

Дисциплина: АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

## ЛЕКЦИЯ

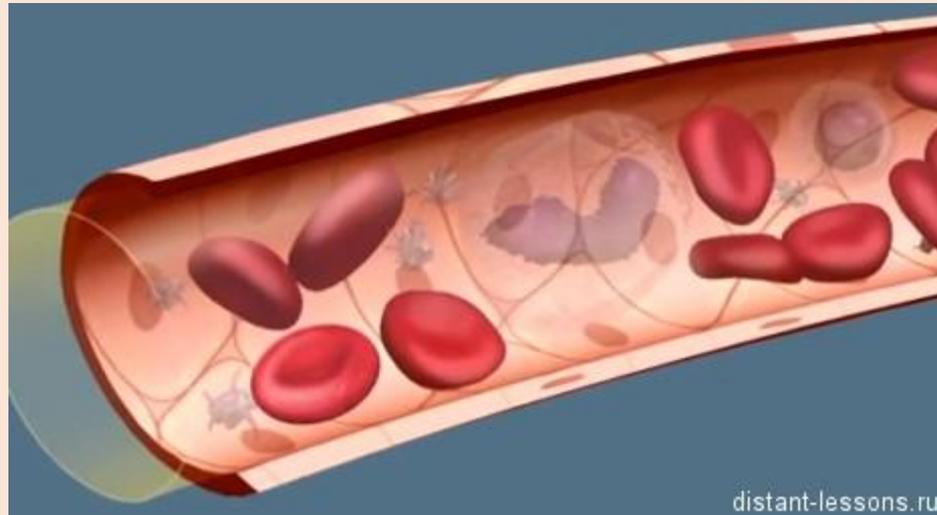
**Тема.** Кровь как жидкая ткань.  
Состав и функции крови. Гомеостаз.

Преподаватель: Серкова Е. Д.



## План:

1. *Основные понятия.*
2. *Функция и состав крови.*
3. *Группы крови.*
4. *Переливание крови.*



Кровь, лимфа и тканевая жидкость составляют **внутреннюю среду организма**

**Кровь** – это жидкая ткань, циркулирующая по сосудам, осуществляющая транспорт веществ и обеспечивающая питание и обмен веществ всех клеток организма.

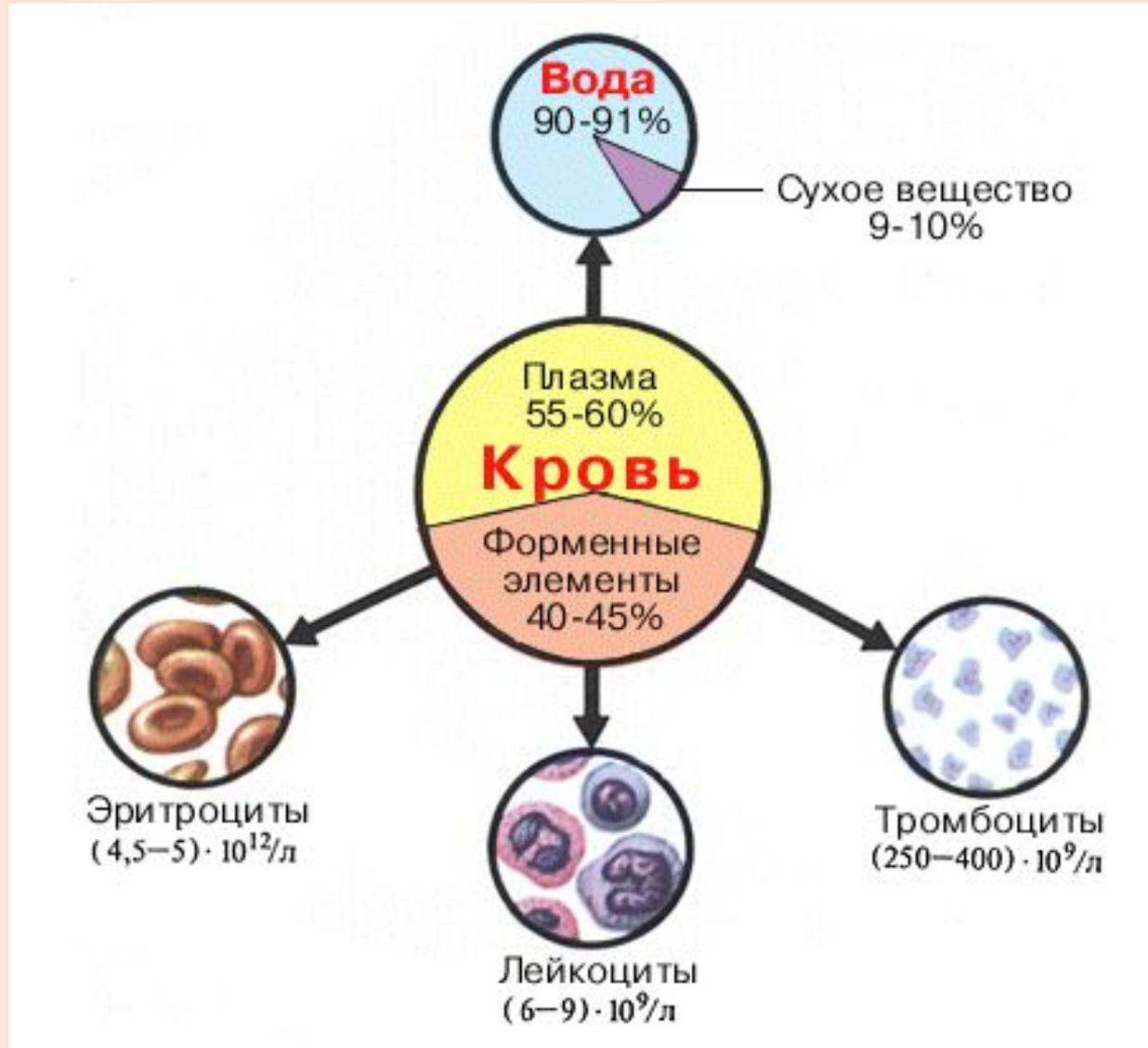
**Кровь** — жидкая ткань, количество которой у взрослого человека составляет 5 — 6 л (7 — 8% массы тела).

Учение о крови и ее болезнях - **гематология**.

# Физиологические функции крови:

- 1) **дыхательная** — перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа в обратном направлении;
- 2) **питательная** — транспорт питательных веществ к клеткам;
- 3) **выделительная** — участие в выведении продуктов жизнедеятельности клеток из организма;
- 4) **терморегуляционная** функция осуществляется благодаря большой теплоемкости крови; ее перераспределение по организму способствует сохранению тепла во внутренних органах;
- 5) **регуляторная** — перенос гормонов от эндокринных желез к клеткам организма;
- 6) **защитная** — обеспечение иммунных реакций против инфекционных агентов и токсинов;
- 7) **гомеостатическая** — поддержание постоянства внутренней среды организма.

# Кровь состоит из плазмы крови и форменных элементов.



# Состав крови

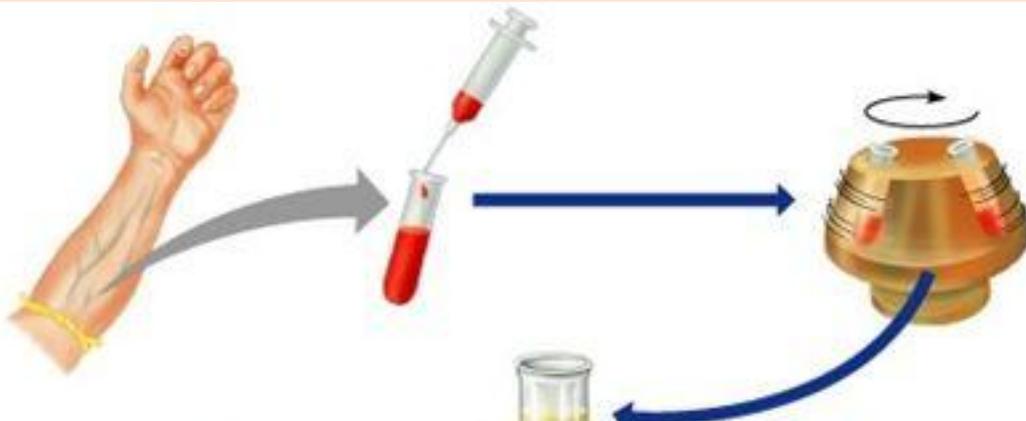
**Общее количество крови** 6-8% от массы тела или 4-6 л.



**Гематокритный показатель** – соотношение объема форменных элементов и плазмы

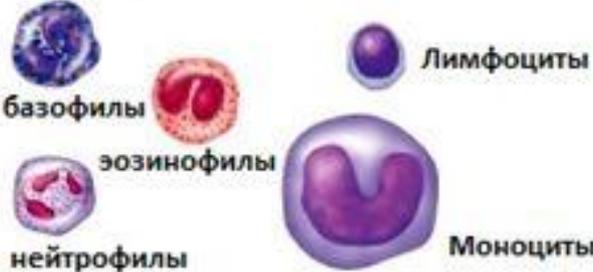
Муж. – 0,40 – 0,48 л/л

Жен. – 0,36 – 0,42 л/л



## Слои крови после центрифугирования

- **верхний** — плазма крови
- **нижний** — эритроциты и тромбоциты
- **на поверхности нижнего слоя - лейкоциты** в виде тонкой пленки белого

Плазма 55%		Форменные элементы 45%	
Вода		Эритроциты	
Электролиты:	К, Na, Cl, Ca, Mg, бикарботаты		
Белки плазмы:	альбумин глобулин фибриноген	Лейкоциты	
Транспортируемые вещества			
1. Питательные вещества: глюкоза, аминокислоты, липиды, витамины		Тромбоциты	
2. Продукты обмена: мочевина, мочевая кислота			
3. Респираторные газы: O <sub>2</sub> и CO <sub>2</sub>			



# Плазма — жидкая часть крови (pH

7,34-7,36).

Она составляет примерно 55 % всего ее объема. В плазме во взвешенном состоянии находятся форменные элементы крови. Главным компонентом плазмы является вода.

## Состав плазмы

Вода 90-92%

Сухой остаток 8-10%

Органические вещества 7-9%

Неорганические вещества ~1%

### Азотсодержащие

**Белки** – 60-80 г/л  
*Альбумины* – 35-45 г/л  
*Глобулины* – 20-35 г/л  
*Фибриноген* – 3-5 г/л  
**Остаточный азот** -  
14,3-28,6 ммоль/л  
**Мочевина** – 3,0-8,0  
ммоль/л

### Безазотистые

**Билирубин** – 8-20  
ммоль/л  
**Липиды** – 4,0-8,0  
ммоль/л  
**Холестерин (общий)** –  
3,0-7,0 ммоль/л  
**Глюкоза** – 3,3-5,6  
ммоль/л

**Na<sup>+</sup>** - натрий - 130-150 ммоль/л  
**K<sup>+</sup>** - калий - 3,0-8,0 ммоль/л  
**Ca<sup>+</sup>** - кальций – 2,5-2,75 ммоль/л  
**Cl<sup>-</sup>** - хлор – 95-110 ммоль/л  
**Mg** – магний – до 1 ммоль/л

# Белки плазмы выполняют следующие функции:

- 1) **свертывающую** — некоторые белки плазмы являются факторами свертывания крови;
- 2) **защитную** — особые белки (иммуноглобулины), отвечают за гуморальный иммунитет;
- 3) **транспортную** — многие вещества в крови переносятся только при условии их соединения со специальными белками (например, альбуминами);
- 4) **поддержание онкотического давления** — белки обладают способностью удерживать воду, препятствуя ее осмотическому подтоплению в

В крови содержатся **глюкоза** (4,2—6,4 ммоль/л) и **липиды**, которые большей частью транзитом доставляются до органов и тканей, нуждающихся в этих питательных веществах. Неорганические вещества плазмы крови представлены в основном **ионами натрия и хлора**. Помимо них в плазме содержатся ионы калия, кальция,  $\text{HCO}_3^-$  и др.

**Растворенные в плазме минеральные соли поддерживают необходимый уровень осмотического давления.**

# Кислотно-основное равновесие крови

(кислотно-щелочное состояния, КОС, КЩС, КЩР)

При накоплении **кислых** продуктов развивается **ацидоз (снижение pH)**, (при сахарном диабете, почечной недостаточности, при недостатке кислорода из-за нарушения внешнего дыхания),

Постоянная концентрация водородных ионов в крови находится **на слабощелочном уровне (pH 7,4)**, что обеспечивает нормальное протекание ферментативных процессов и поддерживается буферными системами:

- **белки плазмы** вместе с гемоглобином,
- **соли** — бикарбонаты и фосфаты).

При накоплении **щелочных** продуктов развивается **алкалоз (повышение pH)**, (при гипервентиляции из-за усиленного выведения углекислоты, при введении большого количества щелочных веществ).

**Ацидоз**

**норма КОС**

**Алкалоз**

Плазма крови, лишённая фибриногена, называется  
СЪ

## Сыворотка крови

это плазма крови, лишённая фибриногена



Сыворотки получают либо путём естественного свёртывания плазмы (нативные сыворотки), либо осаждением фибриногена ионами кальция

В сыворотках сохранена большая часть антител, а за счёт отсутствия фибриногена резко увеличивается стабильность

**Используют при анализе крови на:**

- инфекционные заболевания
- при оценке эффективности вакцинации (титр антител)
- **при биохимическом анализе крови**



*Метод лечения кровяными сыворотками (серотерапия)*

# ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Эритроциты  
(4,5–5) · 10<sup>12</sup>/л

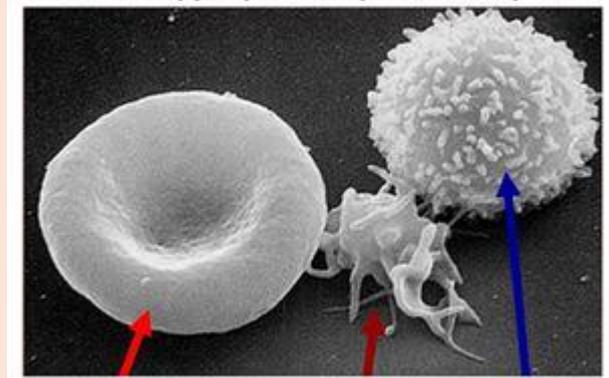


Лейкоциты  
(6–9) · 10<sup>9</sup>/л

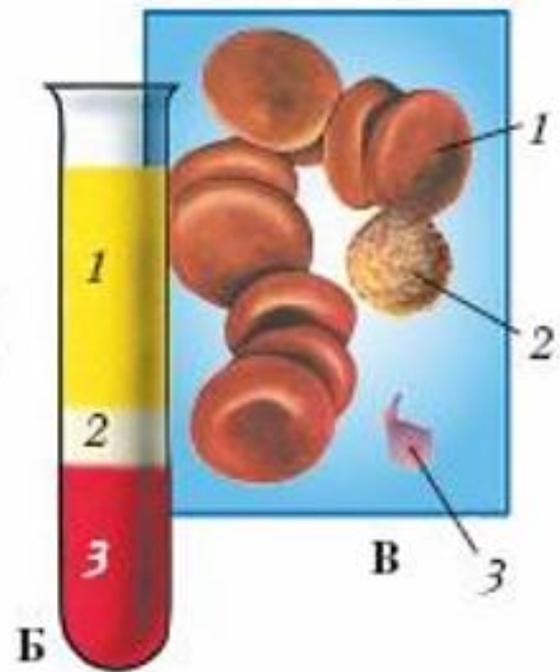


Тромбоциты  
(250–400) · 10<sup>9</sup>/л

Снимок сканирующего электронного микроскопа



Эритроцит      Тромбоцит      Лейкоцит



## Состав крови:

**А — кровь под микроскопом:**

- 1 — эритроциты;
- 2 — лейкоциты;
- 3 — тромбоциты;

**Б — расслоившаяся кровь:**

- 1 — плазма;
- 2 — лейкоциты;
- 3 — эритроциты;

**В — форменные элементы крови:**

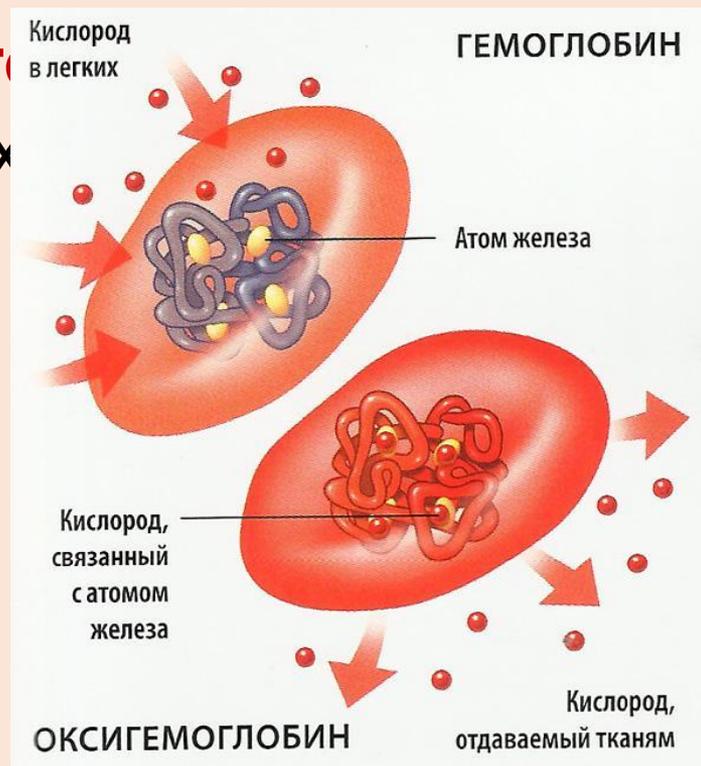
- 1 — эритроциты;
- 2 — лимфоциты;
- 3 — тромбоциты

**Эритроциты**, или красные кровяные клетки, составляют самую значительную часть форменных элементов.

Их количество в норме в 1 литре крови  
**у женщин:**  $4-4,5 \cdot 10^{12}$  (4—4,5 млн в  $1 \text{ мм}^3$ ),  
**у мужчин:**  $4,5-5 \cdot 10^{12}$  (4,5—5 млн в  $1 \text{ мм}^3$ )

**Основная функция эритроцитов** — перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким.

95 % массы занимает железосодержащий белок — гемоглобин.



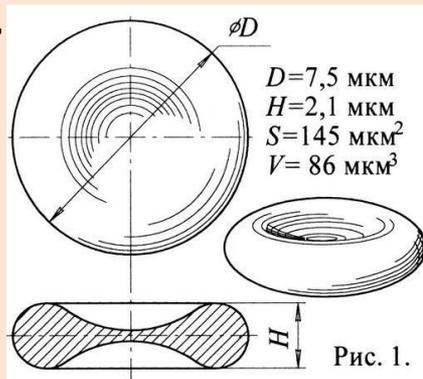
# Эритроциты имеют форму

**двоояковогнутого диска**, способного к деформации. Благодаря этому свойству они, имея размер 7 — 8 мкм, могут проникать в кровеносные капилляры диаметром менее 6 мкм.

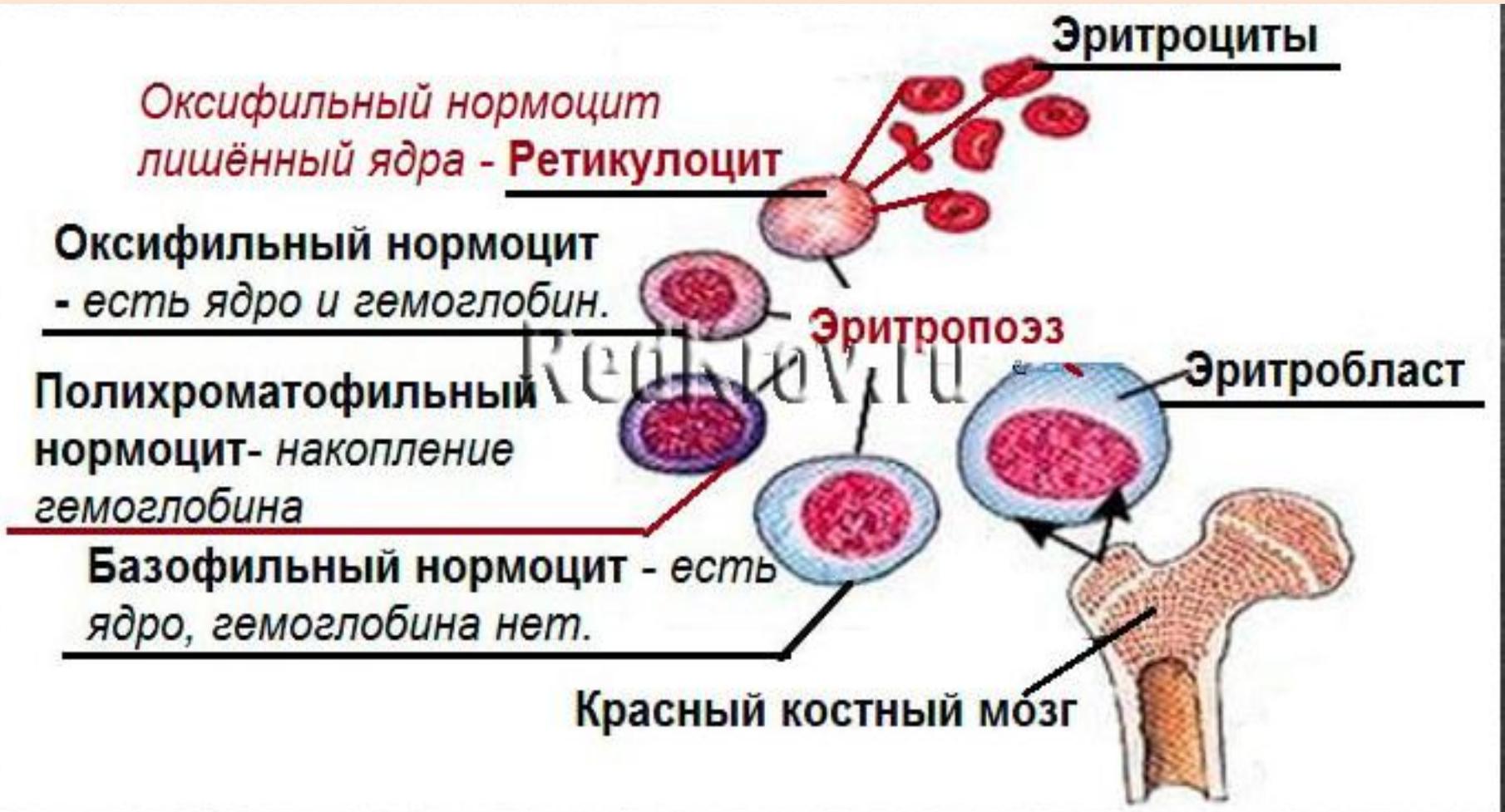
На поверхности красных кровяных клеток имеются специальные белки-маркеры, которые являются антигенами групп крови.

Продолжительность жизни эритроцитов достигает **120 дней**. По истечении этого

попадают у, где и ра

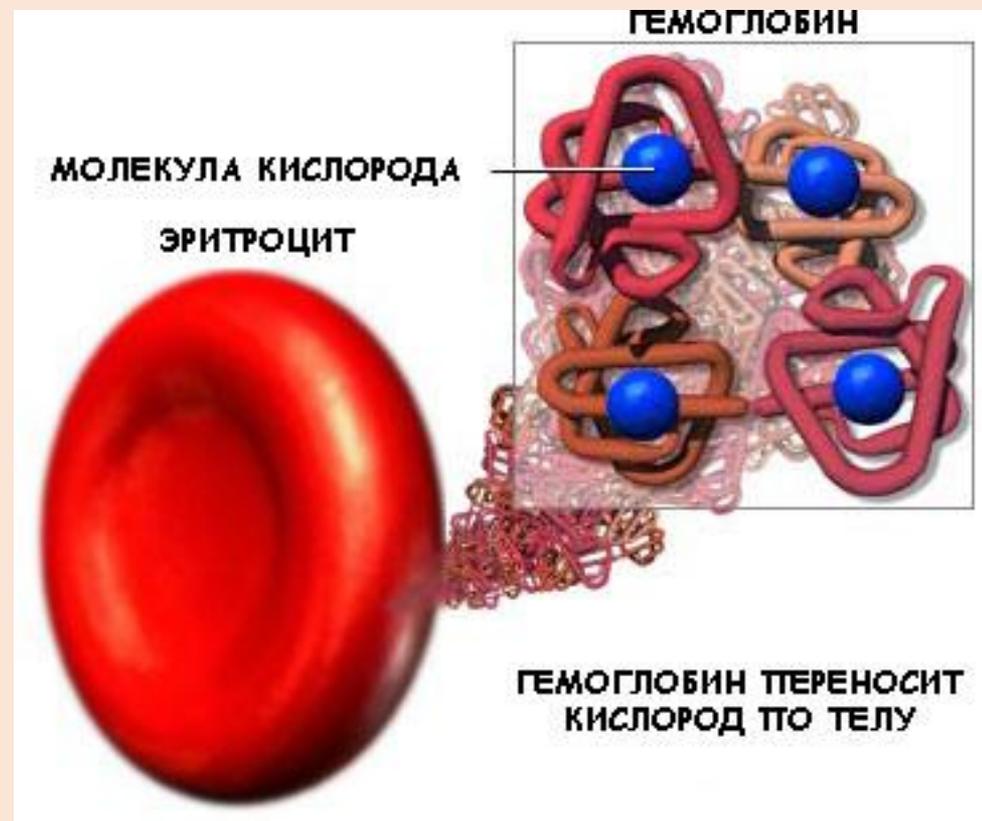
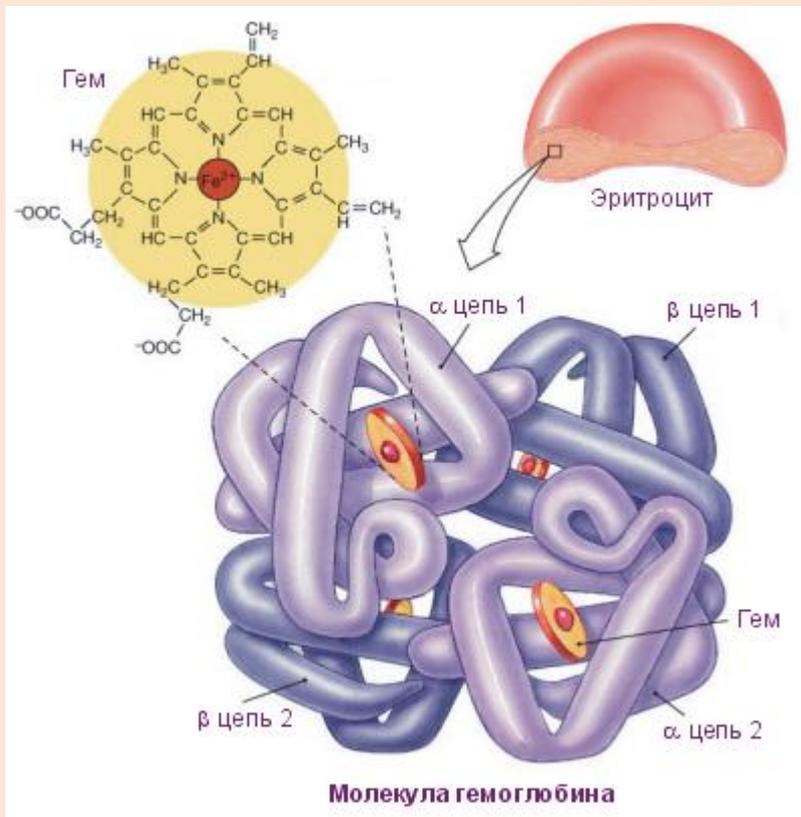


# ЭРИТРОПОЭЗ



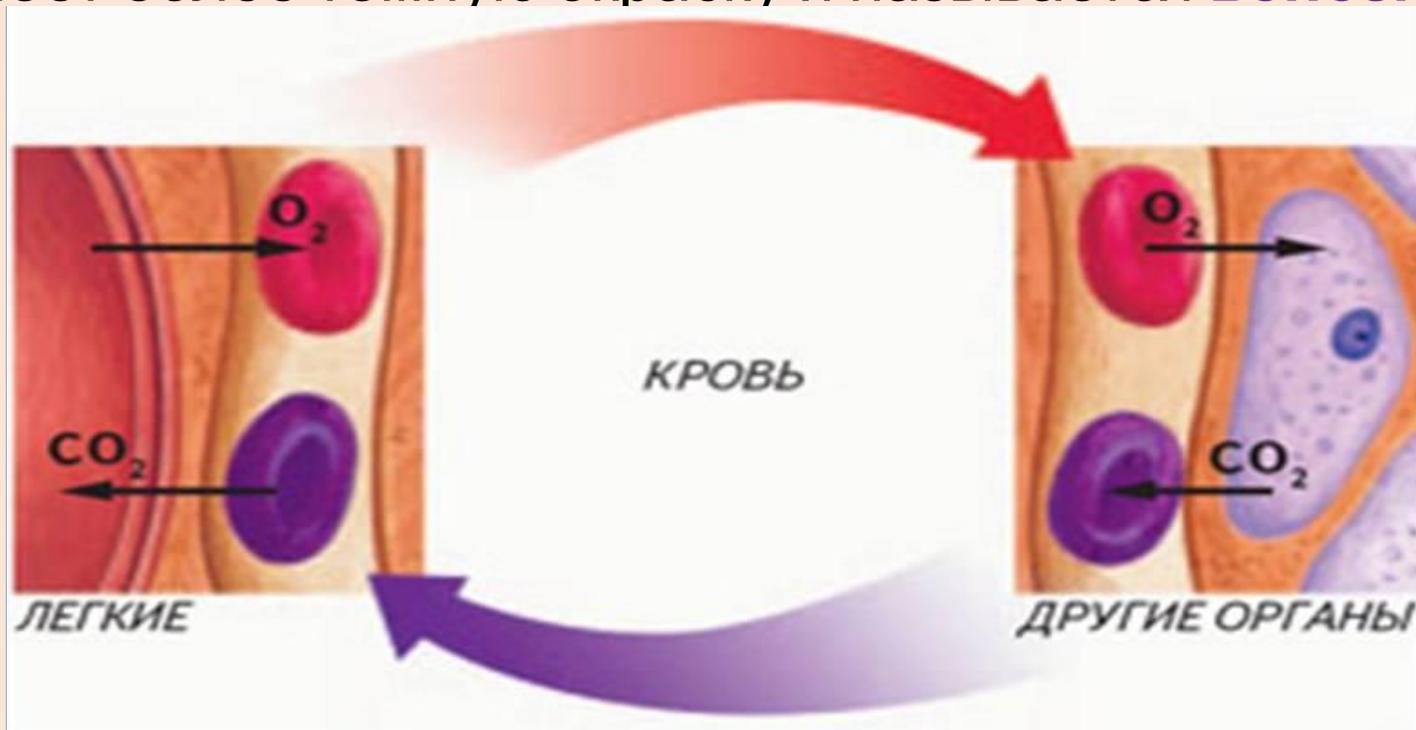
# ГЕМОГЛОБИН - железосодержащий белок – занимает 95 % массы ЭРИТРОЦИТА

Молекула гемоглобина состоит из железосодержащей части — гема, и белковой части — глобина.  
Одна молекула гемоглобина способна переносить четыре молекулы кислорода.



В капиллярах легких кислород диффундирует (перемещается) через альвеолярно-капиллярный барьер и соединяется с гемоглобином - образуется **оксигемоглобин**. Кровь, содержащая большое количество кислорода, называется **артериальной**.

Углекислый газ из межклеточной жидкости попадает в плазму крови. При соединении  $\text{CO}_2$  с гемоглобином образуется **карбгемоглобин**. Бедная кислородом кровь имеет более темную окраску и называется **венозной**.



# Скорость оседания эритроцитов (СОЭ).

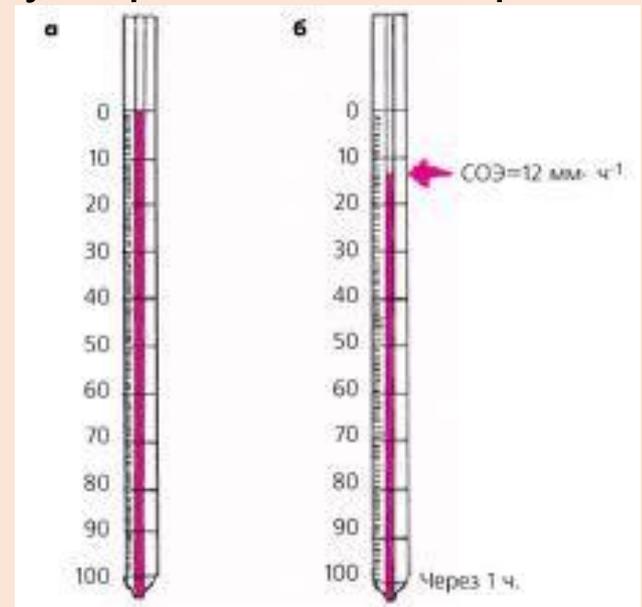
В обычных условиях эритроциты взвешены в плазме крови. Относительная плотность плазмы составляет 1,020—1,030, что меньше удельного веса эритроцитов (1,090—1,100), т.е. эритроциты тяжелее плазмы.

При заборе крови в пробирку (предварительно добавляют противосвертывающее вещество) эритроциты под действием силы тяжести перемещаются на дно пробирки, а плазма крови остается в верхней ее части. Скорость оседания эритроцитов определяют как скорость смещения книзу границы раздела двух сред: плазмы крови и эритроцитов.

## Нормальные значения СОЭ

- для мужчин составляют 1 — 10 мм/ч,
- для женщин составляют 2—15 мм/ч.

Скорость оседания эритроцитов зависит больше от состава плазмы крови, чем от свойств самих эритроцитов.



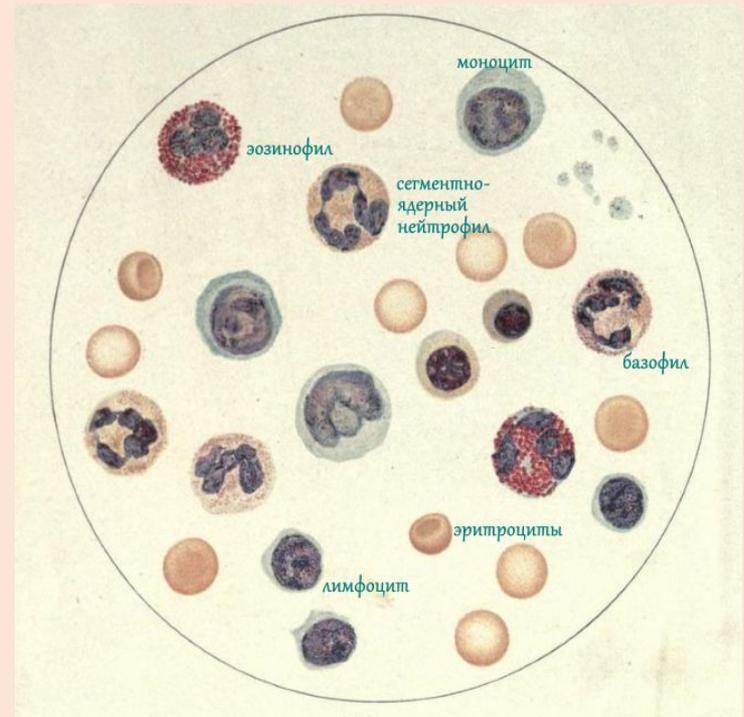
**АНЕМИЯ** — это состояния,  
характеризующиеся уменьшением количества  
эритроцитов и (или) гемоглобина в единице  
объема крови

## **классификация**

### **По этиопатогенетическим характеристикам**

- ❖ **Постгеморрагические анемии**
- ❖ **Анемии вследствие нарушения  
кровообразования**
  - железodefицитные
  - В<sub>12</sub>- и фолиево-дефицитные
  - и др.
- ❖ **Гемолитические анемии**

**Лейкоциты, или белые кровяные клетки,** отвечают в организме за иммунитет. Их общее количество в 1 л в норме составляет  $4-9 \cdot 10^9$ . Они крупнее эритроцитов и имеют ядро. Лейкоциты могут изменять свою форму, многие из них способны переходить из просвета кровеносных сосудов в ткани.



# Лейкоциты

## Агранулоциты



Лимфоциты



Моноциты

## Гранулоциты



Базофилы



Эозинофилы



Нейтрофилы

Лейкоциты делят на две группы:

- зернистые (гранулоциты)
- незернистые (агранулоциты).

К гранулоцитам относят:

- нейтрофилы
- эозинофилы
- базофилы

К незернистым относят

- моноциты
- лимфоциты

## **Функции лейкоцитов:**

1. Защитная (фагоцитоз)
2. Антитоксическая – выработка антитоксинов, обезвреживающих продукты жизнедеятельности микробов.
3. Выработка антител, обеспечивающих иммунитет – невосприимчивость к инфекции.
4. Участвуют во всех этапах воспаления, стимулируют регенеративные процессы, ускоряют заживление ран.
5. Ферментативная – вырабатывают ферменты для фагоцитоза.
6. Участвуют в процессах свертывания крови путем выработки гепарина и гистамина.
7. Являются центральным звеном иммунной системы, выполняют функцию цензуры, сохраняя генетический гомеостаз.
8. Обеспечивают уничтожение собственных мутантных клеток.
9. Образуют активные пирогенны, формируют лихорадочную реакцию.

**Нейтрофилы** выполняют функцию фагоцитоза микроорганизмов и инородных веществ за счет специальных ферментов, которые разрушают оболочку микроорганизмов. Нейтрофилы составляют 55—70 % всех лейкоцитов. Большую часть их общего количества составляют зрелые формы, имеющие сегментированное ядро (сегментоядерные). Примерно 2—5 % лейкоцитов составляют молодые формы, называемые палочкоядерными.



**Базофилы** (до 1 % всех лейкоцитов) принимают участие в развитии аллергических реакций, обеспечивают миграцию других лейкоцитов в ткани. Эти функции они обеспечивают за счет наличия в их гранулах биологически активных веществ, в первую очередь гепарина и гистамина, которые освобождаются по мере необходимости.



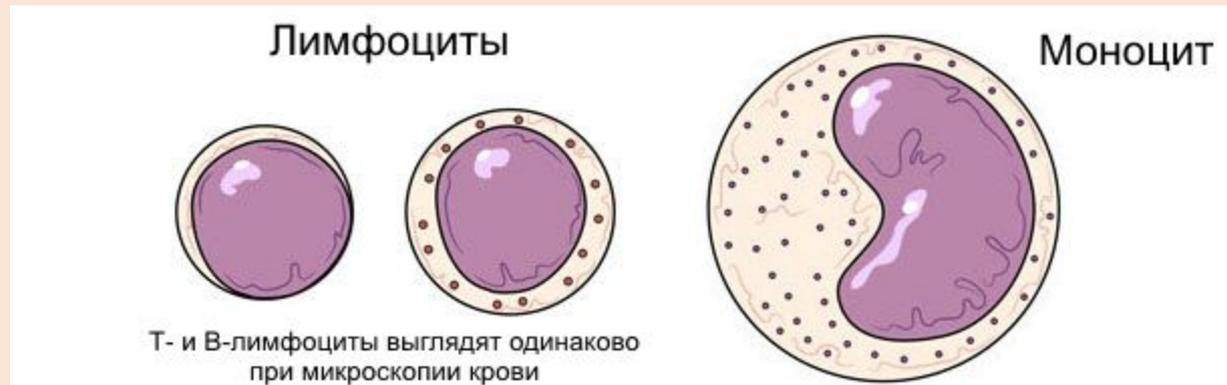
**Эозинофилы** (2—5 %) ограничивают выраженность аллергических реакций. Их действие противоположно функциям базофилов: они фагоцитируют биологически активные вещества и аллергены.



**Моноциты** — самые крупные из лейкоцитов.

Моноциты фагоцитируют не только чужеродные агенты, но и собственные клетки организма в случае их повреждения и гибели. Их называют макрофагами. Количество моноцитов составляет 6—8 % от всех лейкоцитов.

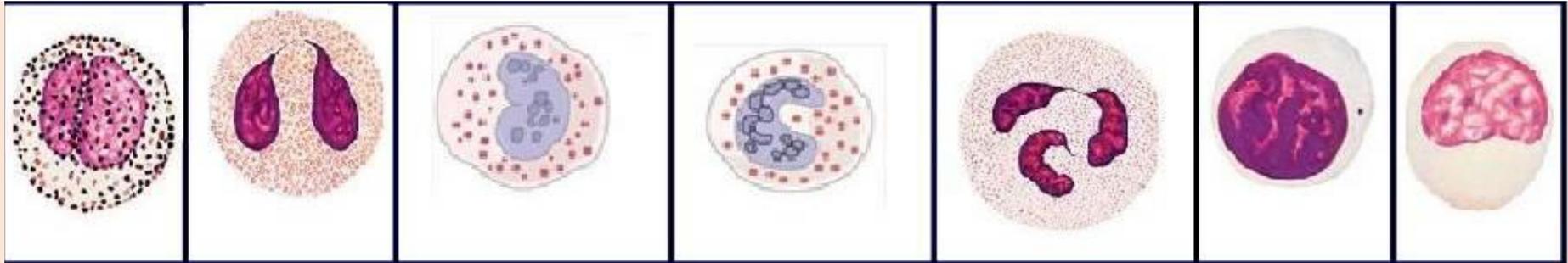
**Лимфоциты**, помимо крови, содержатся также и в лимфе. Они подразделяются на Т- и В-лимфоциты. Общее их количество 25—30 % всех лейкоцитов. Эти клетки имеют крупное ядро и окружающий его узкий ободок цитоплазмы.



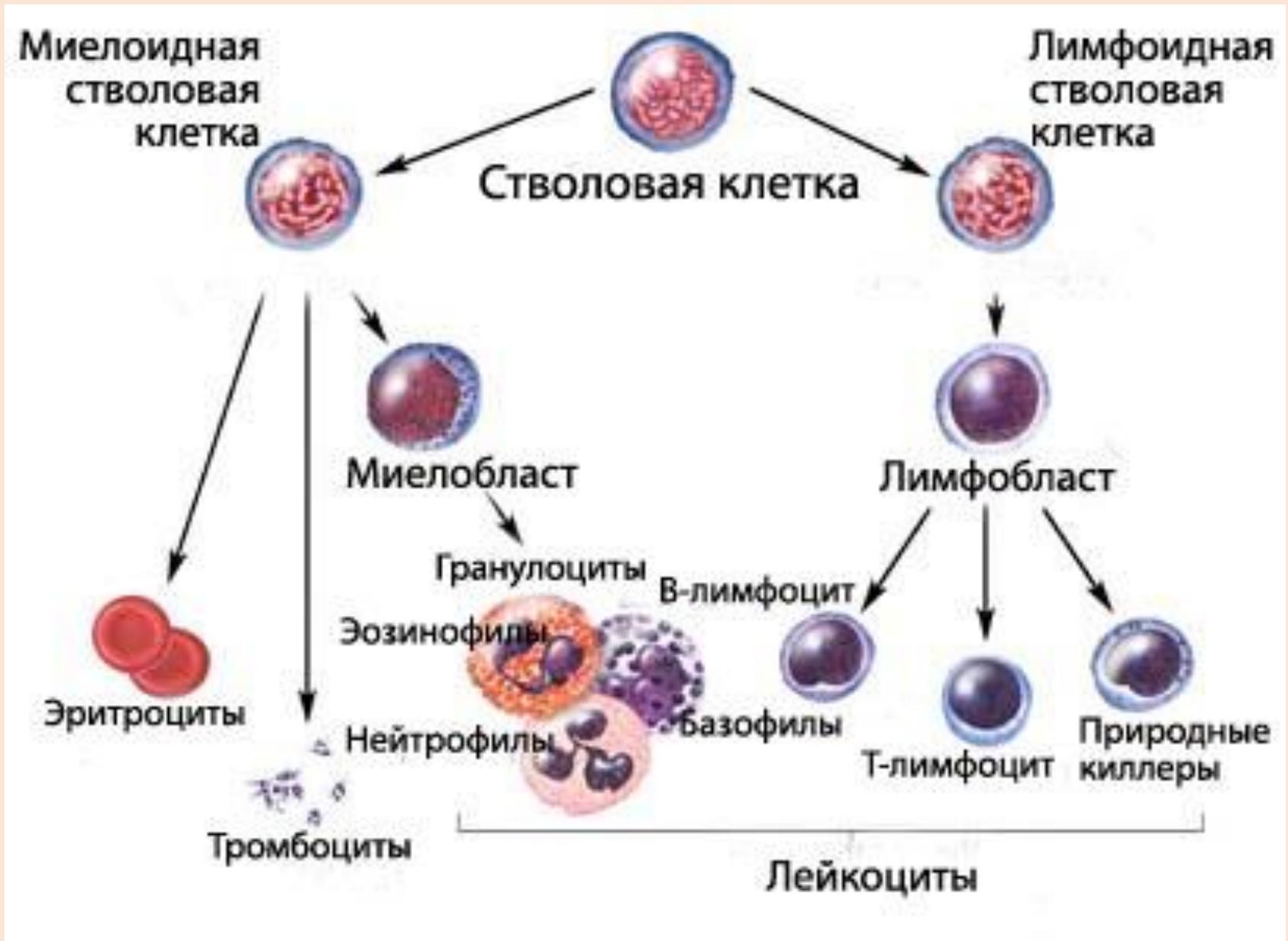
# ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА

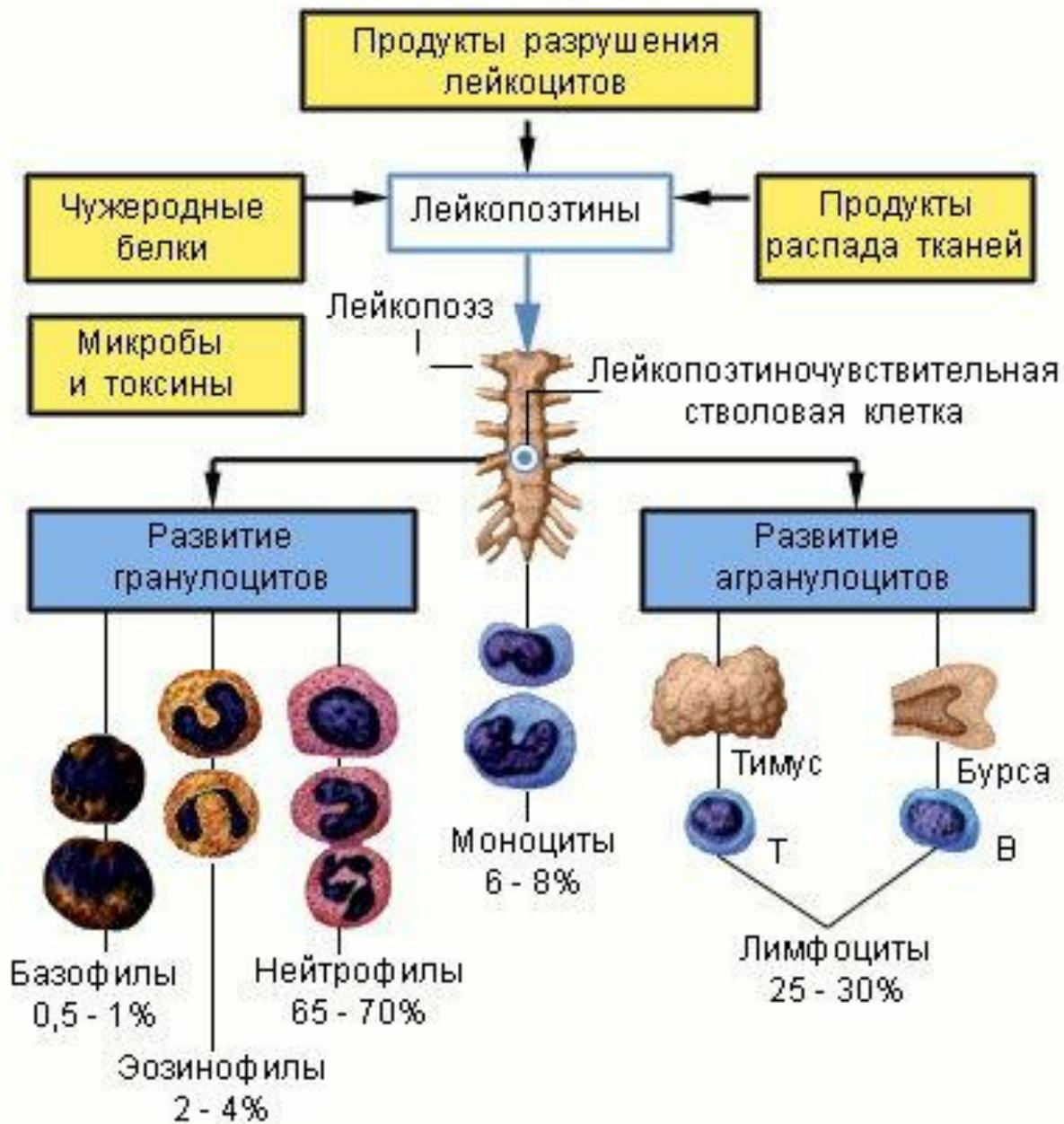
Сдвиг влево ←      Сдвиг вправо →

Базо- филы	Эозино- филы	Нейтрофилы				Лимфо- циты	Моно- циты
		Миело- циты	Юные	Палочко- ядерные	Сегменто- ядерные		
0—1% или 0— $0,088 \times 10^9 / л$	0,5—5,0% или 0,020— $0,440 \times 10^9 / л$	0%	0%	2—4% или 0,080— $0,350 \times 10^9 / л$	47—67% или 2,000— $5,900 \times 10^9 / л$	25—35% или 1,000— $3,000 \times 10^9 / л$	2—6% или 0,080— $0,530 \times 10^9 / л$



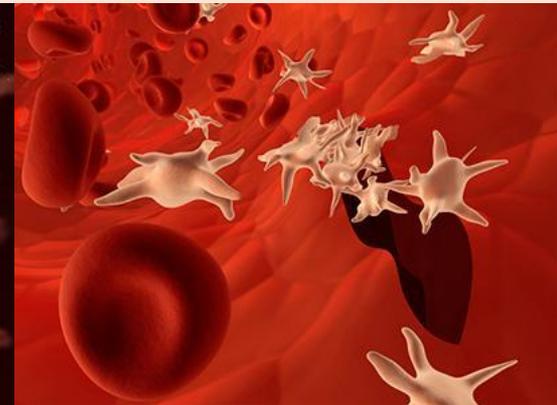
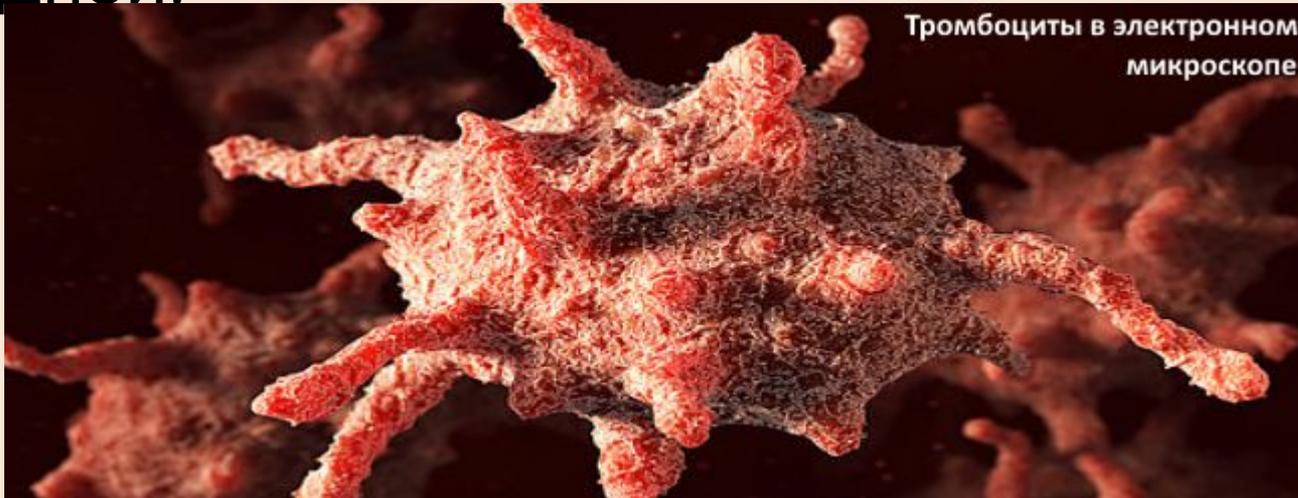
Лимфоциты образуются в красном костном мозге.





В дальнейшем лимфобласт с током крови и лимфы разносятся в центральные органы иммунной системы: тимус и аналог сумки Фабрициуса.

**ТРОМБОЦИТЫ**, или кровяные пластинки. Их количество в 1 л крови составляет  $180\text{—}360 \cdot 10^9$ . Тромбоциты по сути своей не являются полноценными клетками. Они образуются в красном костном мозге в результате отщепления фрагментов цитоплазмы от гигантской клетки — мегакариоцита. Ядра они не содержат, имеют размеры 2-5 мкм. Продолжительность жизни - 5-8 дней.



## **Свойства тромбоцитов:**

1. амебовидная подвижность
2. фагоцитоз
3. прилипание к чужеродной поверхности и склеивание между собой
4. легкая разрушаемость
5. выделение и поглощение БАВ: серотонин, адреналин, норадреналин
6. содержат в себе специфические соединения для свертывания крови

## **Функции тромбоцитов:**

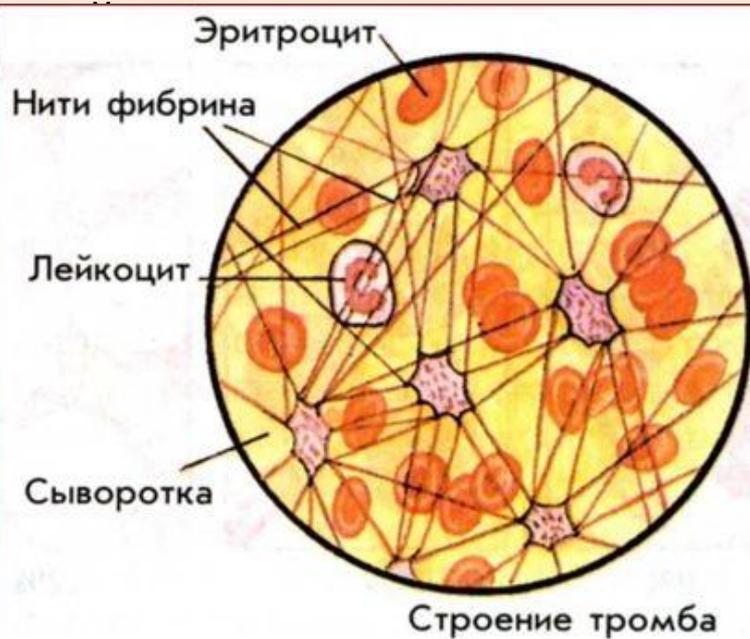
1. Активное участие в образовании тромба
2. Участие в остановке кровотечения (гемостаз)
3. Защитная за счет склеивания микробов (агглютинация)
4. Выработка ферментов для остановки кровотечения
5. Транспорт креативных веществ, сохраняющих структуру сосудистой стенки
6. Оказывают влияние на состояние гистогематических барьеров между кровью и тканевой жидкостью путем

# Свертывающая и противосвертывающая системы крови

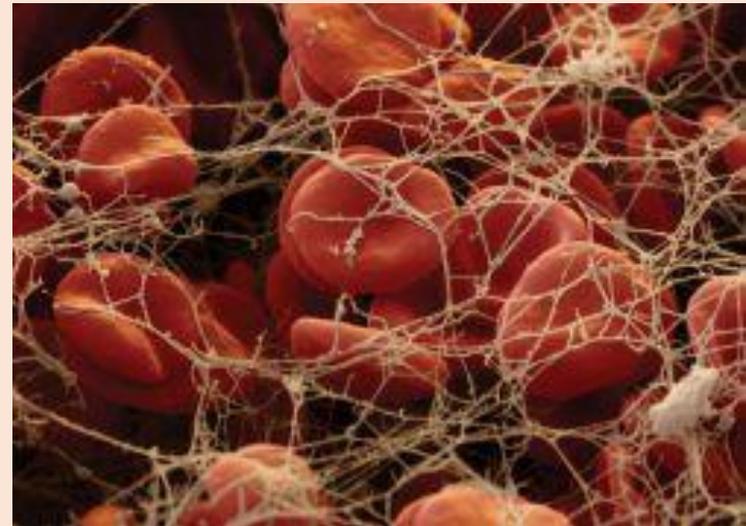
При повреждении сосуда, вытекающая из него кровь довольно быстро свертывается (через 3—4 мин), а через 5—6 минут превращается в плотный сгусток - тромб.

Свертывание связано с превращением находящегося в плазме крови растворимого белка фибриногена в нерастворимый фибрин.

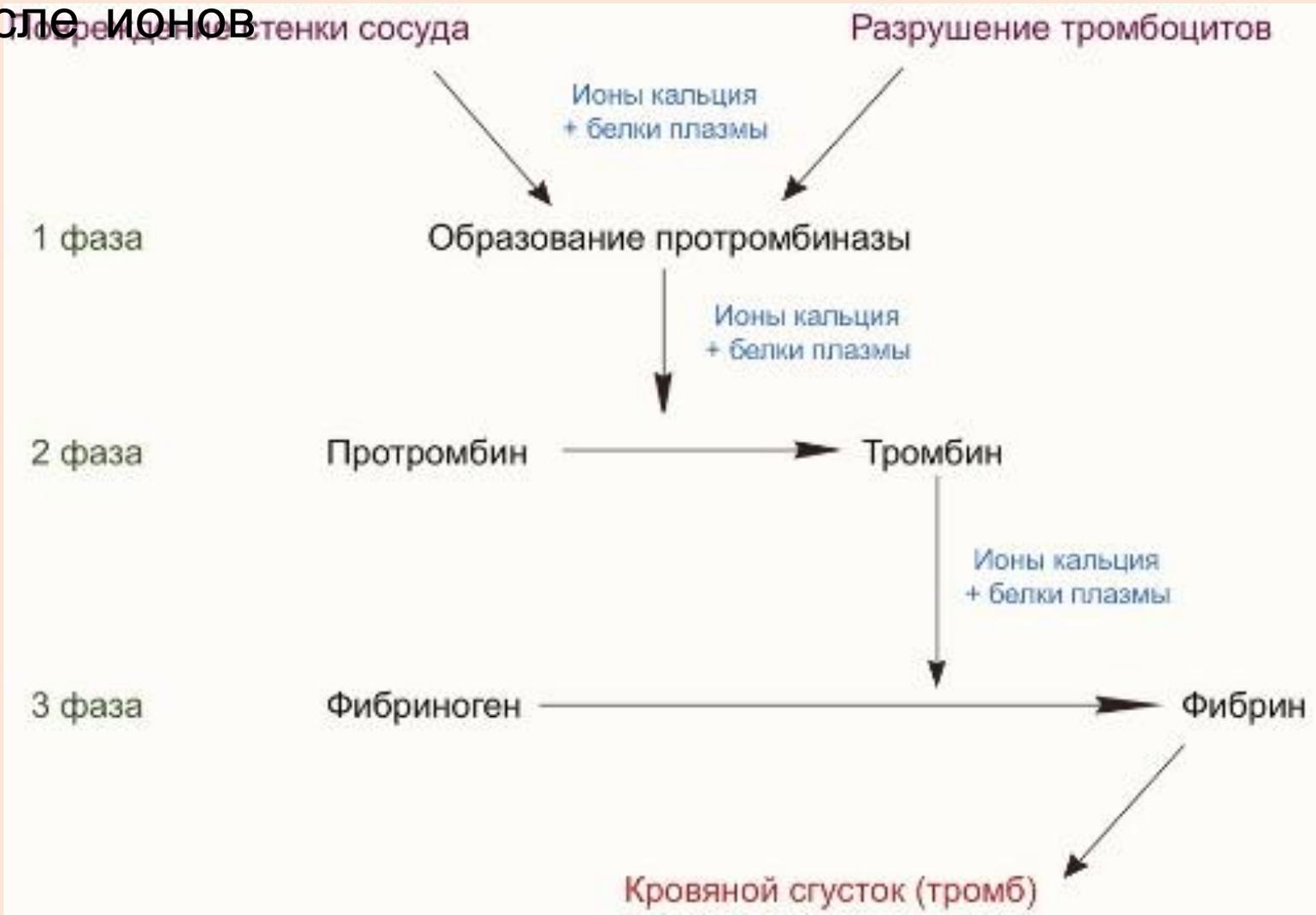
Белок фибрин выпадает в виде сети из тонких нитей, в петлях которой задерживаются эритроциты и лейкоциты.



КРОВИ.



Превращение растворимого белка фибриногена в нерастворимый фибрин осуществляется под действием фермента тромбина. Последний образуется из протромбина под влиянием ряда факторов свертывания, в том числе ионов кальция.



# Группы крови

**Группа крови – сочетание нормальных иммунологических и генетических признаков крови, которое наследственно детерминировано и является биологическим свойством каждого индивидуума.**

## **В практической медицине:**

- **Группа крови – сочетание эритроцитарных АГ системы АВ0 и резус-фактора и соответствующих АТ в сыворотке крови.**
- **Передаются по наследству**
- **Формируются на 3-4 месяце внутриутробного развития**
- **Остаются неизменными всю жизнь**

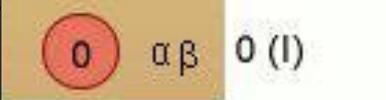
Эритроциты человека имеют на поверхности своей мембраны особые белки — **агглютиногены**, которые выполняют роль специфических маркеров — антигенов.

В сыворотке крови человека постоянно циркулируют специальные антитела — **агглютинины**.

# Система крови АВ0

- В неё входят два агглютиногена, обозначаемые буквами А и В, и два агглютинина –  $\alpha$  (анти-А) и  $\beta$  (анти-В). У одного человека агглютиногены и агглютинины не могут быть соименными.

Их соотношения образуют 4 группы крови

Группы крови	Изоантигены в эритроцитах	Групповые антитела в плазме	
0 $\alpha\beta$ (I)	Отсутствуют	$\alpha, \beta$	
A $\beta$ (II)	A	$\beta$	
B $\alpha$ (III)	B	$\alpha$	
AB0(IV)	A и B	Отсутствуют	

# Определение группы крови

Реакция агглютинации со стандартными сыворотками			Группа исследуемой крови
$Q_{\alpha\beta}$ (I)	$A_{\beta}$ (II)	$B_{\alpha}$ (III)	
			$O_{\alpha\beta}$ (I)
			$A_{\beta}$ (II)
			$B_{\alpha}$ (III)
			$AB_0$ (IV)
Контроль с сывороткой $AB_0$ (IV)			

**Агглютинация** — склеивание и выпадение в осадок из однородной взвеси эритроцитов, несущих антигены (А и В), под действием специфических веществ — агглютининов ( $\alpha$  и  $\beta$ ), находящихся в плазме

# Резус-фактор.

Это еще один белок-маркер.

У **85 %** людей он присутствует на поверхности эритроцитов, поэтому их кровь **резус-положительная (Rh+)**.

У остальных людей нет резус-фактора, следовательно, их кровь **резус-отрицательная (Rh-)**.

У резус-отрицательных людей в обычных условиях антитела к данному белку-маркеру не вырабатываются. Они появляются только при попадании в их организм эритроцитов, имеющих на своей поверхности резус-фактор.

# Переливание крови называется гемотрансфузией.

Человек, который отдает свою кровь для переливания, называется **донором**, тот, кто ее получает, — **реципиентом**.

- Сегодня под переливанием крови чаще подразумевается передача ее отдельных компонентов.
- Цельную кровь переливают редко, поскольку чем больше компонентов, тем больше риск осложнений

**Кровь донора и реципиента должна быть совместима:**  
— по группе крови в системе АВО (определяется антигенами А и В)  
— по резус-фактору (определяется наличием/отсутствием одноименного антигена)

**!** При переливании несовместимой крови эритроциты склеиваются между собой, что может привести к **смерти реципиента**

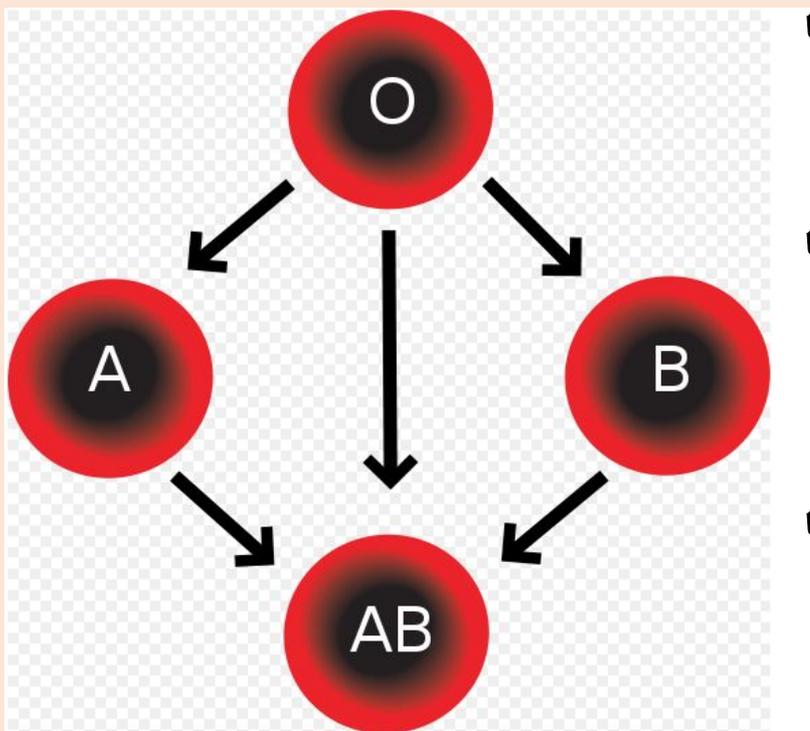


# Совместимость плазмы

Реципиент \ Донор	O(I)	A(II)	B(III)	AB(IV)
O(I)	✓	✓	✓	✓
A(II)		✓		✓
B(III)			✓	✓
AB(IV)				✓

# Схема переливания разногруппной крови

В экстренных ситуациях (военные конфликты, стихийные бедствия) возможно переливание разногруппной крови от одного человека другому по правилу «разведения»: агглютинины донора в расчет не принимаются.



- ✓ В середине XX века предполагалось, что кровь группы  $O(I)Rh-$  совместима с любыми другими группами.
- ✓ Люди с группой  $O(I)Rh-$  считались «универсальными донорами», и их кровь могла быть перелита любому нуждающемуся.
- ✓ В настоящее время подобные гемотрансфузии считаются **допустимыми в безвыходных ситуациях, но не более 500 мл.**