



**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 (кислотно-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 — 8% от массы тела, что соответствует 5—6 л. Повышение общего объема крови называют гиперволемией, уменьшение — гиповолемией.
- **Относительная плотность крови** — 1.050 — 1.060 зависит в основном от количества эритроцитов. Относительная плотность плазмы крови — 1.025—1.034, определяется концентрацией белков.
- **Вязкость крови** — 5 усл.ед., плазмы — 1,7—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  $0,56 — 0,58^{\circ}$  С. 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.

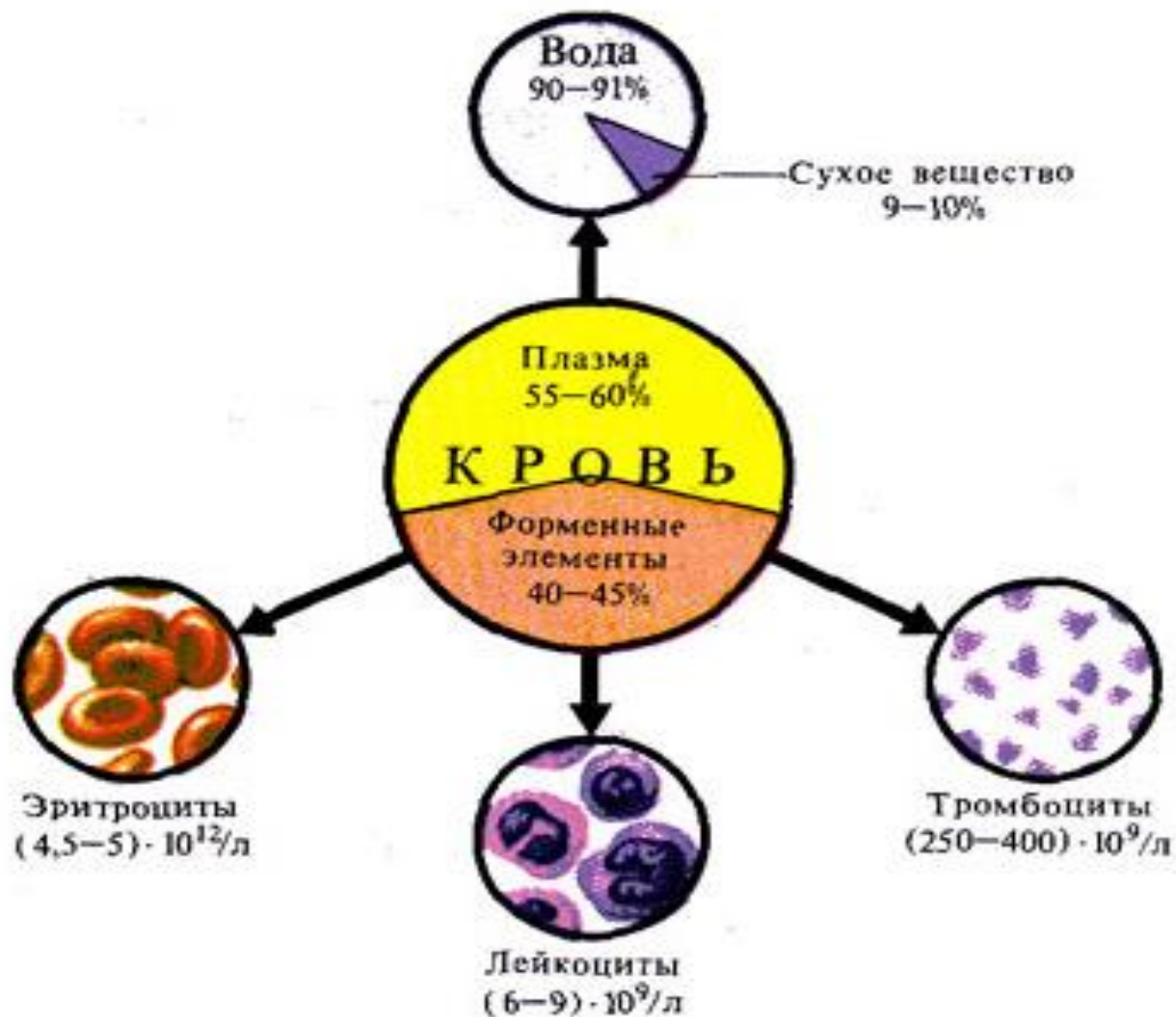
Крайние пределы рН крови, совместимые с жизнью, равны 7,0—7,8. Сдвиг реакции в кислую сторону называется *ацидозом*, который обусловливается увеличением в крови водородных ионов. Сдвиг реакции крови в щелочную сторону называется *алкалозом*. Это связано с увеличением концентрации гидроксильных ионов  $\text{OH}^-$  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 и бикарбонатом натрия или калия в пропорции 1/20.
- *Фосфатная буферная система* состоит из натрия дигидрофосфата ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) и натрия гидрофосфата ( $\text{NaHPO}_4$ ). 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:  $\alpha$ -,  $\beta$  - и  $\gamma$ -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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . 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      ТРОМБОЦИТЫ



ЛЕЙКОЦИТЫ  
Агранулоциты



Лимфоциты



Моноциты

Гранулоциты



Базофилы



Эозинофилы



Нейтрофилы

## 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 (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, аскорбиновая кислота);
- 7) эритроциты несут в себе ГРУППОВЫЕ ПРИЗНАКИ КРОВИ.

# На состав красной крови существенно влияют:

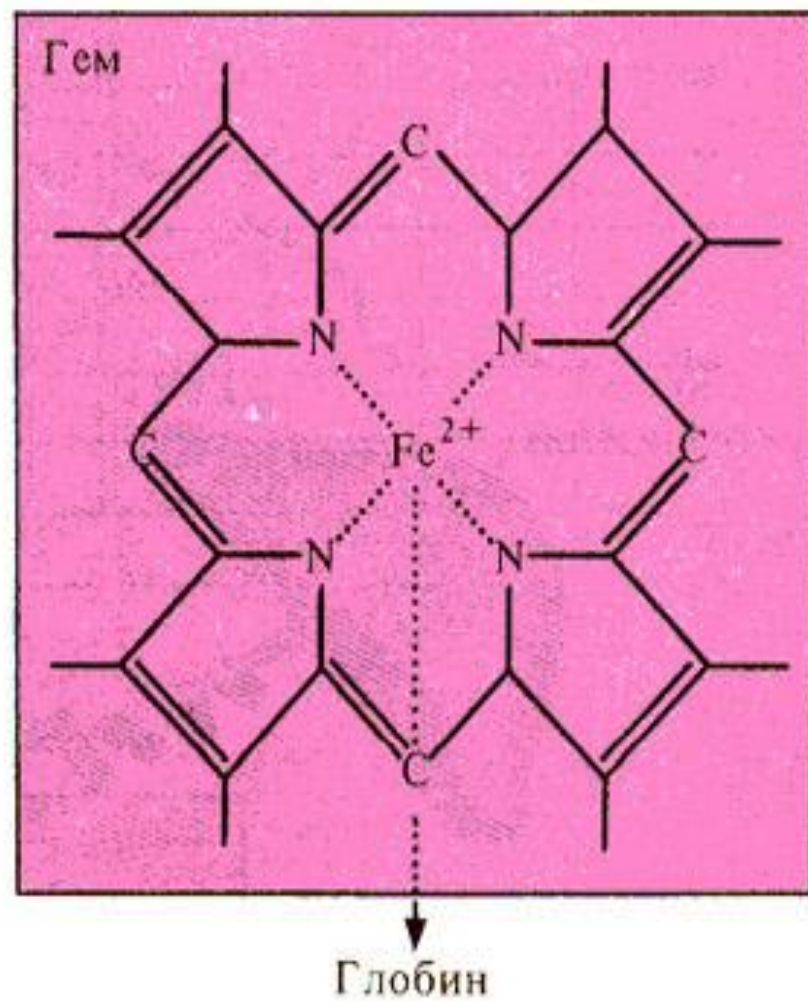
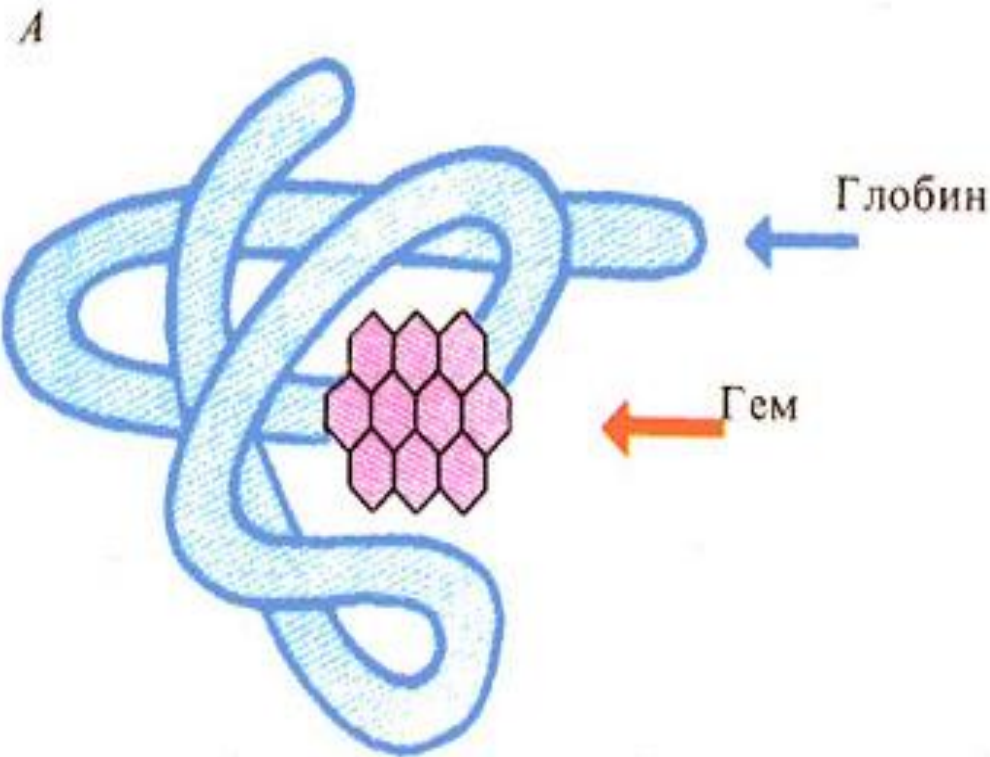
- Сезонные и климатические факторы
- Психоэмоциональные факторы
- Физическая нагрузка
- Барометрическое давление
- Оварио-менструальный цикл и беременность (самые низкие величины – в предменструальный период. Во время беременности – *относительная эритропения.*)

# 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 сродство к кислороду 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

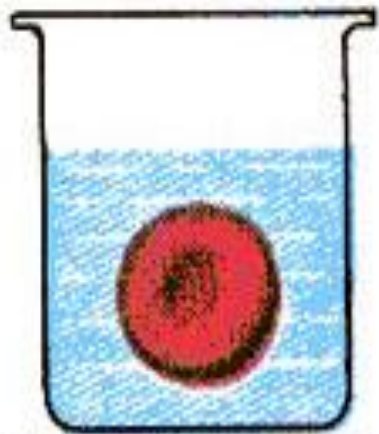
Процесс разрушения оболочки эритроцитов и выход гемоглобина в плазму крови называется гемолизом.

При этом плазма окрашивается в красный цвет и становится прозрачной — «лаковая кровь». Различают несколько видов гемолиза.

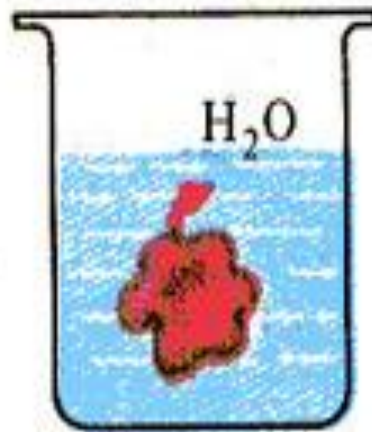
**1. ОСМОТИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** может возникнуть в гипотонической среде. Концентрация раствора NaCl, при которой начинается гемолиз, носит название *осмотической резистентности эритроцитов*.

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  
( $<0,9\%$ )



- **2. ХИМИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** может быть вызван хлороформом, эфиром, разрушающими белково-липидную оболочку эритроцитов.
- **3. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ** встречается при действии ядов змей, насекомых, микроорганизмов, при переливании несовместимой крови под влиянием иммунных гемолизин.
- **4. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГЕМОЛИЗ** возникает при замораживании и размораживании крови в результате разрушения оболочки эритроцитов кристалликами льда.
- **5. 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** – внешний фактор кроветворения. Он необходим для синтеза нуклеопротеидов, нормального созревания и деления ядер клеток, а также для синтеза глобина.
- **Витамин В9** – фолиевая кислота – является синергистом цианкобаламина. Он поддерживает синтез ДНК в клетках костного мозга, способствует созреванию и делению ядер клеток, участвует в синтезе глобина.

- **Витамин В1** (рибофлавин) необходим для образования липидной стромы эритроцитов.
- **Витамин В2** (пиридоксин) участвует в образовании гема.
- **Витамин С** стимулирует всасывание железа из кишечника, способствует метаболизму фолиевой кислоты в эритроблестах.
- **Витамин Е** (α-токоферол) и **витамин РР** (пантотеновая кислота) укрепляют липидную оболочку эритроцитов, защищая их от гемолиза.

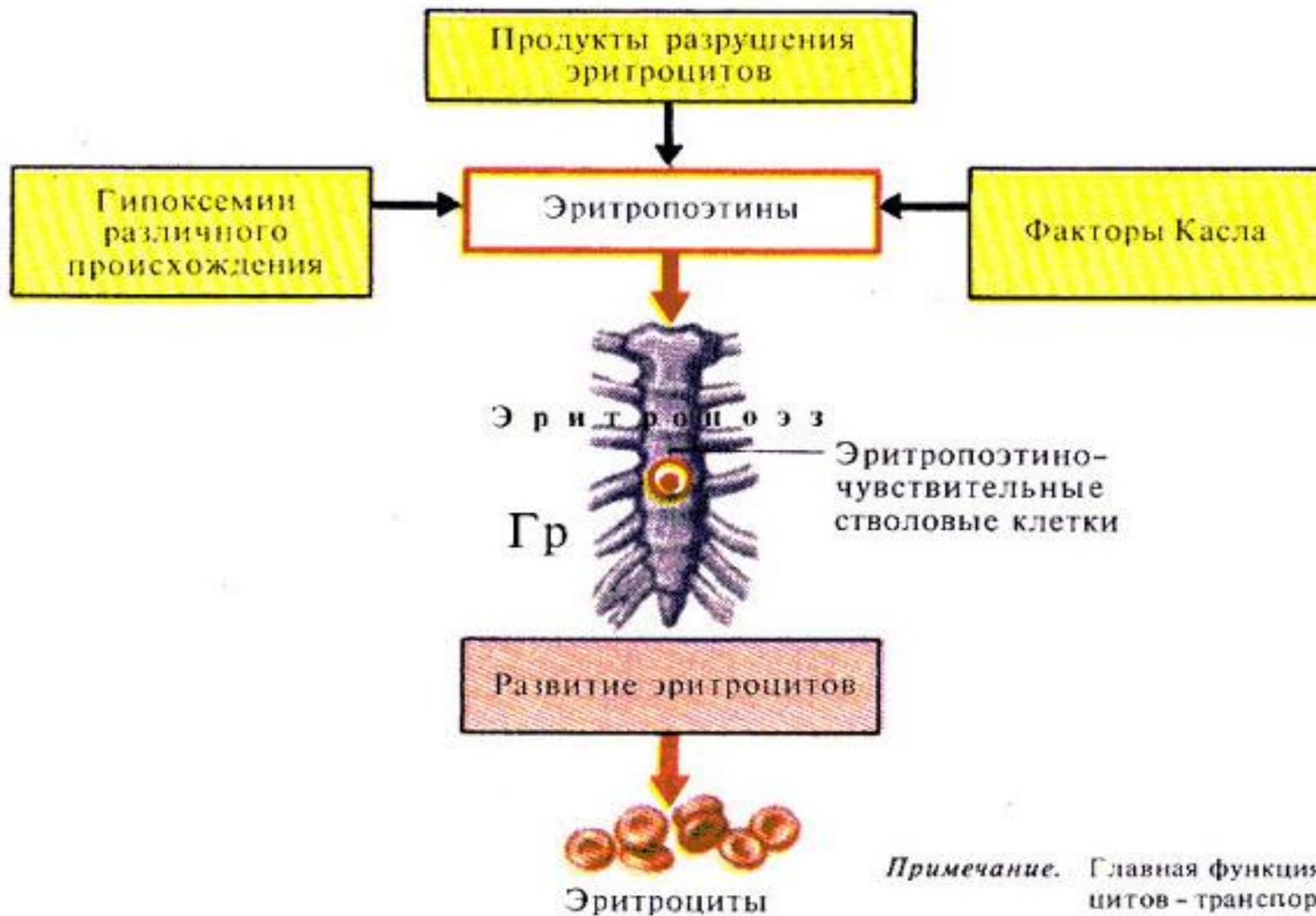
- Для нормального эритропоэза необходимы микроэлементы. **МЕДЬ** помогает всасыванию железа в кишечнике и способствует включению железа в структуру гема. **НИКЕЛЬ** и **КОБАЛЬТ** участвуют в синтезе гемоглобина и гемсодержащих молекул, утилизирующих железо. В организме 75% **ЦИНКА** находится в эритроцитах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



- Эритропоэз требует **ежедневно от 20 до 25 мг железа**. Почти 95% этого количества организм получает из гемоглобина разрушающихся эритроцитов, а 5% поступает с пищей.
- Основными формами резервного железа в депо является ферритин (водорастворимый белковый хромопротеид) и гемосидерин (высокомолекулярные ферробелковые агрегаты).

- 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).

Физиологические лейкоцитозы характеризуются:

- 1) Небольшим увеличением количества лейкоцитов
- 2) Кратковременностью
- 3) Отсутствием изменений относительного количества различных видов лейкоцитов

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЛЕЙКОЦИТОЗЫ:

- **ПИЩЕВОЙ** (количество редко выходит за верхнюю границу физиологической нормы)
- **МИОГЕННЫЙ** (может возрасти в 3-5 раз. Носит как перераспределительный, так и истинный характер)
- **ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ И БОЛЕВОЙ**
- **ЛЕЙКОЦИТОЗ БЕРЕМЕННЫХ И ПРЕДМЕНСТРУАЛЬНЫЙ**

- 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.

**ЭОЗИНОФИЛЫ** : 1. Обладают способностью к фагоцитозу, но это не имеет серьезного значения из-за их небольшого количества в крови. 2. Основной функцией эозинофилов является обезвреживание и разрушение токсинов белкового происхождения, чужеродных белков, а также комплекса антиген-антитело.

3. Продуцируют фермент гистаминазу, который разрушает гистамин, освобождающийся из поврежденных базофилов и тучных клеток при различных аллергических состояниях, глистных инвазиях, аутоиммунных заболеваниях. 4. Осуществляют противоглистный иммунитет, оказывая на личинку цитотоксическое действие.

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.

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

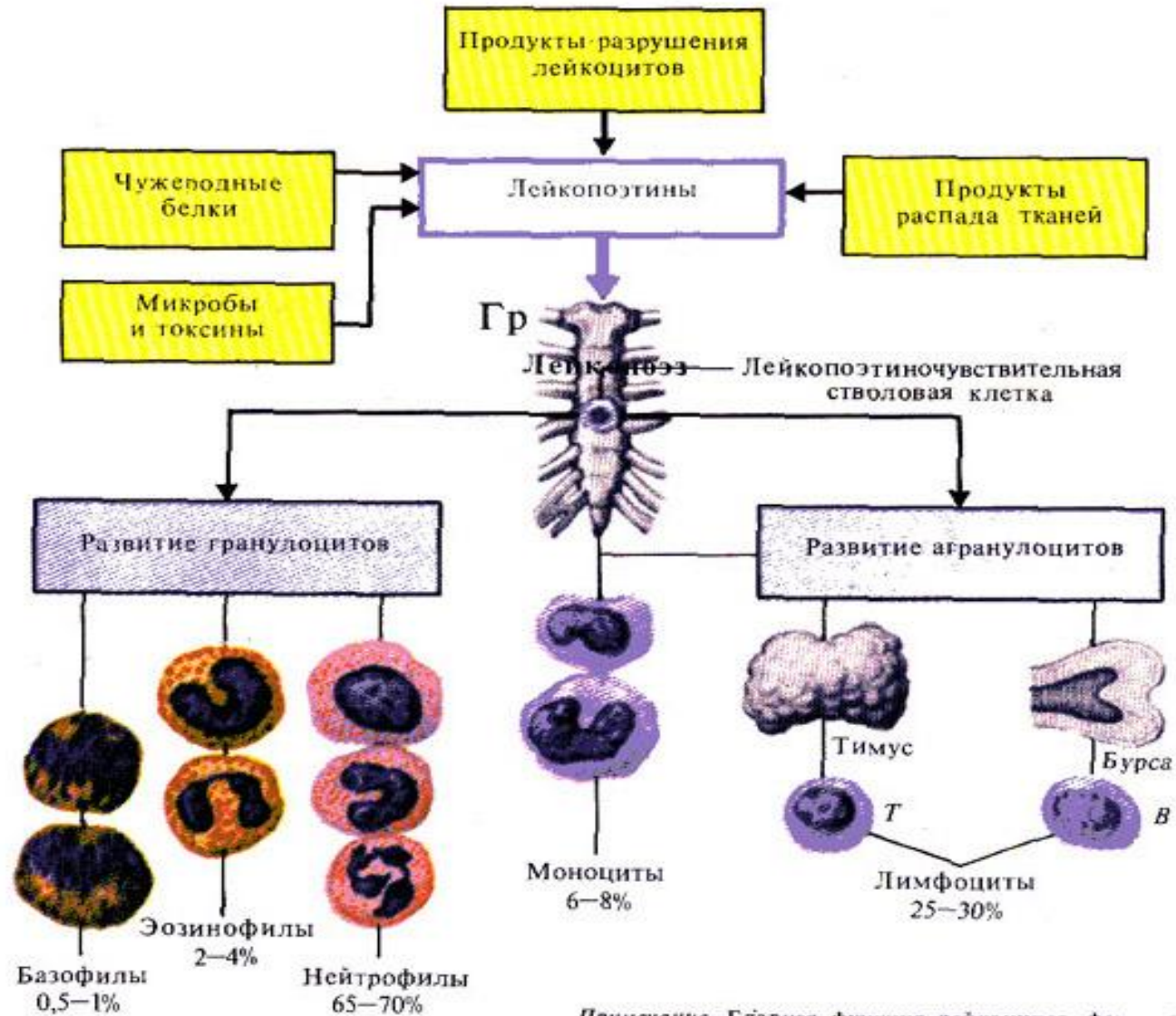
**В-ЛИМФОЦИТЫ (БУРСОЗАВИСИМЫЕ)** проходят дифференцировку у человека в лимфоидной ткани кишечника, нёбных и глоточных миндалин. В-лимфоциты осуществляют реакции гуморального иммунитета. Большинство В-лимфоцитов являются антителопродуцентами. В-лимфоциты в ответ на действие антигенов в результате сложных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

**о-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



*Примечание.* Главная функция лейкоцитов-фагоцитоз (клеточный иммунитет) и гуморальный иммунитет.

# 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

