциты, или кровяные пластинки — плоские клетки неправильной округлой формы диаметром 2—5 мкм. Тромбоциты человека не имеют ядер. Количество тромбоцитов в крови человека составляет $180-320 \times 10^9/\text{л}$, или 180 000-320 000 в 1 мкл. Имеют место суточные колебания: днем тромбоцитов больше, чем ночью. Увеличение содержания тромбоцитов в периферической крови называется *тромбоцитозом*, уменьшение — *тромбоцитопенией*.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА, ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ПОСТОЯНСТВО ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ

