

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего и профессионального образования  
**Сибирский федеральный университет**  
Кафедра медицинской биологии

# **Физиология системы крови**

Красноярск 2016

# Функции крови

## I. Транспортная:

- 1) дыхательная;
- 2) питательная (плазма, эритроциты);
- 3) экскреторная;
- 4) регуляторная;
- 5) обеспечение водно-солевого обмена.

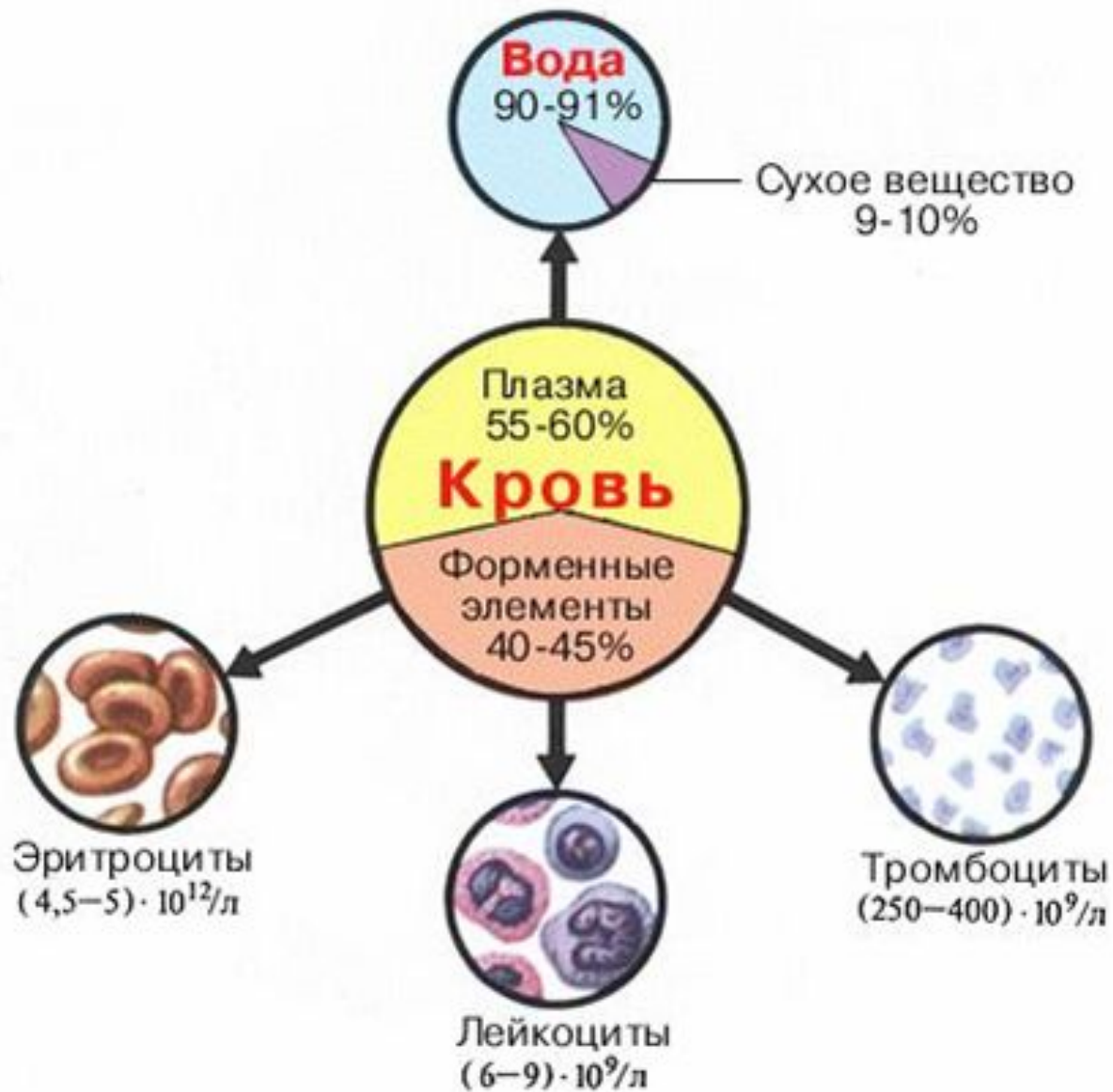
## II. Защитная:

- 1) лейкоциты;
- 2) система гемостаза.

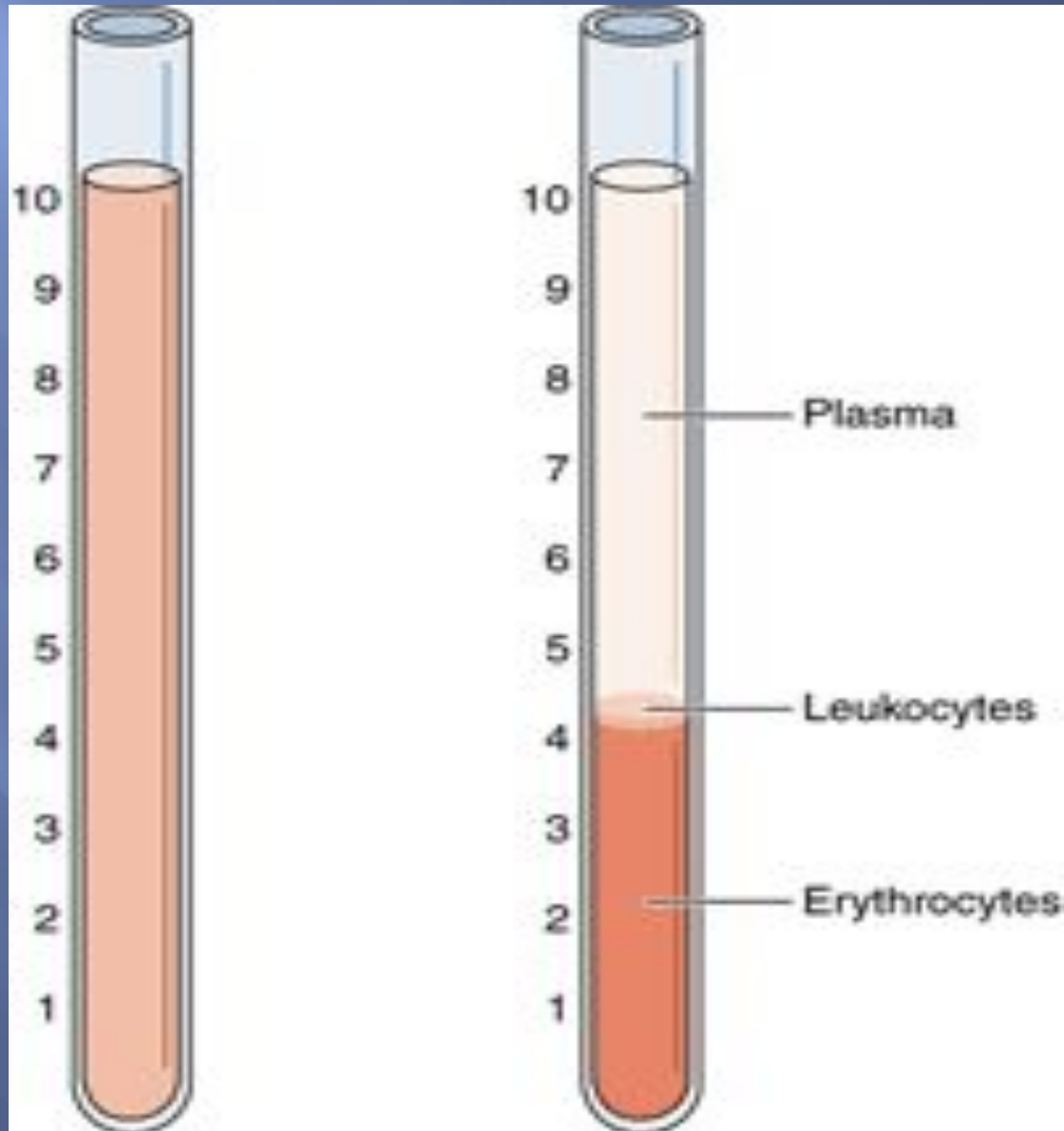
## III. Терморегуляторная.

## IV. Регуляция pH крови - буферные системы крови.

# Состав крови



# Гематокрит



**Вязкость (внутреннее трение) крови** – это свойство, от которого зависит движение крови. Так как сопротивление току крови пропорционально вязкости, а вязкость пропорциональна гематокриту, то увеличение гематокрита может привести к дополнительной нагрузке на сердце.

Если вязкость  $H_2O = 1$  мПа•с при  $20^\circ C$ :  
вязкость плазмы крови = 1,7-2,2 мПа•с ;  
вязкость цельной крови  $\sim 5$  мПа•с.

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$$

# Свойства крови

- ✓ Общее количество крови в организме взрослого человека составляет 6 – 8 % от массы тела, т.е. 4,5 – 6 л.
- ✓ Потеря 1/3 объема – опасность летального исхода ( $> 0,5$  л).

# Свойства крови

Свойство крови	Значение
Относительная плотность (удельный вес)	цельной крови – 1,050-1,060; плазмы – 1,025-1,034 (H <sub>2</sub> O – 1,0)
Осмотическое давление	7,6 атм
Онкотическое давление	0,02 атм
pH	<u>7,4</u> (венозная кровь – 7,35); крайние значения – 7,0-7,8 (7,3-7,5)

# Плазма крови

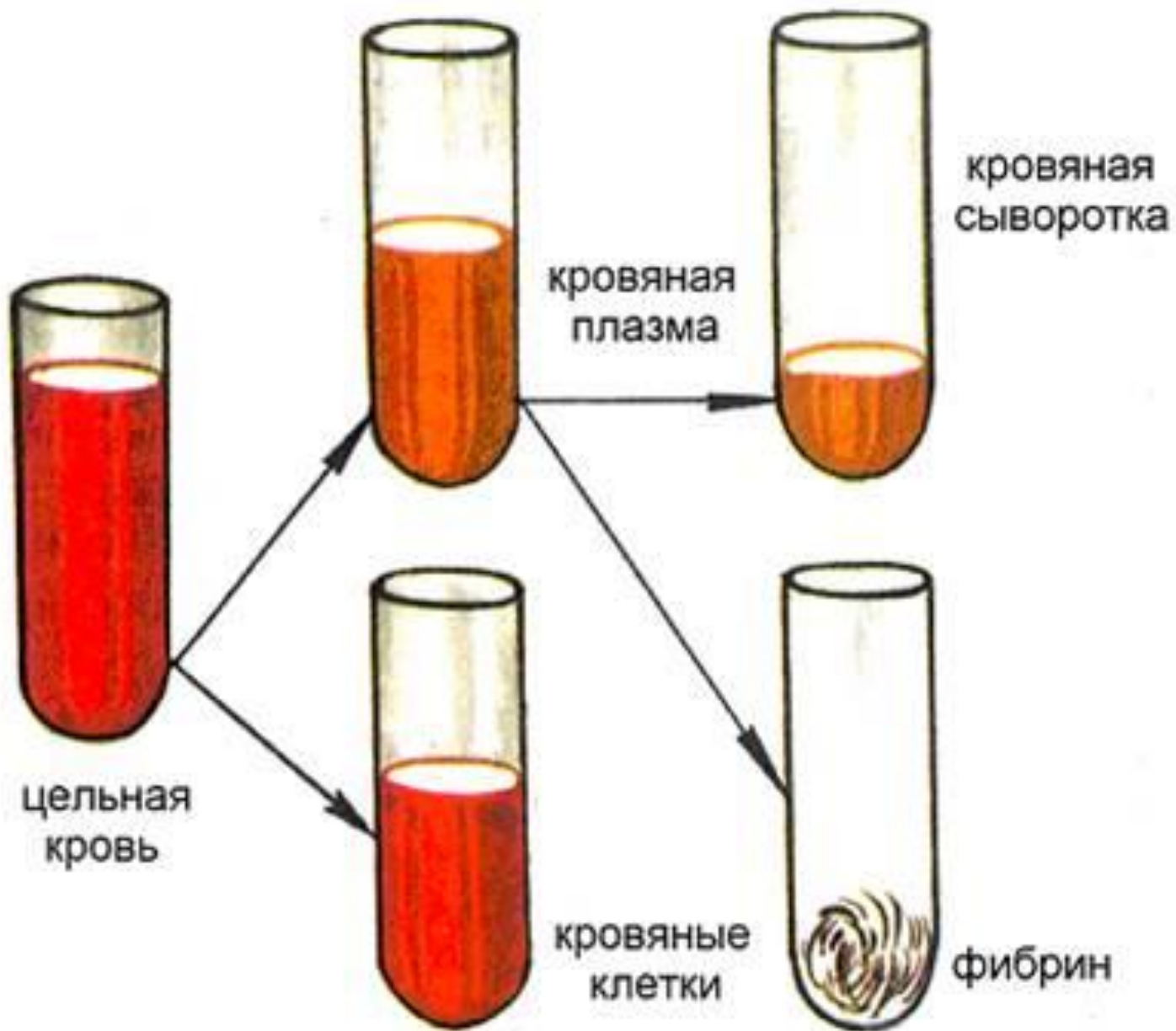
Вода	~ 90 %
Сухое вещество:	~ 10 %
Белки (альбумины – 4,5%, глобулины – 2-3%, фибриноген – 0,2-0,4%)	7-8 %
Минеральные вещества: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{PO}_4^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$	0,9 %
Органические вещества небелковой природы	1,1 %



**Нормо-, гипер-, гипо-тонические  
растворы:**

**Гемолиз**

**Плазмолиз**

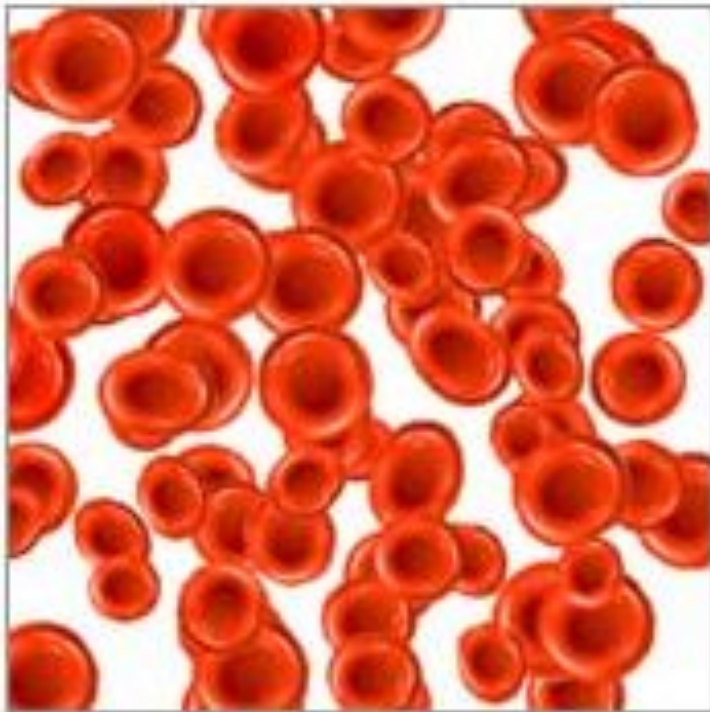


# Буферные системы крови

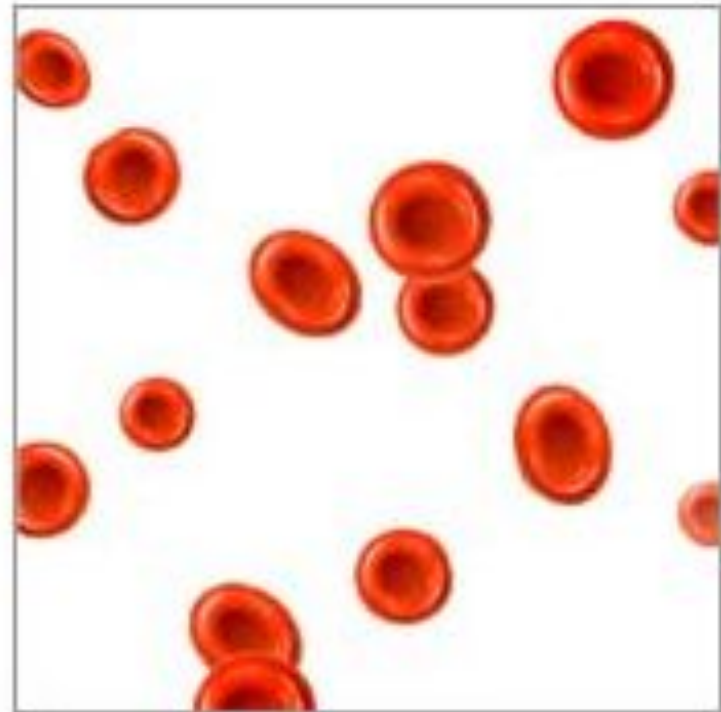
1. Бикарбонатная ( $\text{H}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ , 1 / 20).
2. Фосфатная ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 1 / 4)
3. Гемоглобиновая (76 %,  $\text{HHb}$  и  $\text{KHb}$ )
4. Белковая

# Эритроциты

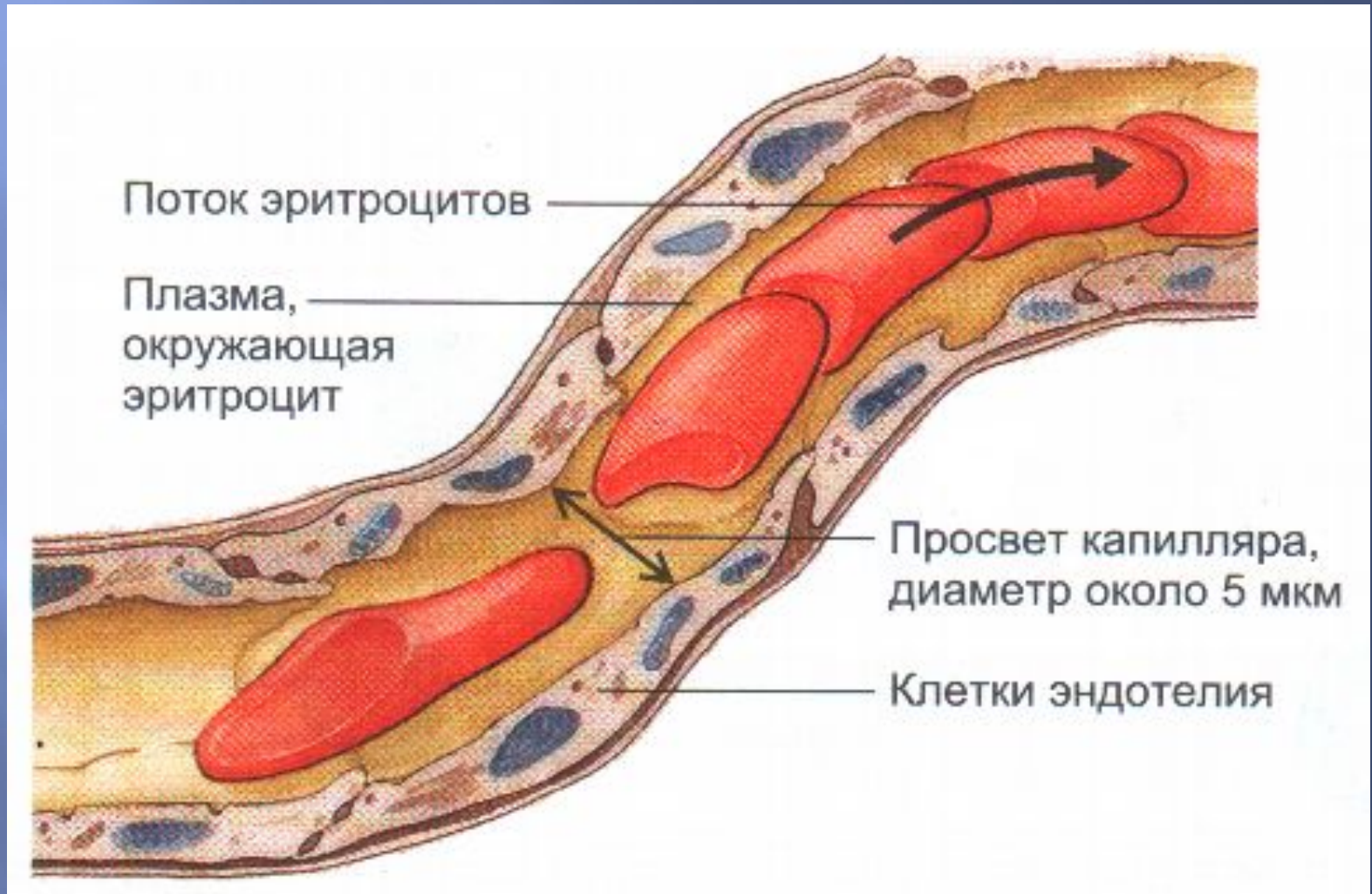
Normal amount of  
red blood cells



Anemic amount of  
red blood cells

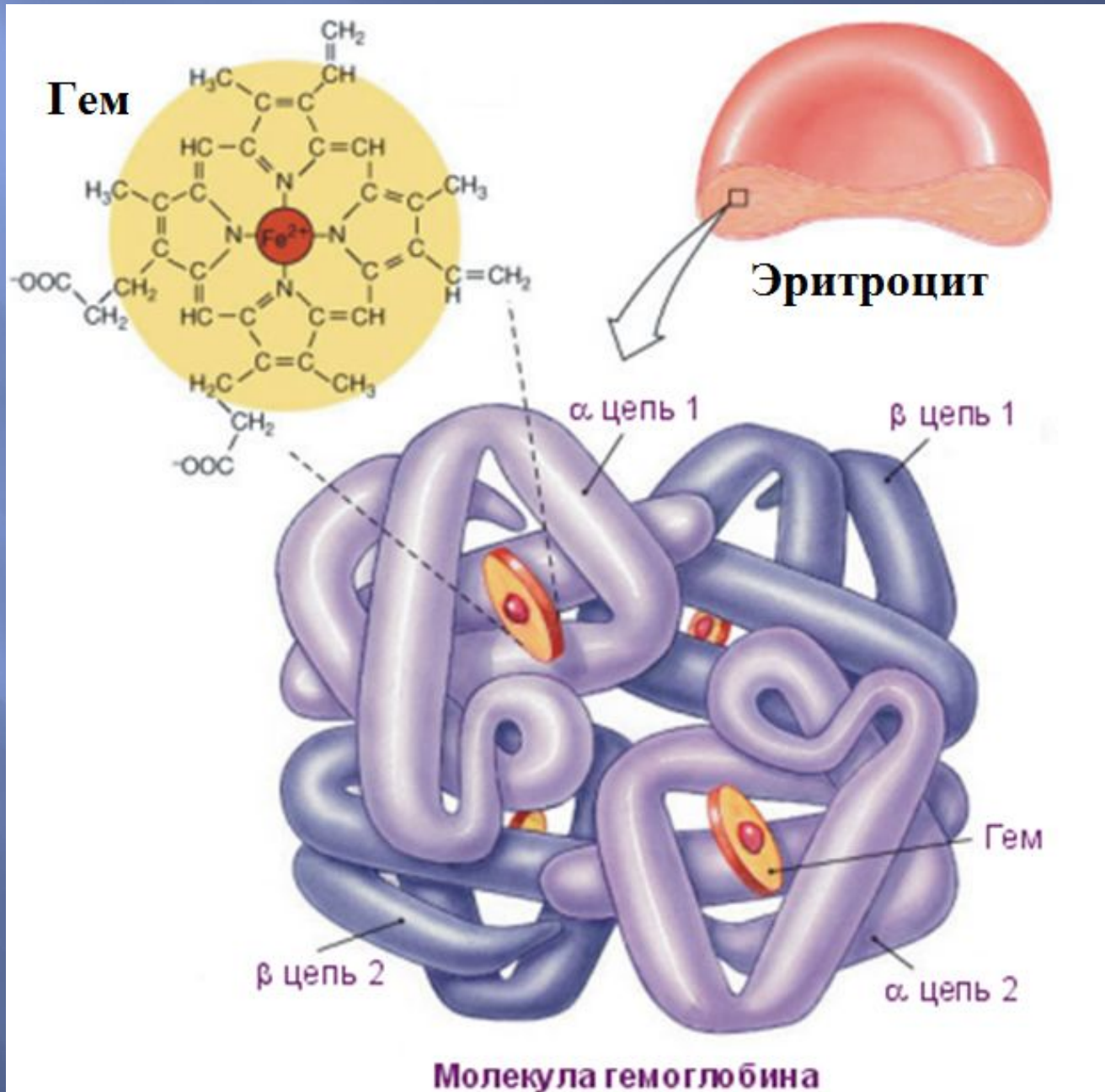


# Эритроциты



Обратимое изменение формы эритроцитов в капиллярах.

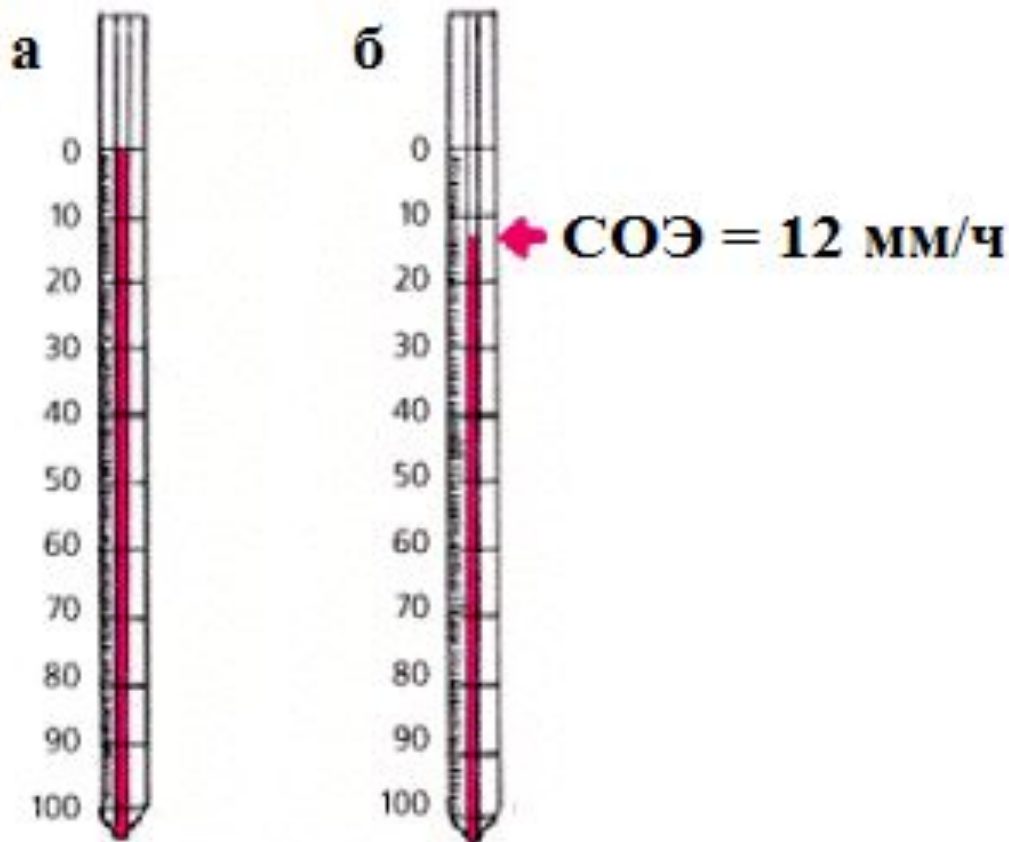
# Гемоглобин



# Гемоглобин

- ▣ Оксигемоглобин (O<sub>2</sub>)
- ▣ Карбгемоглобин (CO<sub>2</sub>)
- ▣ Карбоксигемоглобин (CO)
- ▣ Метгемоглобин (бертолетова соль, перманганат калия и др.)
  
- ▣ Гемоглобин F (фетальный)
- ▣ Гемоглобин A
- ▣ Миоглобин

# Скорость оседания эритроцитов



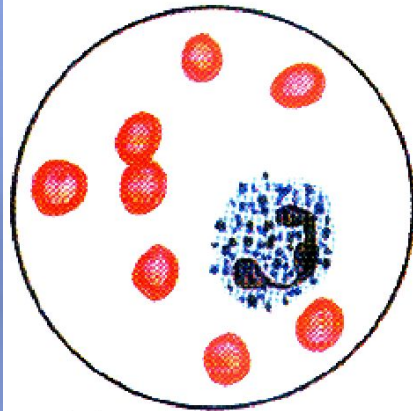
м – 1-10, ж – 2-15  
мм/ч



# СОЭ (по Тарелли и Вестергену )

$$\text{СОЭ, мм/ч} = (140,4 \times \text{фибриноген, г\%}) + (62,22 \times \text{глобулины, г\%}) - (60,9 \times \text{альбумин, г\%}) - 24,5$$

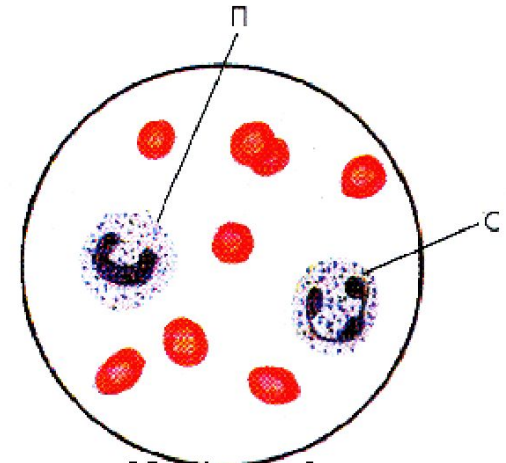
# Лейкоциты



**Базофил**

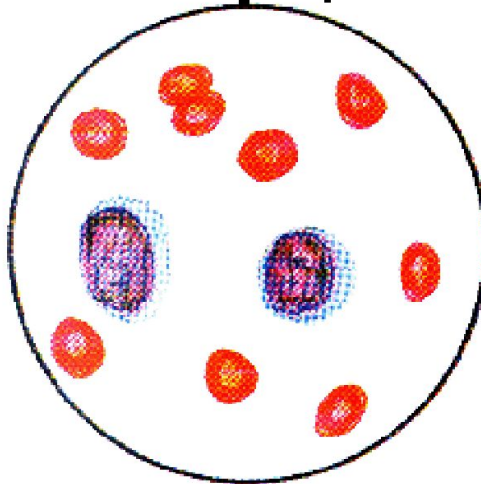


**Эозинофилы**

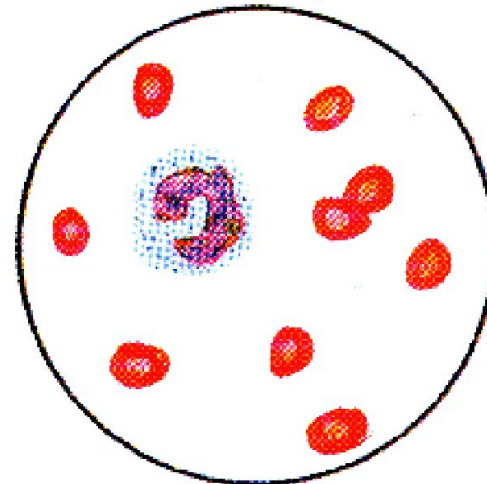


**Нейтрофилы**

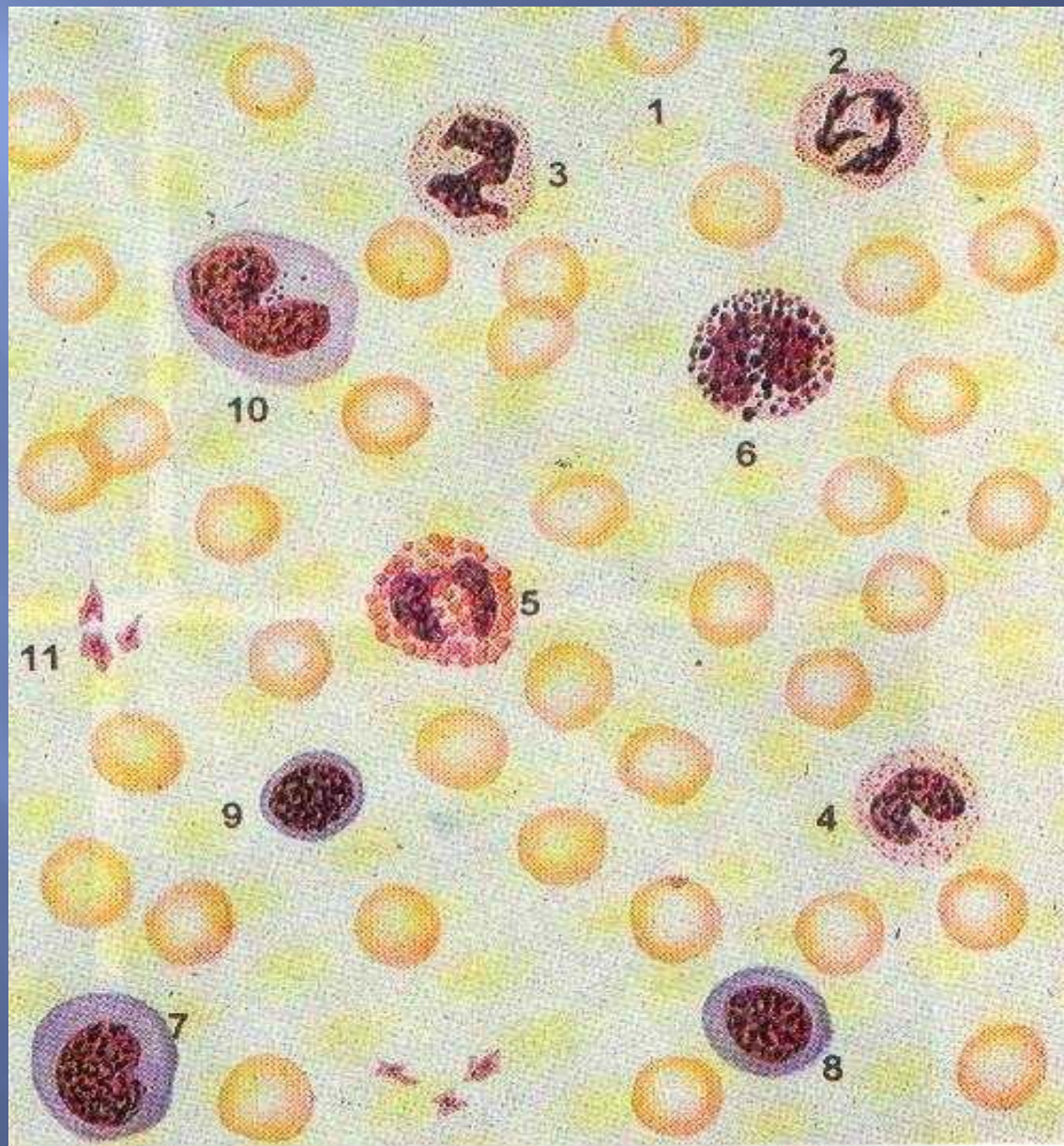
**Лимфоцит**



**Моноцит**



# Лейкоциты



# Лейкоцитарная формула

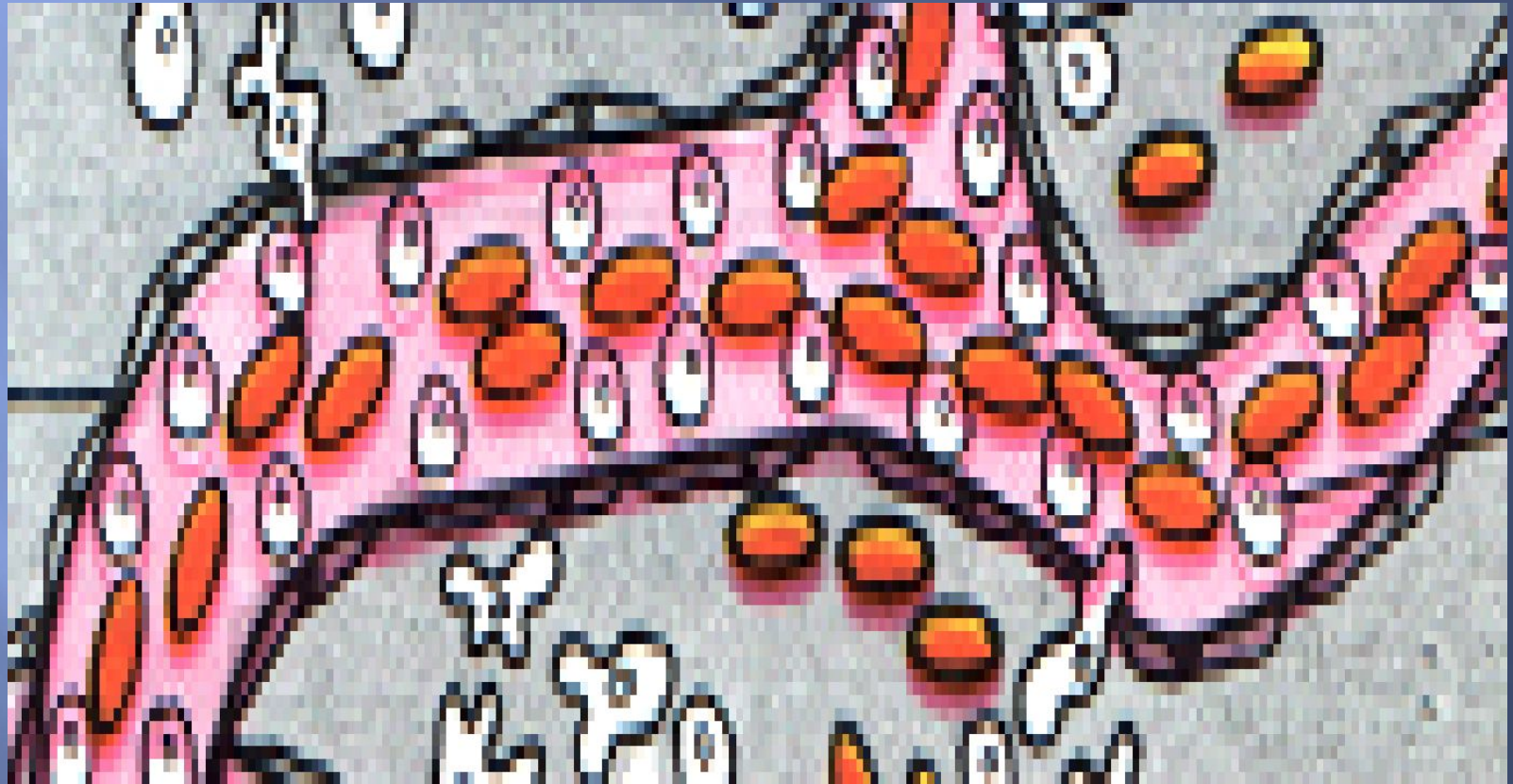
Число лейкоцитов в 1 мкл	Гранулоциты				Агранулоциты			
	Нейтрофилы				Эозинофилы	Базофилы	Лимфоциты	Моноциты
	Миелоциты	Метамиелоциты (юные)	Палочкоядерные	Сегментоядерные				
4000-9000	0	0 - 1	1 - 5	45 - 70	1 - 4	0 - 1	20 - 40	2 - 10

# Лейкоциты

- ▣ Базофилы (в тканях – тучные клетки): гистамин, гепарин, ФАТ, гормоны местного действия (тромбоксаны, простагландины, лейкотриены)
- ▣ Эозинофилы: гельминты, токсины белкового происхождения, способность к фагоцитозу, выделяют гистаминазу
- ▣ Нейтрофилы: фагоцитоз (бактерии, продукты распада тканей)
- ▣ Моноциты (в тканях - макрофаги): фагоцитоз, презентация антигенов, факторы системы гемостаза
- ▣ Лимфоциты: Т-лимфоциты, В-лимфоциты

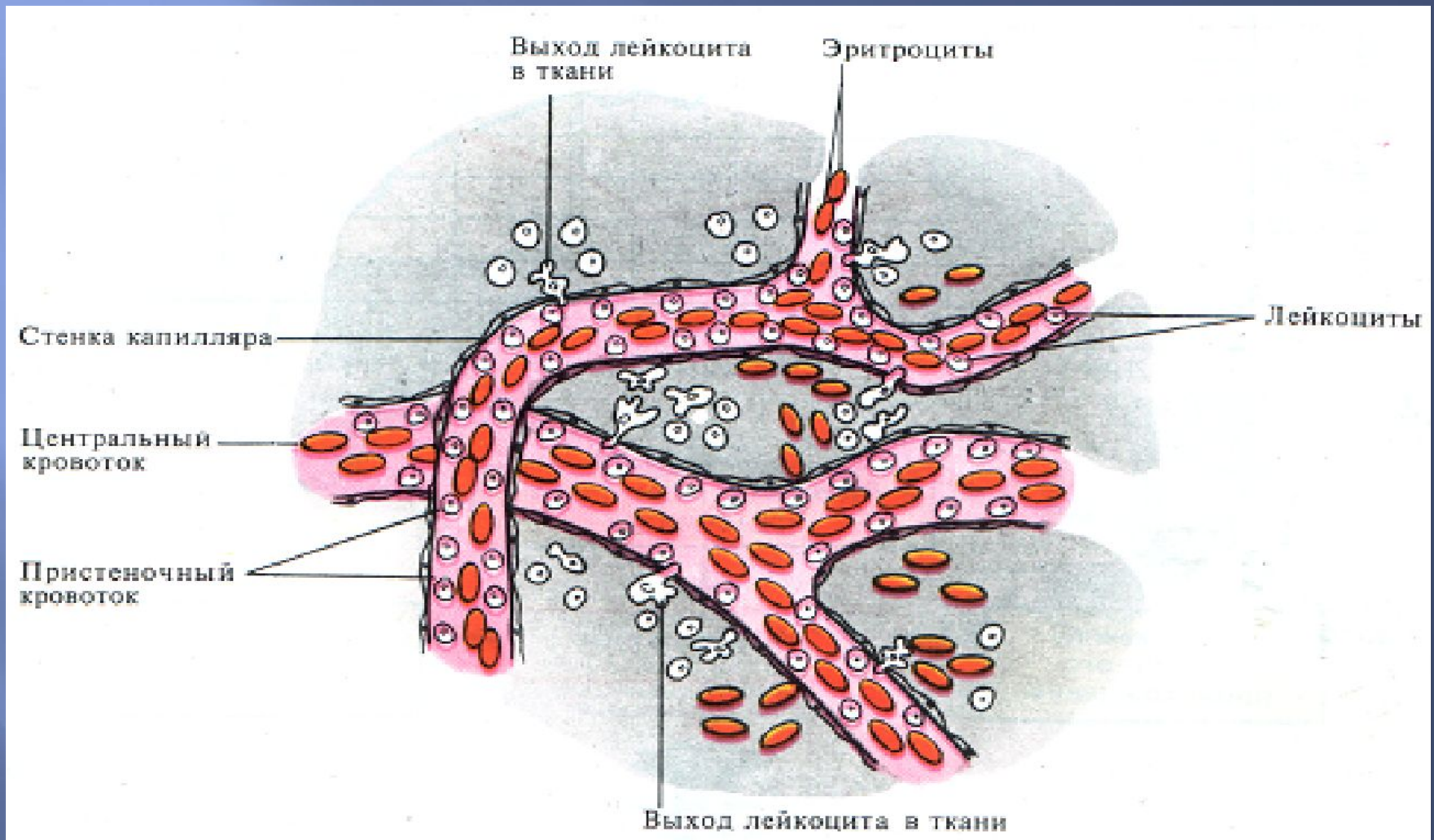
Вид лейкоцитов	Функции
Нейтрофилы	Фагоцитоз, уничтожение микробов, поврежденных клеток; фагоцитоз сопровождается респираторным взрывом (повышение потребления кислорода с образованием свободных радикалов кислорода); секреция бактерицидных веществ (например, лизоцима, лактоферрина и др.); синтез протеолитических ферментов (переваривание бактерий); продукция факторов хемотаксиса; секретируют цитокины; противовирусное, антибактериальное, противоопухолевое действие; способны мигрировать в ткани.
Эозинофилы	Противопаразитарное действие, уничтожение токсинов белкового происхождения, уничтожение кокков, гельминтов; образуют фермент гистаминазу (расщепляет гистамин, выделяемый базофилами → подавление функции базофилов); образуют биологически активные вещества (эйкраноиды или «гормоны местного действия»): постагландины, лейкотриены.
Базофилы	В гранулах содержатся вещества: гистамин (сосудорасширяющее действие), гепарин (антикоагулянтное действие), лейкотриены, факторы хемотаксиса эозинофилов; образуют фактор активации тромбоцитов (ФАТ); регулируют тонус и проницаемость сосудов, участвуют в аллергических реакциях немедленного типа.
Лимфоциты	Гуморальный (В-лимфоциты) и клеточный (Т-лимфоциты) иммунитет; секретируют цитокины.
Моноциты	Фагоцитоз в кислой среде (в такой среде нейтрофилы неактивны); участие в иммунных реакциях (осуществляют презентацию антигена для лимфоцитов); синтезируют цитокины; противовирусное, противомикробное, противоопухолевое действие.

# Лейкоциты



Краевое стояние лейкоцитов в сосудистом русле

# Лейкоциты



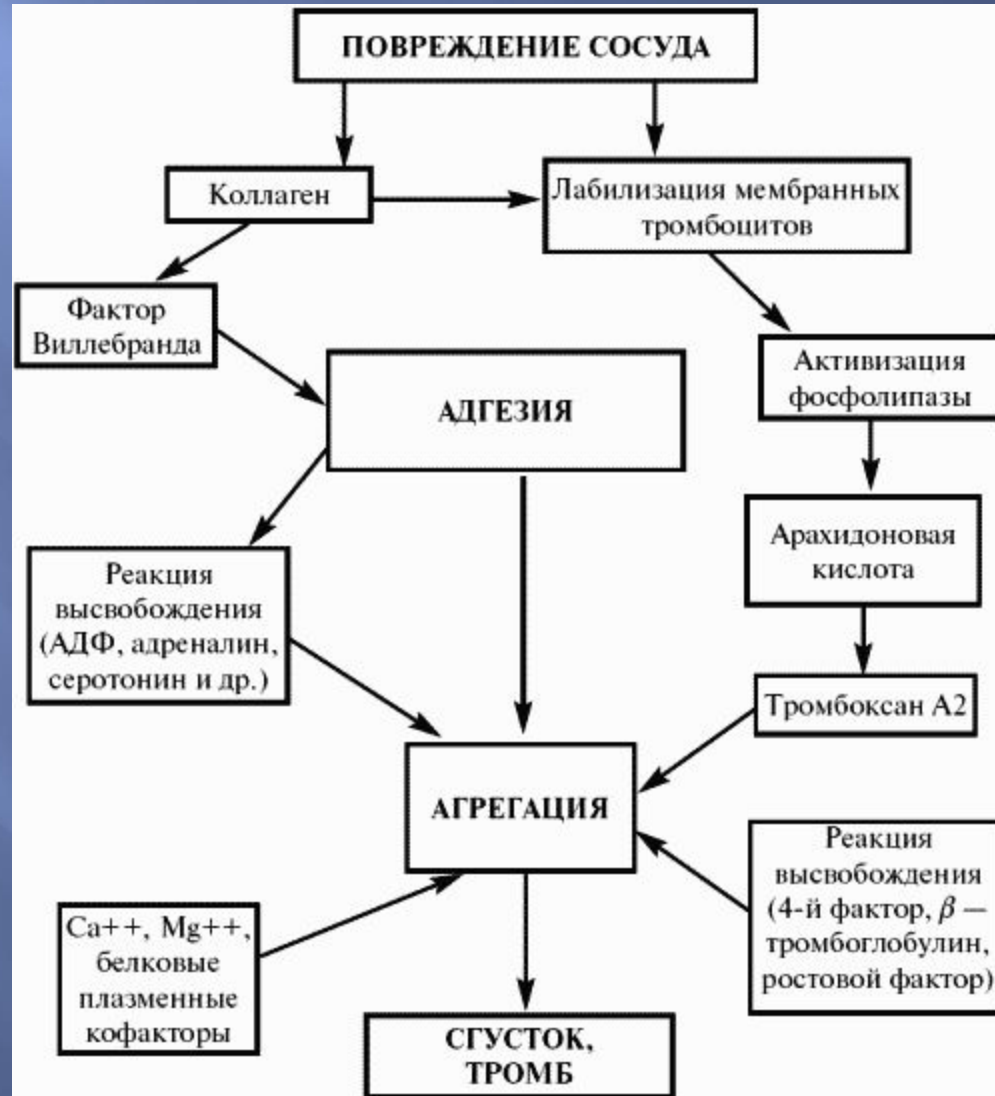
Выход лейкоцитов в ткани



# Тромбоциты

- ▣ Адгезия (субэндотелий, н., коллаген)
- ▣ Реакция высвобождения
- ▣ Агрегация (рыхлый белый тромб)

# Тромбоциты



# Тромбоциты (защитная функция)

- ▣ Гемостаз
- ▣ Фагоцитоз
- ▣ Иммуноглобулин, лизоцим

# Свертывание крови

- Тромбоцитарные факторы
- Плазменные факторы

# Тромбоцитарные факторы свертывания

- Фактор 1 – тромбоцитарный акцелератор-глобулин, идентичен фактору V
- Фактор 2 – акцелератор тромбина, фибринопластический фактор (ускоряет превращение фибриногена)
- Фактор 3 – тромбоцитарный тромбопластин, частичный тромбопластин
- Фактор 4 – антигепариновый фактор
- Фактор 5 – свертываемый фактор (иммунологически идентичен фибриногену)
- Фактор 6 – тромбостенин
- Фактор 7 – тромбоцитарный котромбопластин
- Фактор 8 – антифибринолизин
- Фактор 9 – фибринстабилизирующий фактор, по действию соответствует фактору XIII
- Фактор 10 – 5-гидрокситриптамин, серотонин
- Фактор 11 – аденозиндифосфат (АДФ)

# Плазменные факторы свертывания крови

- ▣ I. Фибриноген
- ▣ II. Протромбин
- ▣ III. Тромбопластин
- ▣ IV. Ионы  $Ca^{++}$
- ▣ V. Проакцелерин
- ▣ VI. Акцелерин (изъят из классификации)
- ▣ VII. Проконвертин
- ▣ VIII. Антигемофильный глобулин А
- ▣ IX. Антигемофильный глобулин В (фактор Кристмаса)
- ▣ X. Фактор Стюарта-Прауэра
- ▣ XI. Фактор Розенталя
- ▣ XII. Фактор Хагемана
- ▣ XIII. Фибрин-стабилизирующий фактор
- ▣ XIV. Фактор Флетчера, или прекалликреин
- ▣ XV. Фактор Фитцджеральда, высокомолекулярный кининоген (ВМК)

# Калликреин-кининовая система

▣ Прекалликреин → Калликреин



▣ Кининоген → Кинин



▣ XI → XIa

# Свертывание крови





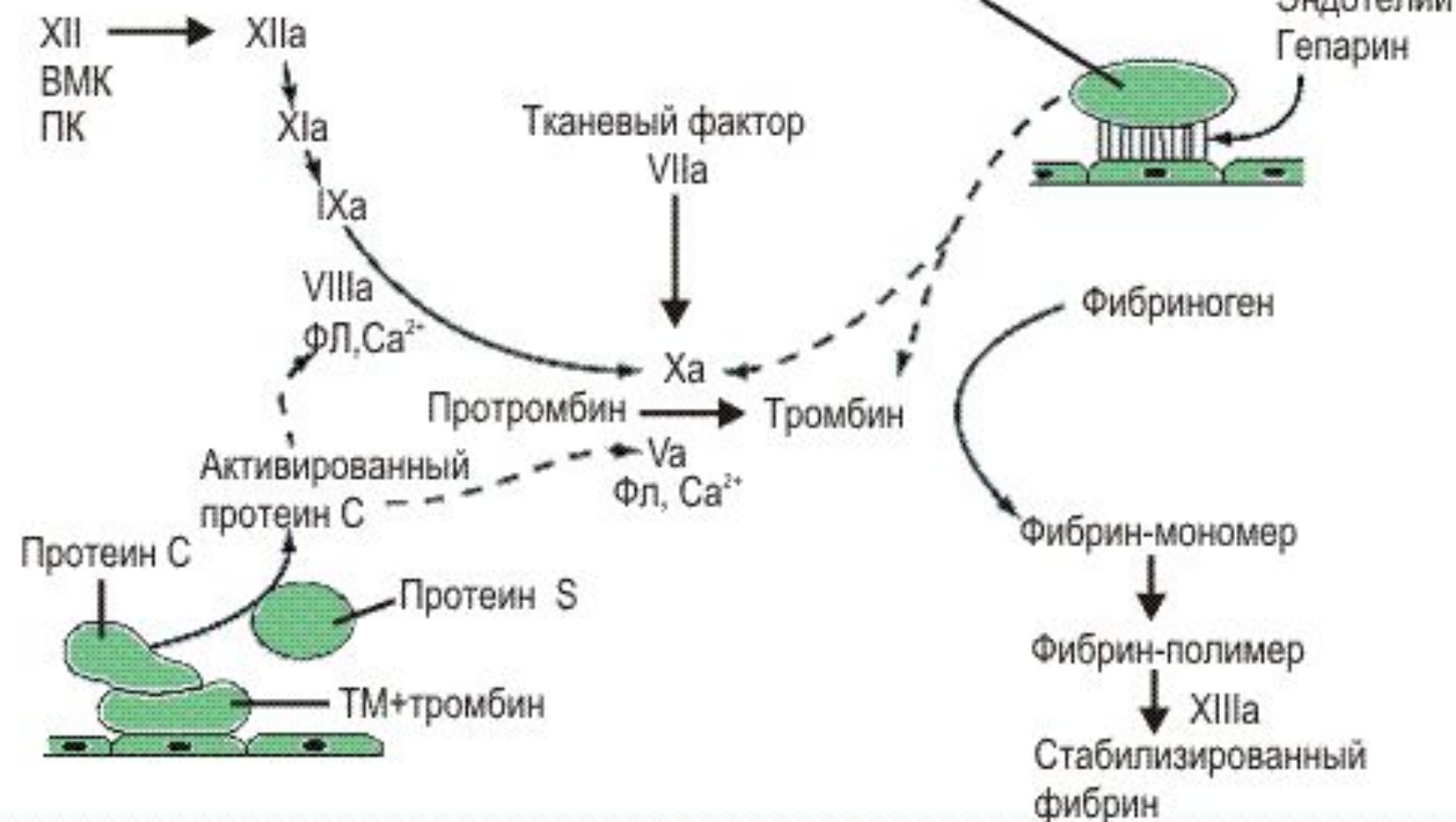
# Свертывание крови

Внешний механизм (тканевой). Запускается при повреждении тканей или эндотелия сосуда; из тканей высвобождается тканевой тромбопластин (Фактор III) - он активирует фактор VII и т.д. (см. схему).

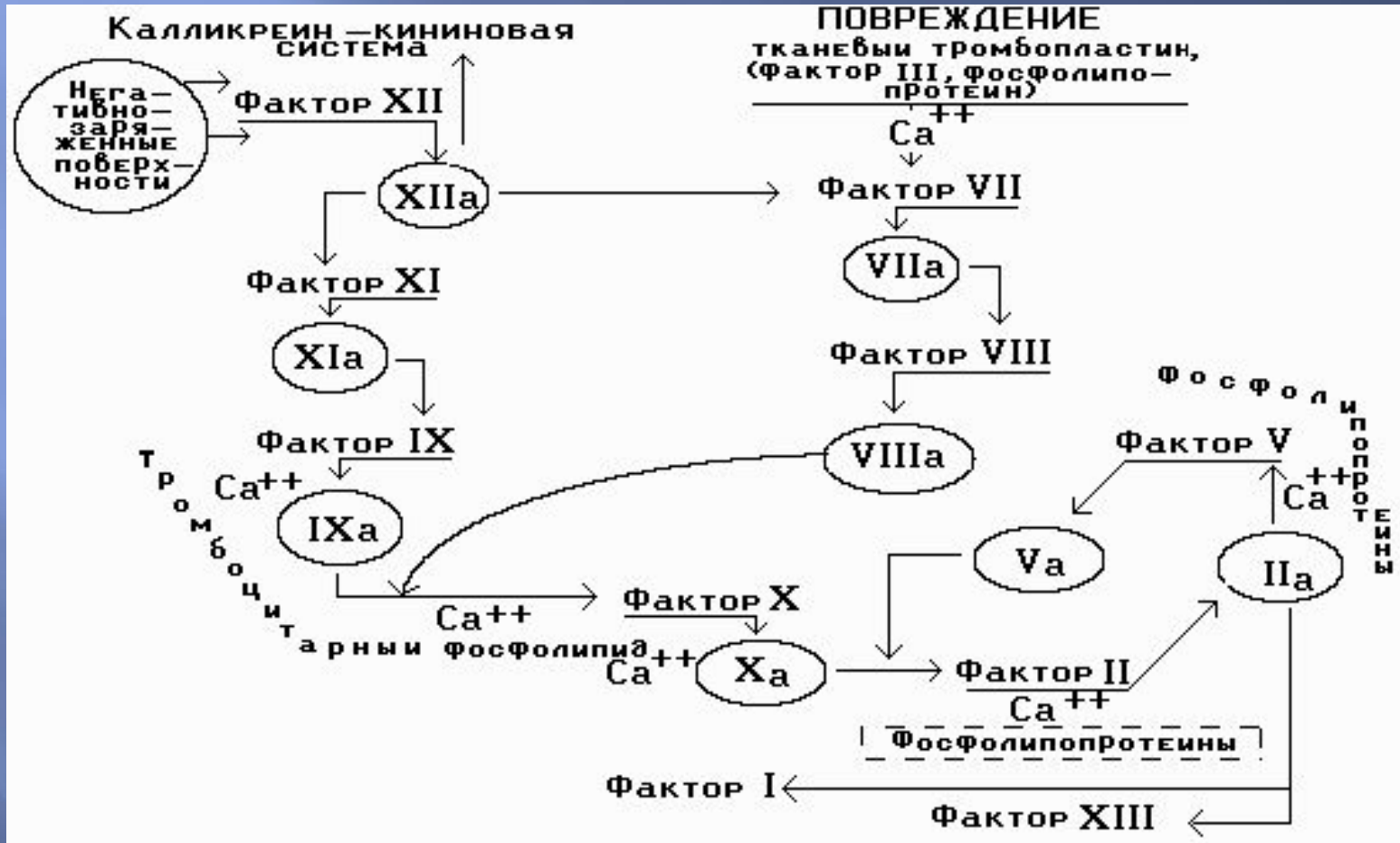
Внутренний механизм (кровяной). Контактный (активация фактора XII в результате контакта с поврежденной поверхностью стенки сосуда, коллагеном, чужеродной поверхностью (игла шприца, стекло).

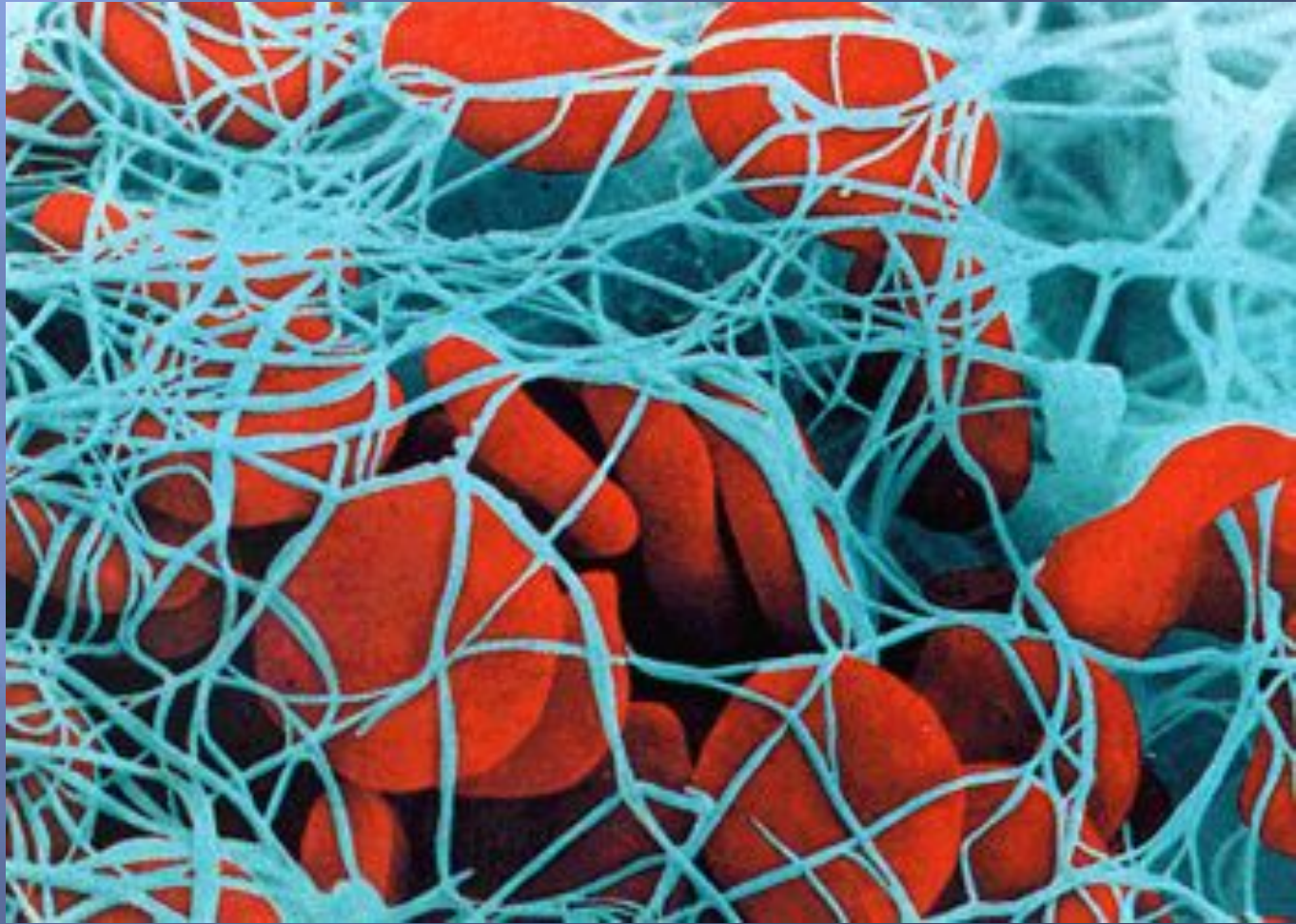
.

### Контактная активация



# Схема свертывания крови





# Противосвертывающая система крови

- ▣ Антикоагулянтная
- ▣ Фибринолитическая

# Система фибринолиза

- ▣ Проактиватор плазминогена – XII фактор (фактор Хагемана)
- ▣ Стимуляторы фибринолиза:
  - 1) урокиназа (образуется в почках),
  - 2) кислая и щелочная фосфотазы,
  - 3) калликреин-кининовая система.
- ▣ Тканевые лизокиназы – превращают XII в XIIa (в активную форму)

# Система фибринолиза

- ▣ I фаза — из кровяного проактиватора плазминогена (XII) образуется кровяной активатор плазминогена (XIIa)

- ▣ II фаза:

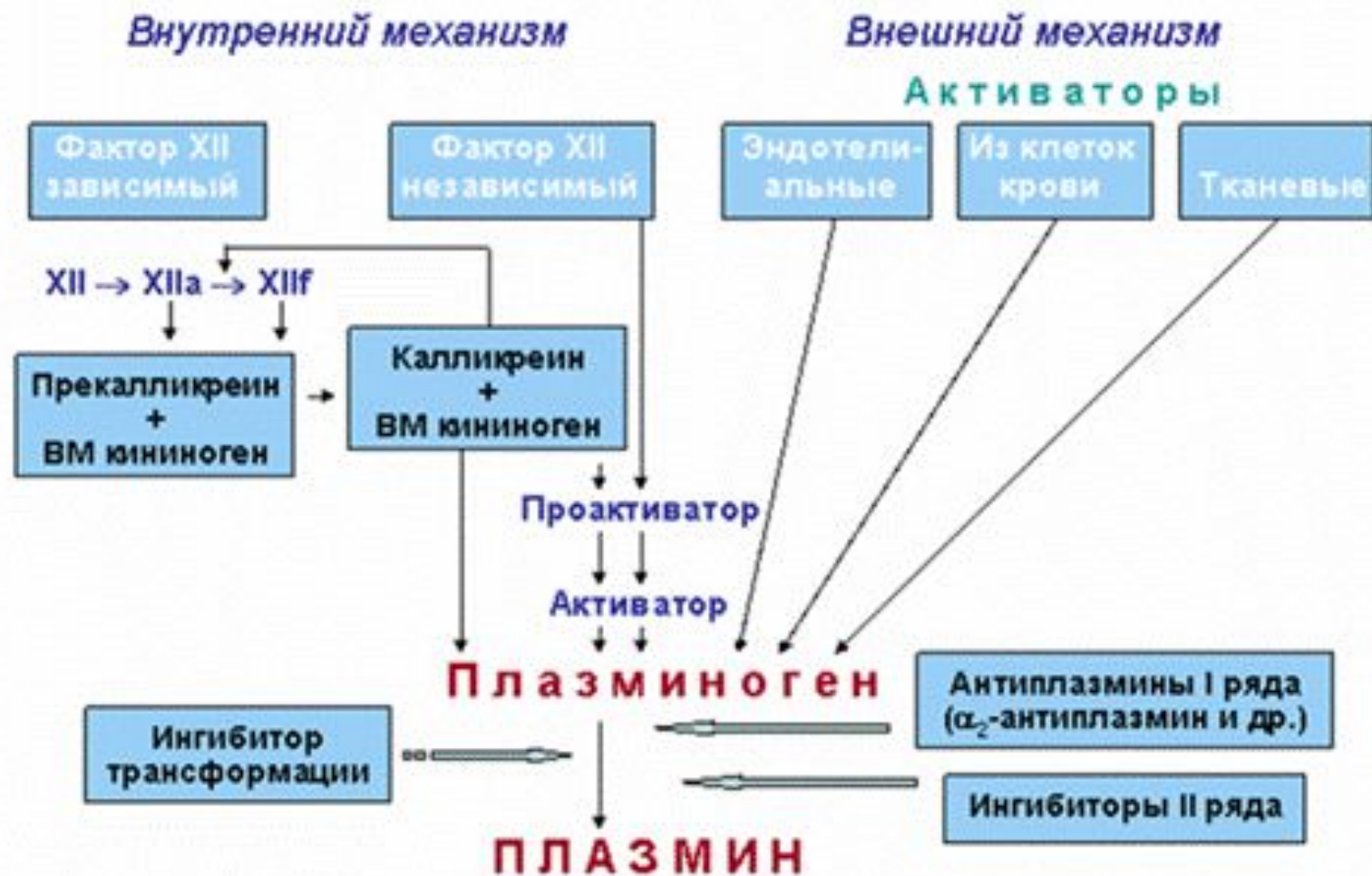
XIIa + стимуляторы фибринолиза



плазминоген → плазмин

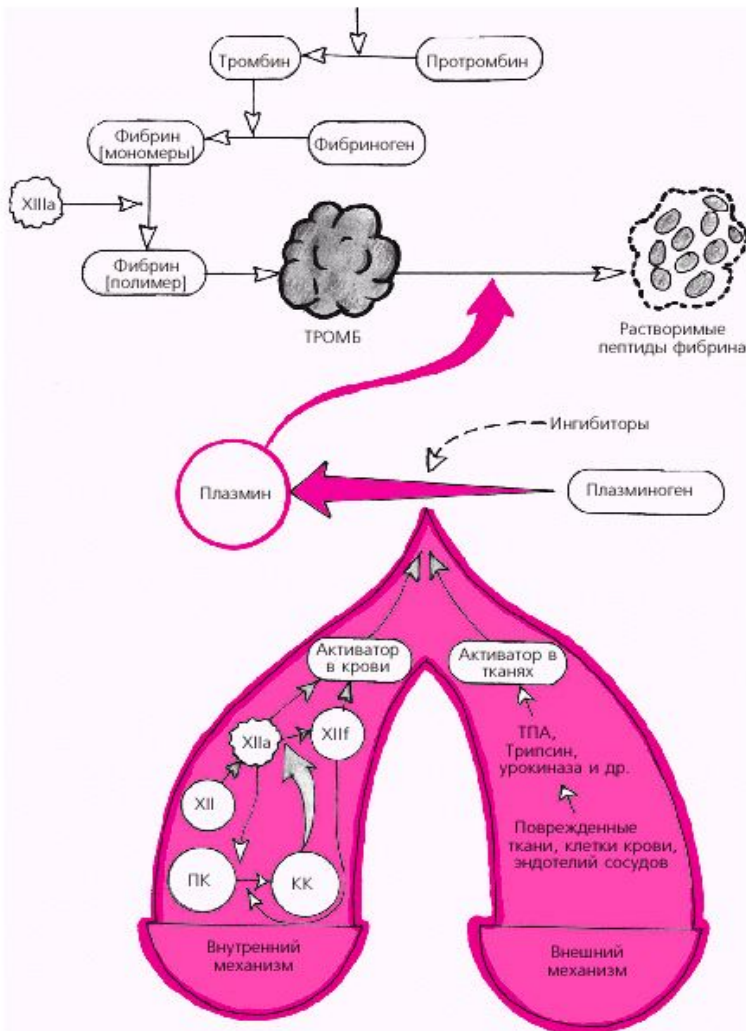
- ▣ III фаза: лизис фибрина с образованием пептидов и аминокислот

# Схема фибринолиза





# Система гемостаза



**ПК** — прекалликреин;  
**КК** — калликреин;  
**ТПА** — тканевой активатор плазминогена  
(синтезируется в сосудистом эндотелии при любом повреждении сосуда);  
**XIIIf** - фрагмент XII фактора

# Система АВО



А антиген



В антиген

Эритроцит



Группа крови А



Группа крови В



Группа крови АВ  
Универсальный  
рецепиент



Группа крови О  
Универсальный  
донор

# КЛАССИФИКАЦИЯ КРОВИ ПО ГРУППАМ

ГРУППА

A

B

AB

O

ЭРИТРОЦИТЫ



АНТИТЕЛА В ПЛАЗМЕ КРОВИ



АНТИ-B



АНТИ-A

НЕТ



АНТИ-B И АНТИ-A

АНТИГЕНЫ В МЕМБРАНЕ ЭРИТРОЦИТОВ



A



B

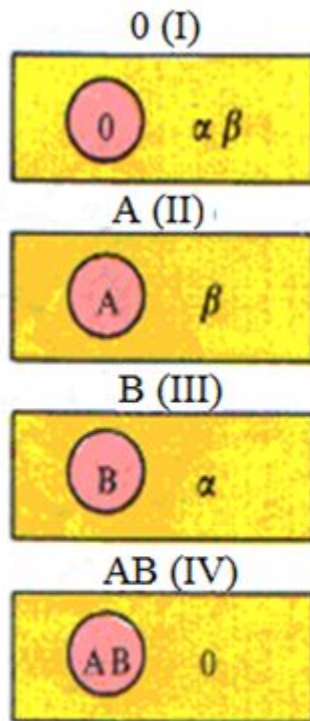


A И B



НЕТ

# Группы крови по системе АВ0



A, B антигены  
α, β антитела

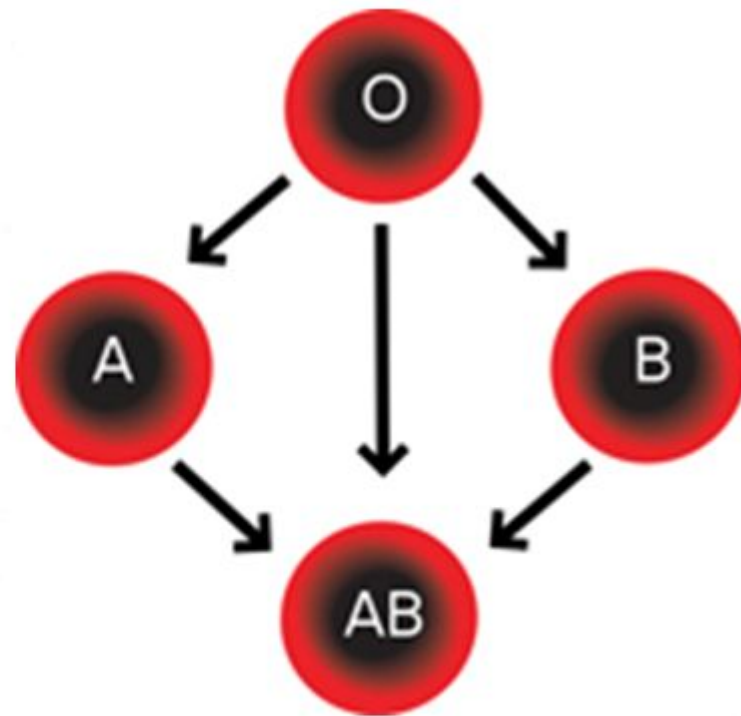


Схема допустимого переливания  
крови

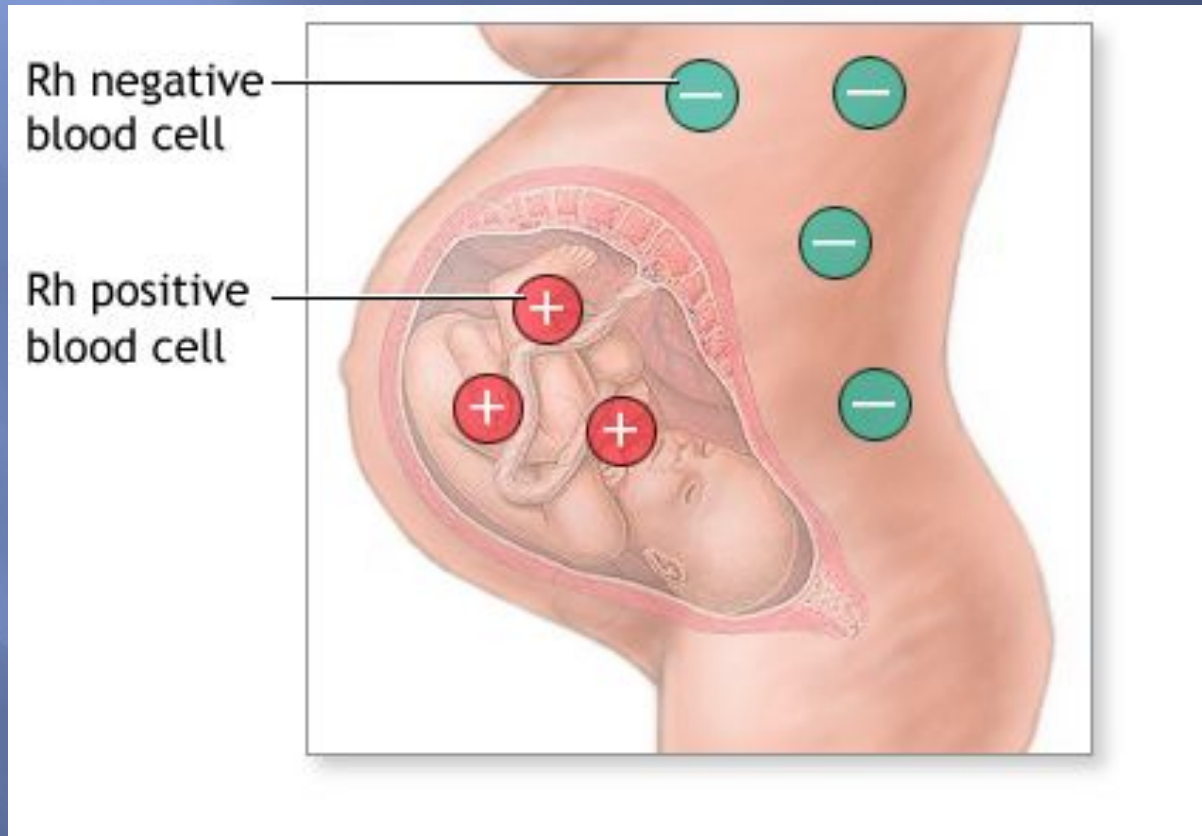


# Резус-фактор (номенклатура)

1. Символы:  $Rh_0$ ,  $rh'$ ,  $rh''$ ,  $Hr_0$ ,  $hr'$ ,  $hr''$ .
2. Буквенные обозначения: D, C, E, d, c, e.

$Rho (D); rh' (C); rh'' (E); Hr_0 (d); hr' (c); hr'' (e).$

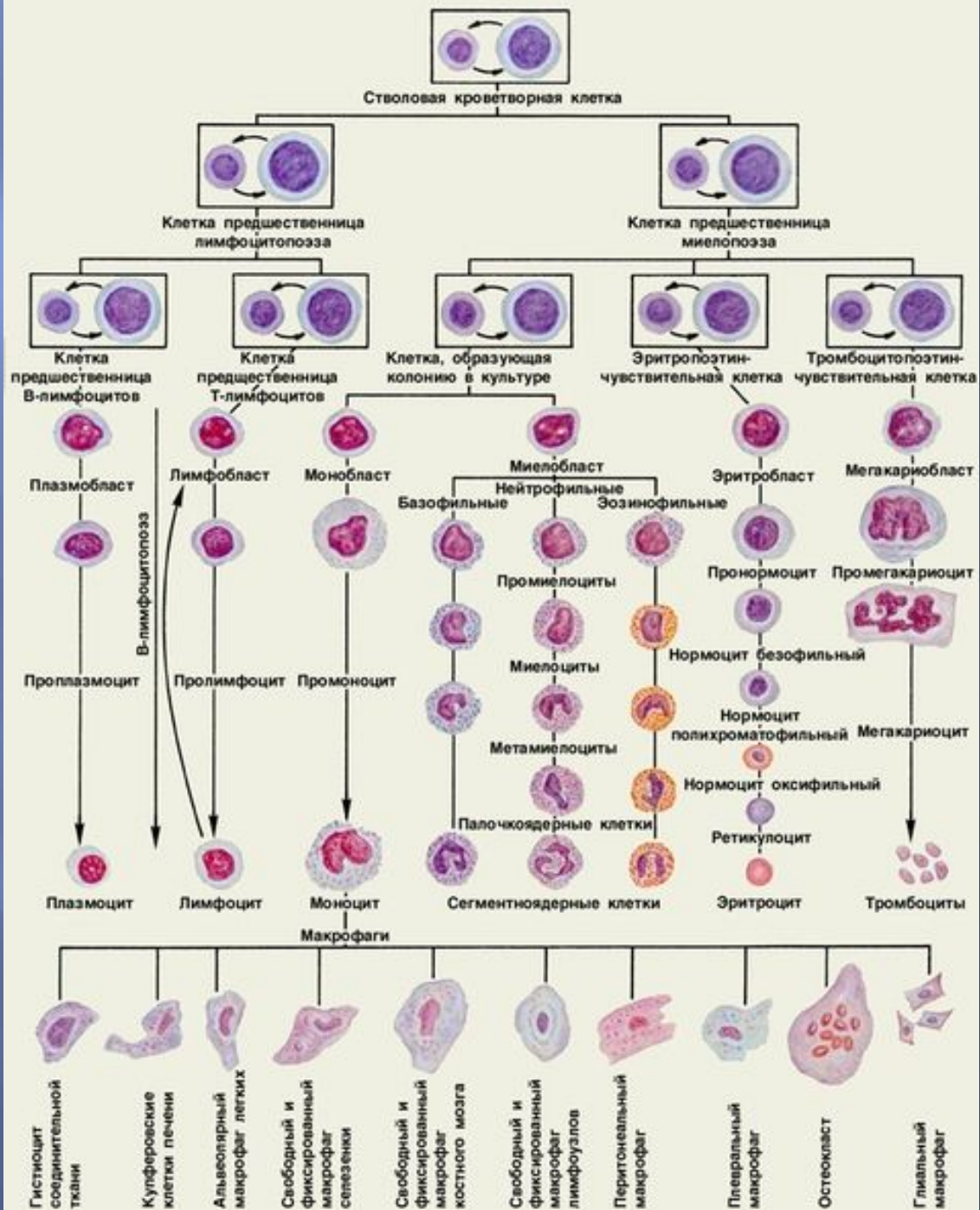
# Резус-конфликт



# Резус-конфликт







# Регуляция кроветворения



# Система крови (По Г.Ф. Лангу, 1939)

- ▣ Органы кроветворения
- ▣ Циркулирующая кровь
- ▣ Органы кроверазрушения
- ▣ Аппарат нейрогуморальной регуляции