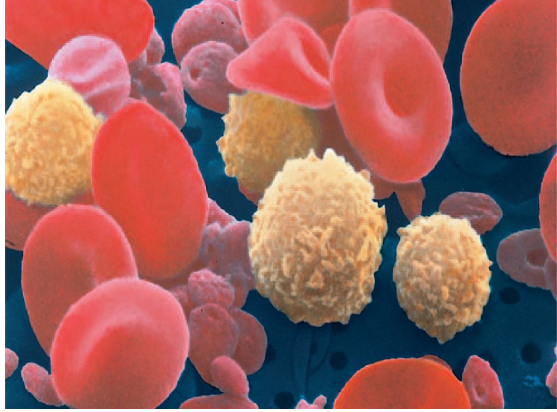
# Лекция № 6



# Система крови

Для студентов факультета АФК заочного отделения

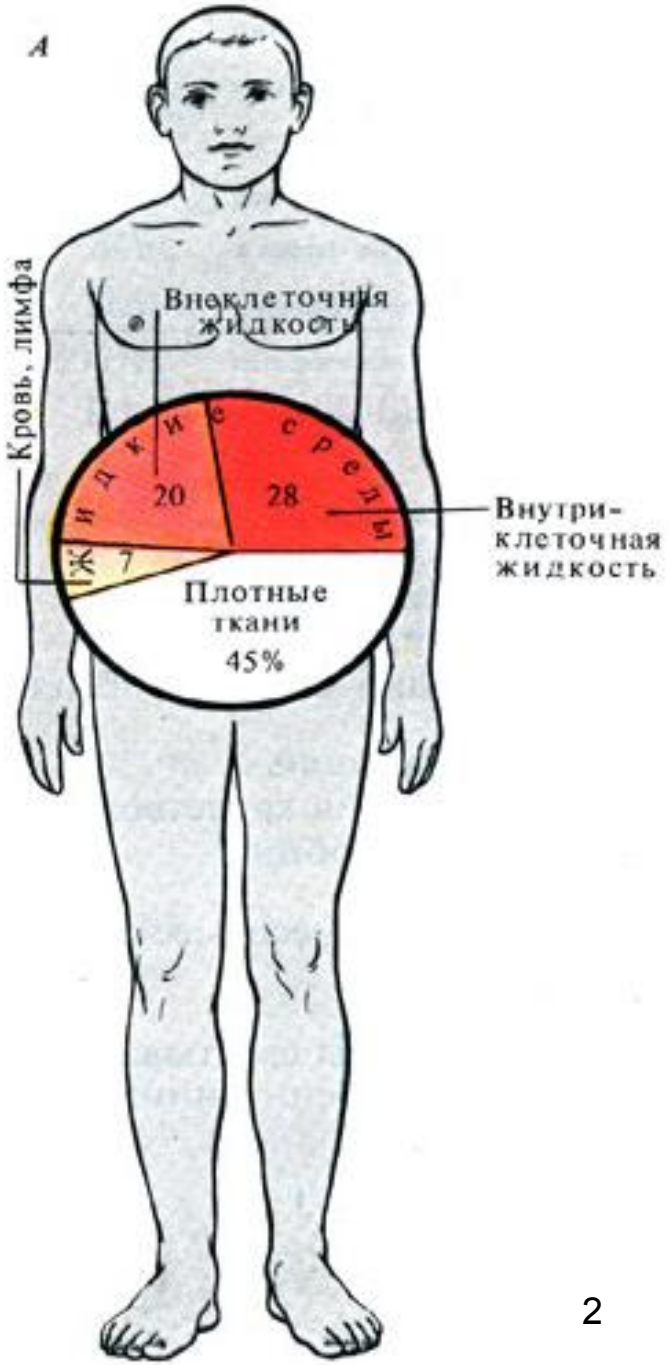
Лектор: доцент каф. норм. Физиологии и восстановительной медицины, к.м.н.

**Шерстенникова Александра Константиновна**

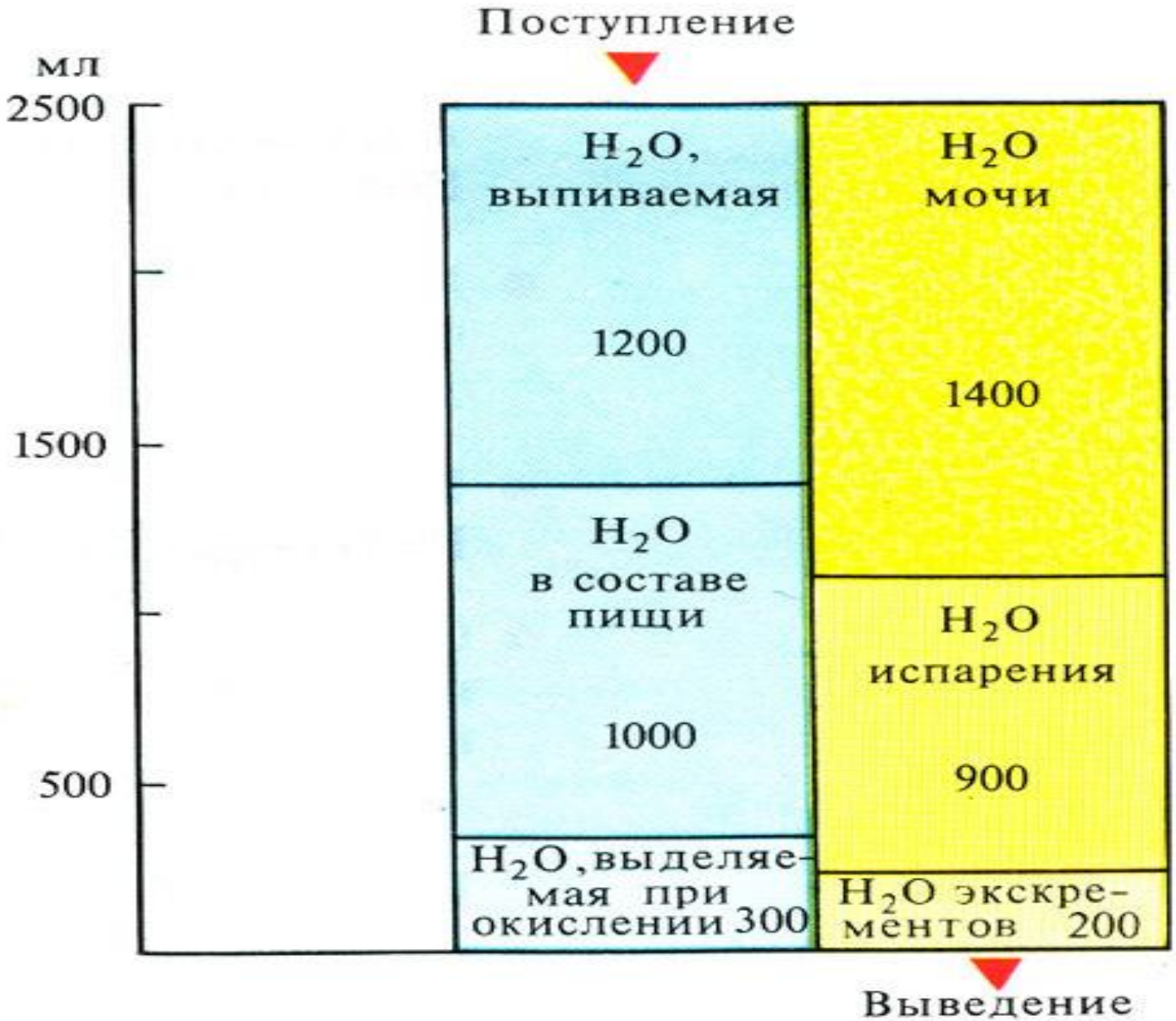
**Гомеостаз** - постоянство ее внутренней среды организма

Состав внутренней жидкой среды организма:

- межклеточная жидкость (20%),
- внутриклеточная жидкость (28%)
- кровь и лимфа (7%)



# Гомеостаз жидкости



# Важнейшим компонентом внутренней среды организма является **кровь**

Ланг (1939) выдвинул понятие «**система крови**»- совокупность:

1. периферической крови циркулирующей по сосудам,
2. регулирующий нейрогуморальный аппарат,
3. органы кроветворения: костный мозг, лимфоструктуры, у эмбриона – желточный мешок, у плода – печень, где происходит образование и созревание форменных элементов;
4. кроверазрушения (селезенка, печень).

# Функции крови:

1. **Транспортная** - перенос различных веществ. За счет этого выполняются функции:

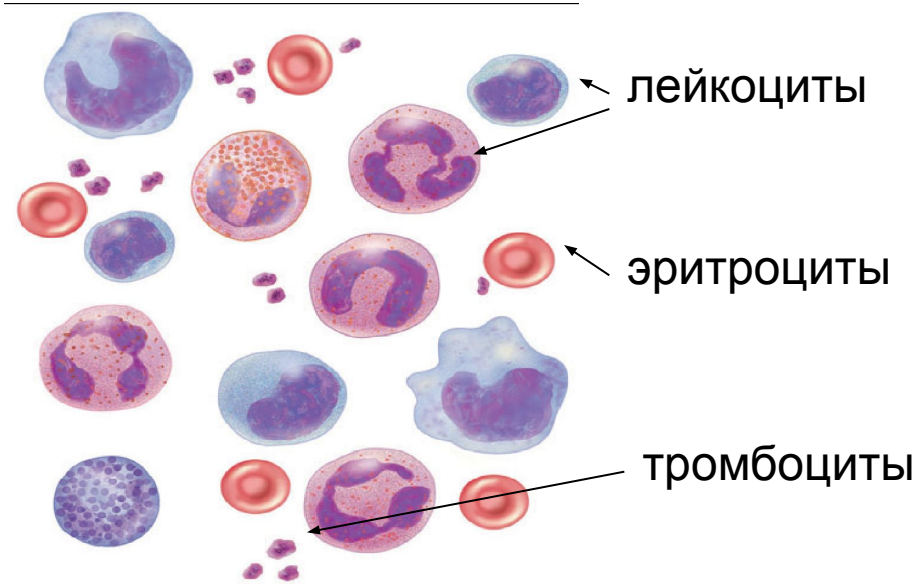
- а) дыхательная,
- б)питательная,
- в)экскреторная,
- г)регуляция постоянства температуры тела,
- д) регуляторная - участие в гуморальной регуляции многих функций организма (через доставку гормонов),

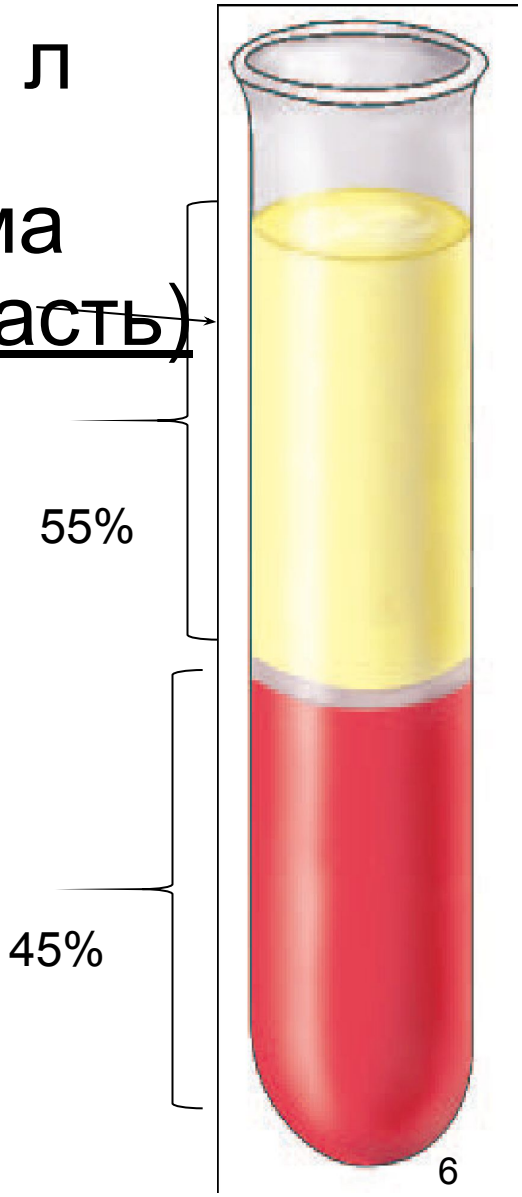
2. **Защитная** - участие в иммунных реакциях, фагоцитозе, свертывания (коагуляции) крови

# Кровь

количество у человека = 4-6 л

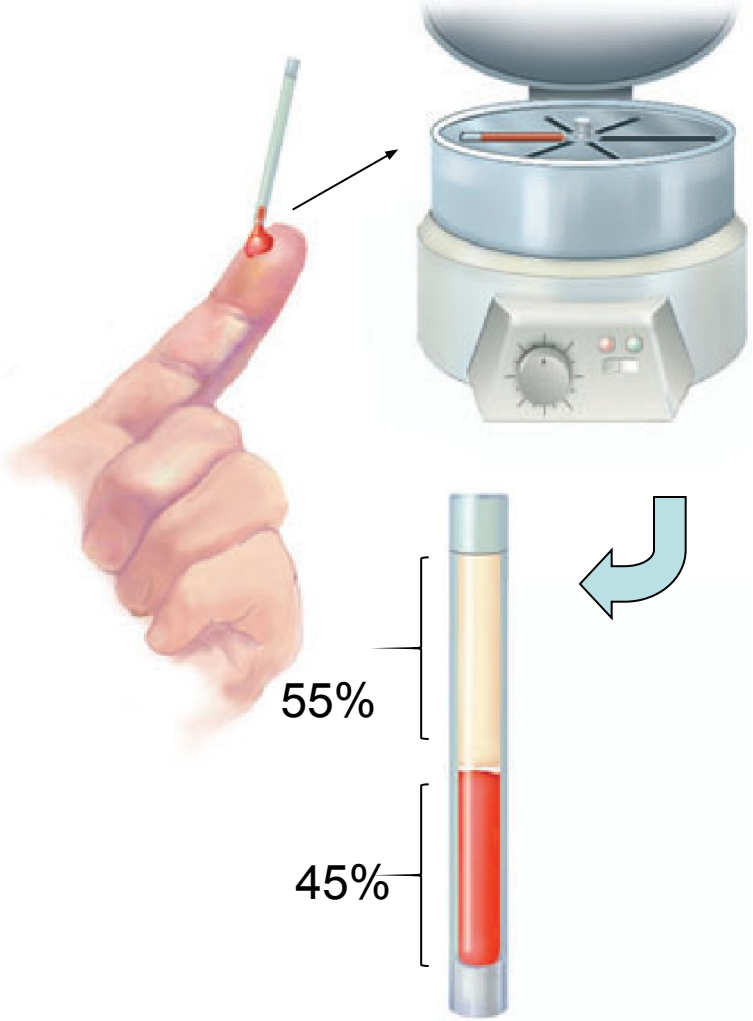
Кровь - жидкая ткань организма состоит из плазмы (жидкая часть) и форменных элементов - эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов.



# Гематокрит -

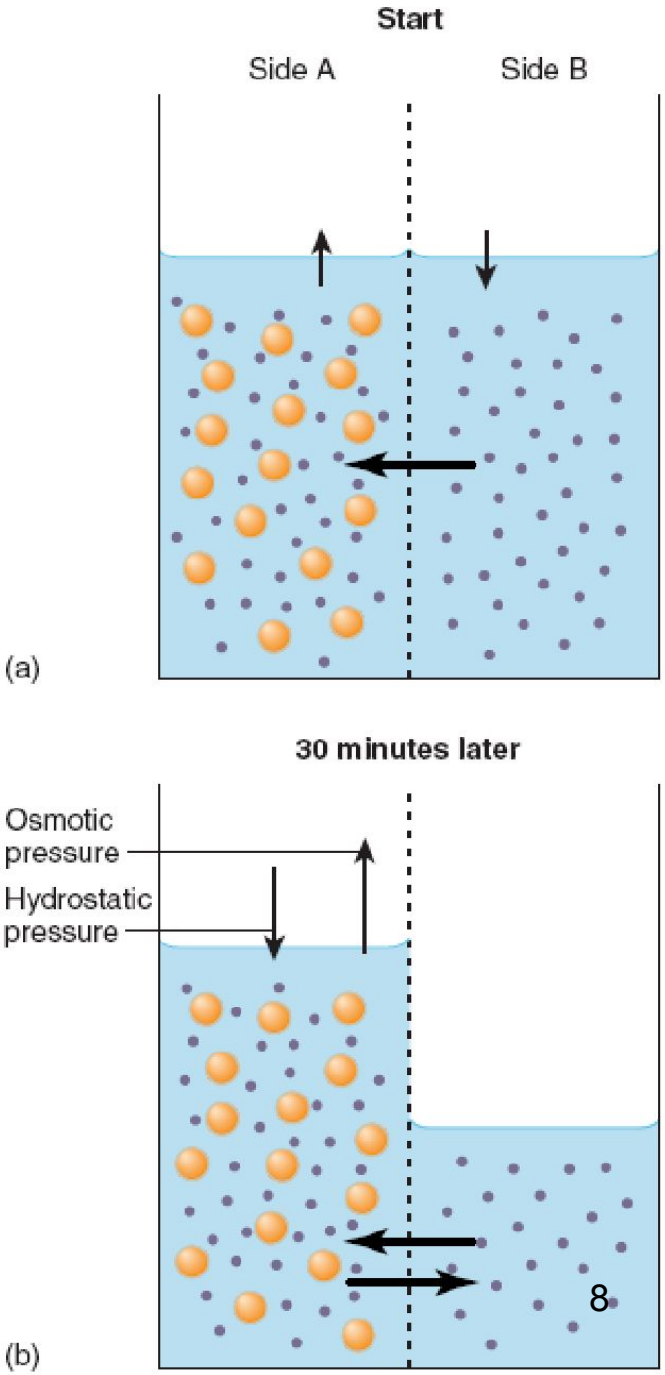
- Соотношение объемов плазмы крови и ФЭК - определяется путем центрифунгирования крови в специальном капилляре с делениями - гематокрите.
- У мужчин Ht = 0,45–0,52, у женщин — 0,37–0,48.
- соотношение 45% ФЭК и 55% плазмы.



# Физико-химические свойства крови -

## 1.Осмотическое давление крови -

- это сила, обуславливающая движение растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный.
- способствует распределению воды между тканями, клетками и кровью.



## Осмотическое давление крови = 7,6 атм.

- зависит от содержания электролитов в плазме, но главным образом от NaCl, глюкозы
- Электролитный состав плазмы:

(Na+) 135–145 мэкв/л

(Ca2+) 9.2–10.4 мэкв/л

(K+) 3.5–5.0 мэкв/л

(Mg2+) 1.3–2.1 мэкв/л

(Cl-) 100–106 мэкв/л

бикарбонаты ($HCO_3$) 23.1–26.7 мэкв/л

фосфаты ($HPO_4$) 1.4–2.7 мэкв/л

сульфаты ($SO_4$) 0.6–1.2 мэкв/л

- Растворы с осмотическим давлением, равным плазменному, называются изотоническими (0,9% NaCl), с большим – гипертоническими, с меньшим - гипотоническими.

- гипертонические растворы вызывают сморщивание клеток в результате перехода части воды из клеток в раствор,
- гипотонические – клеточный отек, вплоть до разрыва клеточной мембраны, в результате перехода воды и раствора в клетку.

Изотонический раствор NaCl (0,9%)

Гипертонический раствор NaCl (>0,9%)

Гипотонический раствор NaCl (< 0,9%)

- **2. <u>Онкотическое давление -</u> давление, создаваемое белками плазмы=** 25-30 мм рт ст
- **Онкотическое** давление фактор, способствующий переходу воды из тканей в кровяное русло. При снижении величины онкотического давления происходит выход воды из сосудов в интерстициальное пространство, что приводит к отеку тканей.

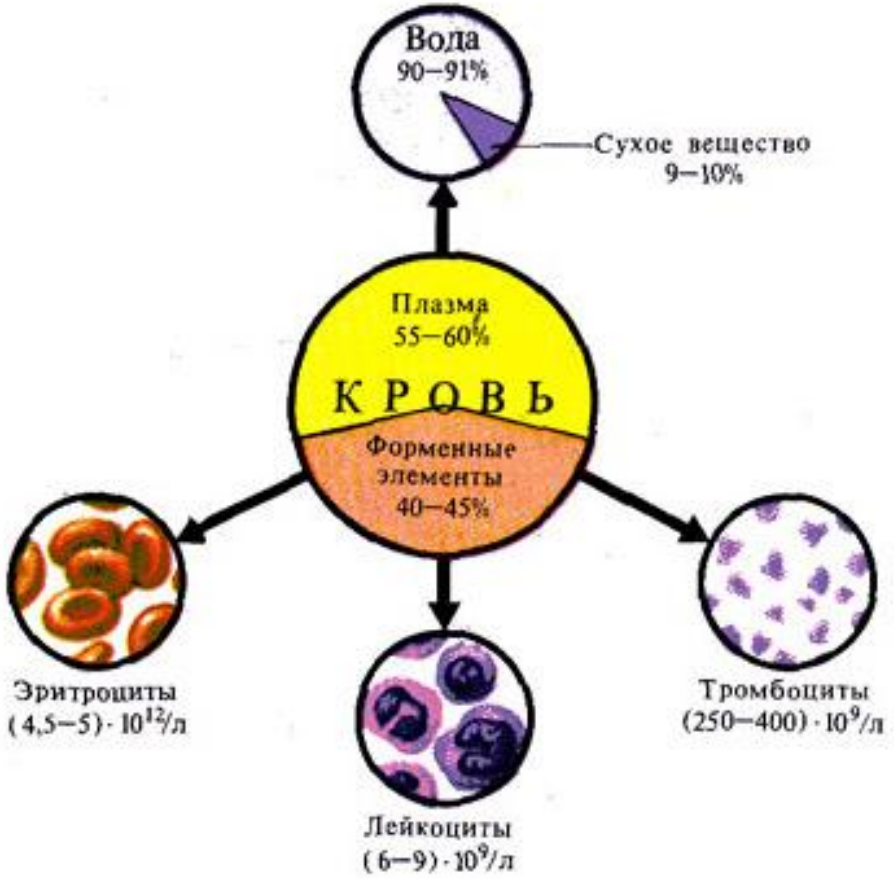
- **<u>3. Кислотно-основное равновесие</u>**(pH) = 7,4 в артериальной крови, в венозной =7,35.
- Несмотря на непрерывное поступление в кровь кислых и щелочных продуктов обмена веществ, pH крови постоянна и является жесткой константой.
- Ацидоз – сдвиг pH в кислую сторону
- Алкалоз – сдвиг pH в щелочную

- 4. Вязкость крови - она обусловлена наличием белков и эритроцитов. Вязкость цельной крови равна 5.0 (если вязкость воды взять за 1), плазмы 1,7-2,2.

- 5. Удельный вес (относительная плотность) крови зависит от содержания форменных элементов. Удельный вес крови равен 1,050-1,060, плазмы 1,025-1,034.

# Состав плазмы и значение ее элементов

- Плазма - жидкая часть крови, остающаяся после удаления из нее форменных элементов.
- Плазма, лишенная фибриногена называется **сывороткой**.



# В состав плазмы входят:

1. вода - 90%,

2. органические вещества (9%):

- **Белки (7%)** : альбумины, глобулины, фибриноген
- **азотсодержащие** вещества: мочевина, мочевая кислота,
- **глюкоза** (3,3-5,5 ммоль/л), **липиды**,
- БАВ: ферменты, гормоны, медиаторы, витамины

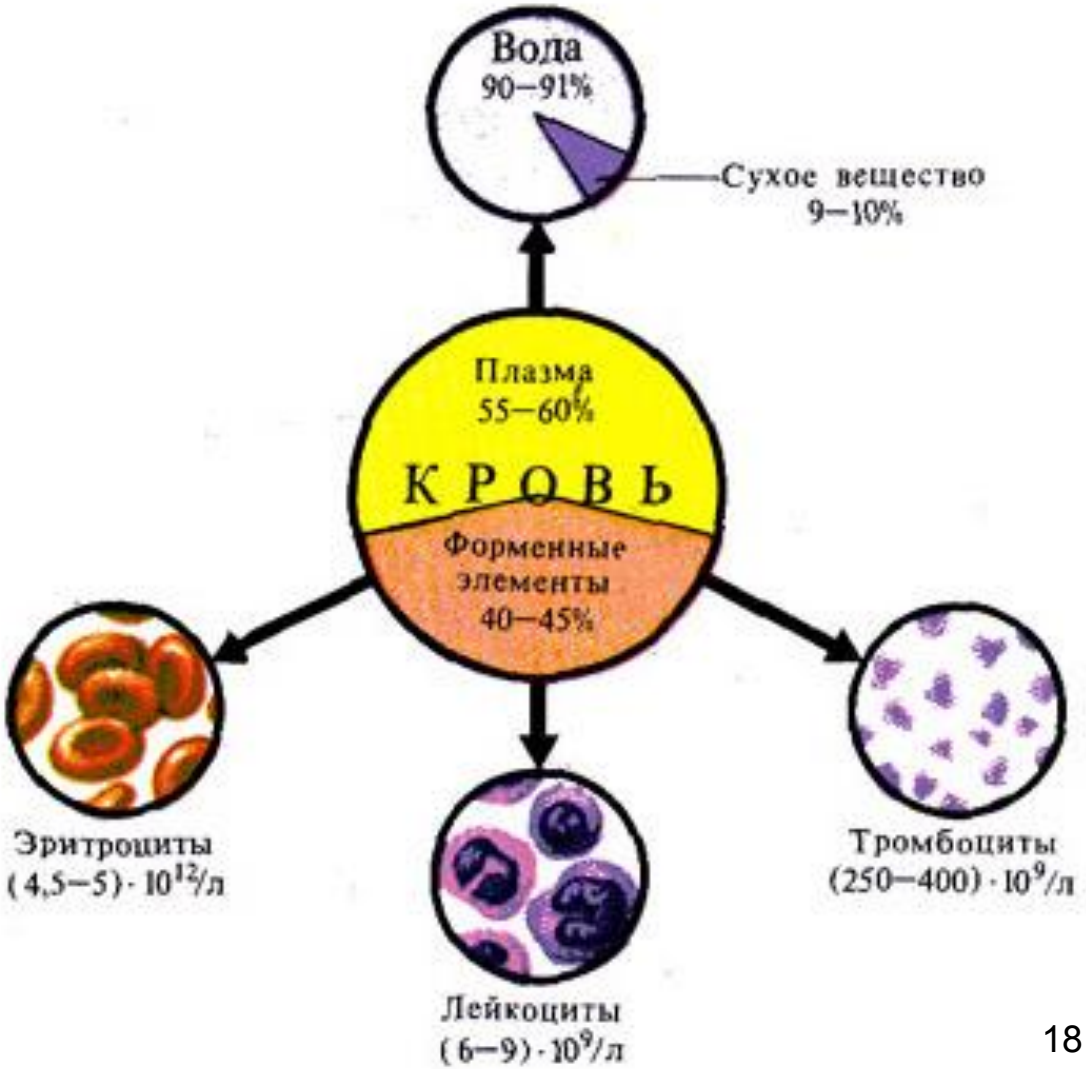
3. неорганические вещества 1%- минеральные соли

# Функции белков крови:

- 1. создают онкотическое давление - альбумины;
- 2. определяют вязкость крови;
- 3. принимают участие в процессе свертывания крови (фибриноген, глобулины);
- 4. являются важными компонентами защитной функции крови (гамма-глобулины);
- 5. принимают участие в транспорте веществ - альбумины

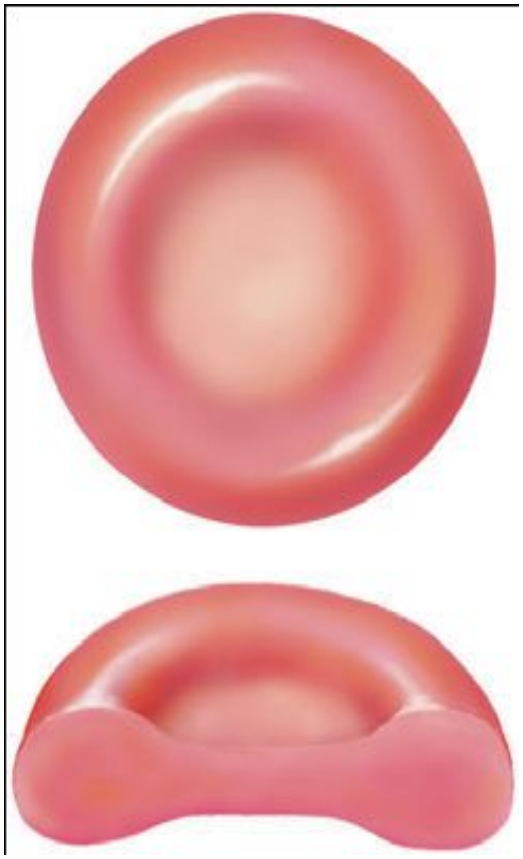
# Форменные элементы крови

- Эритроциты
- Лейкоциты
- Тромбоциты



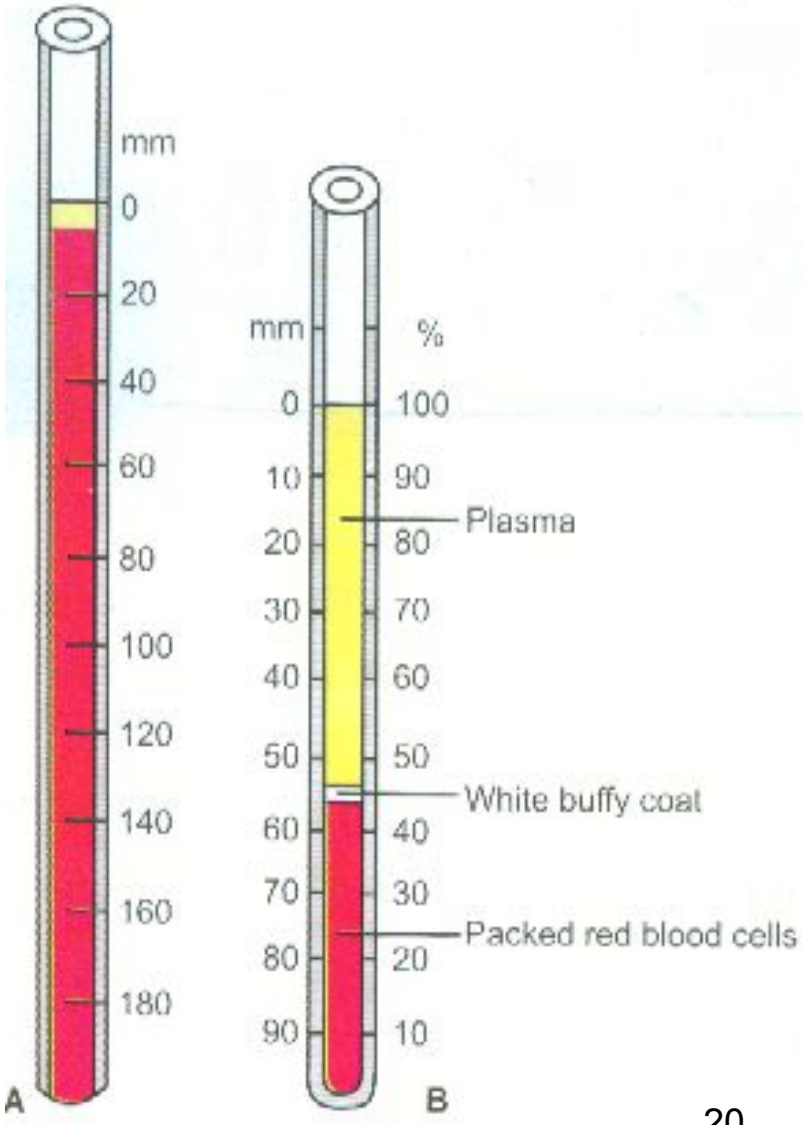
# Эритроциты

- **у мужчин 4,5 - 5,0 • $10^{12}$ /л,**
- **у женщин 4,0 - 4,5 • $10^{12}$ /л;**
- Представляют собой безъядерные двояковогнутые клетки, состоящие из белково-липидной оболочки, заполненной гемоглобином.
- Основная функция эритроцитов является перенос кислорода в составе оксигемоглобина

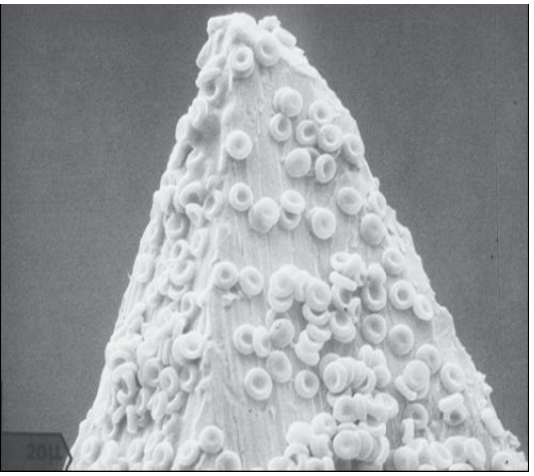


# Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

- у мужчин 2-10 мм/ч, у женщин 2-15 мм/ч.
- СОЭ зависит от: количества эритроцитов, белкового состава плазмы.



# Образование эритроцитов - эритропоэз -



- осуществляется в красном костном мозге, который находится в плоских костях и метафизах трубчатых костей.

Продолжительность жизни эритроцитов в кровяном русле составляет 120 дней.

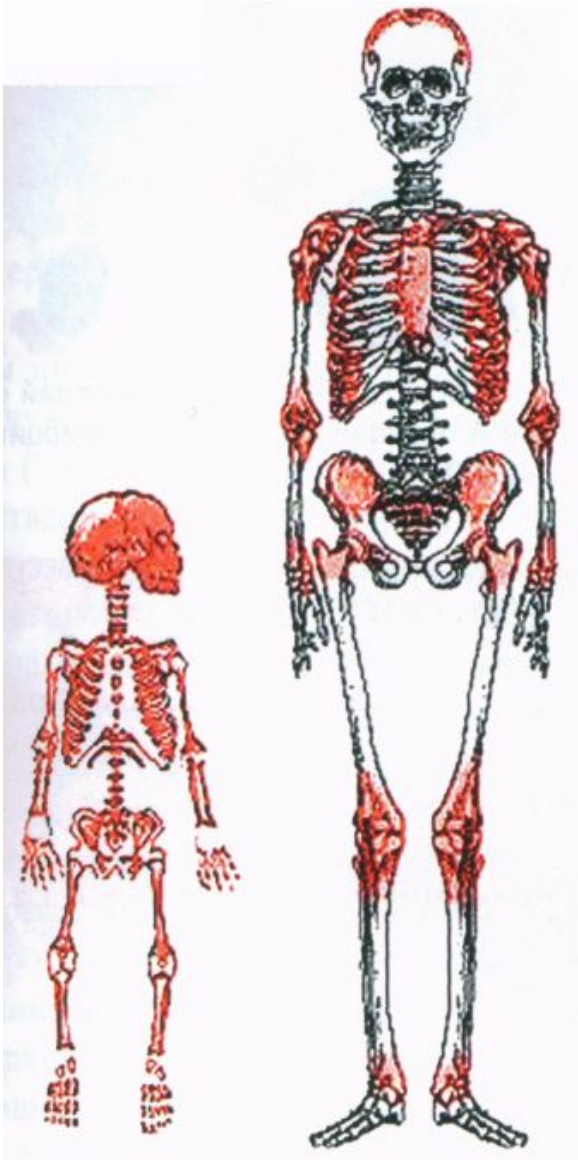
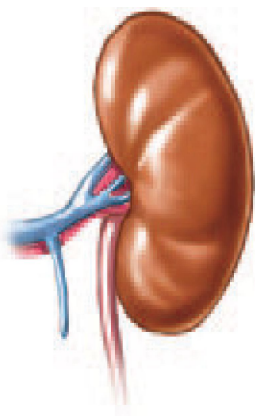


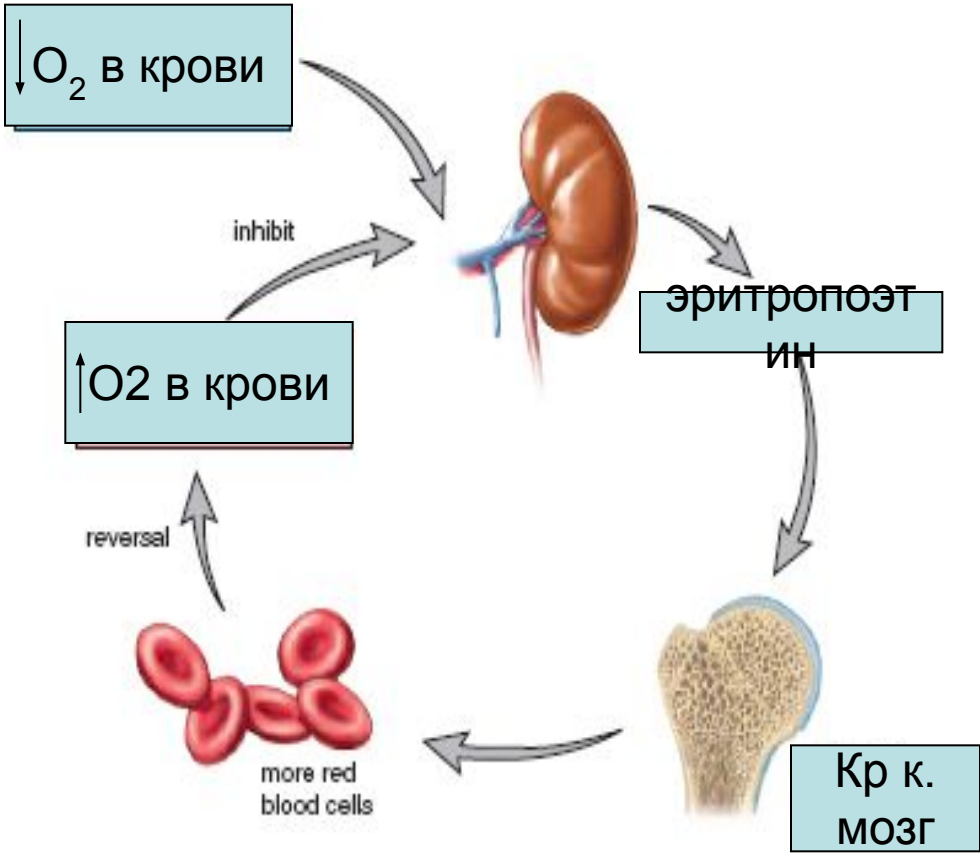
Рис. Костный мозг ребенка и взрослого человека

- В физиологических условиях ↑ эритропоэз при гипоксии
- Гипоксия является причиной образования физиологических регуляторов кроветворения - **<u>эритропоэтинов</u>**, которые образуются в почках, печени, селезенки, кр. костном мозге.



# Выделяют несколько механизмов образования эритропоэтина

- **1. прямой** - при гипоксии - почки реагируют на недостаточность кислорода синтезом большого количества эритропоэтинов.



- **2. опосредованный** - при стрессе активируется гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему - ↑ выброс гормонов адаптации - глюкокортикоиды, катехоламины, АКТГ, усиливающих синтез эритропоэтина.
- **Т3, Т4** ↑ эритропоэз.
- Андрогены ↑ эритропоэз, Эстрогены - тормозят.

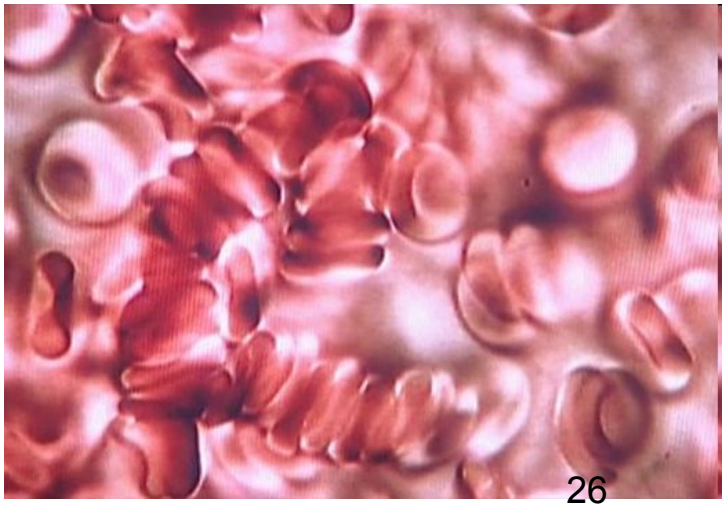
**Для образования эритроцитов необходимо**

- Витамин В12 поступает в организм с пищей (мясо, печень, рыба, молоко, яйца) Фолиевая кислота содержится также в печени, мясе.
- Витамин С, который стимулирует всасывание железа из кишечника
- Витамин В6 оказывает влияние на синтез гема,
- Витамин В2 необходим для образования липидной стромы эритроцитов.

**Гемолиз-** процесс разрушения оболочки эритроцитов, вследствие которого происходит выход гемоглобина в плазму

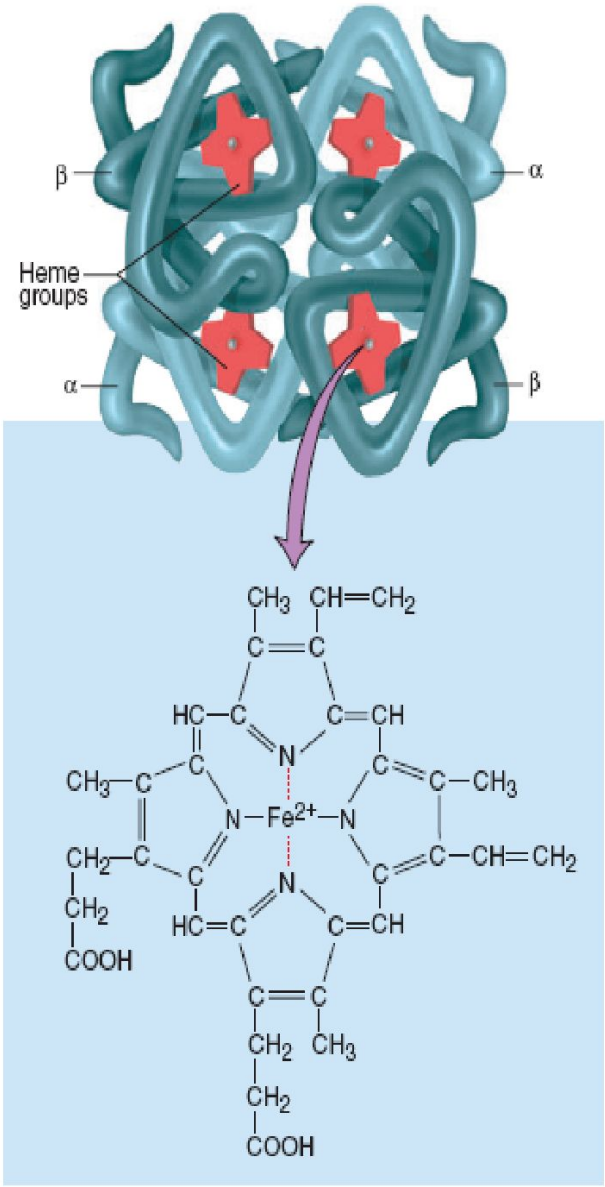
Виды гемолиза.

- Осмотический -
- Химический-
- Механический-
- Термический –
- Биологический -



# Гемоглобин

- Количество гемоглобина:
- у мужчин 130-160 г/л,
- у женщин 120-140 г/л.
- Гемоглобин - сложное химическое соединение, состоящее из белка глобина и четырех молекул гема (в центре гема $Fe^{2+}$)
- Основная функция гемоглобина перенос кислорода



# Виды Hb

- **физиологические**

- **Оксигемоглобин** – HbO2
- **Карбгемоглобин** – HbCO2

- **патологические**

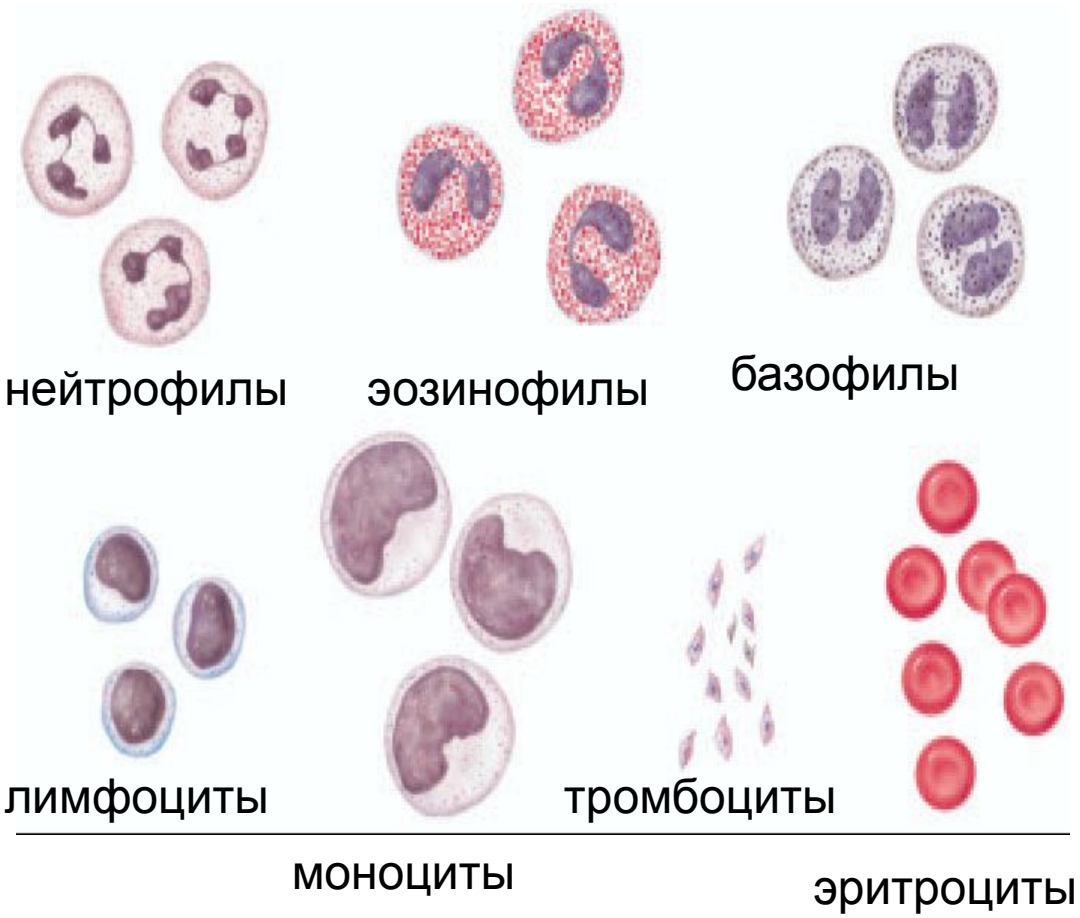
- **Метгемоглобин** – MetHb – имеет окисленные атомы железа $Fe^{3+}$, затрудняет отдачу кислорода
- **Карбоксигемоглобин** – HbCO – (CO – угарный газ- имеет сродство к Hb в 240 раз выше, чем $O_2$) блокирует присоединение $O_2$

- Как поднять **гемоглобин** в крови?

**Железо** – ключевой элемент для синтеза гемоглобина

# ЛЕЙКОЦИТЫ : 4-9•$10^9$/л

- Это белые кровяные клетки, в которых имеется ядро и цитоплазма.



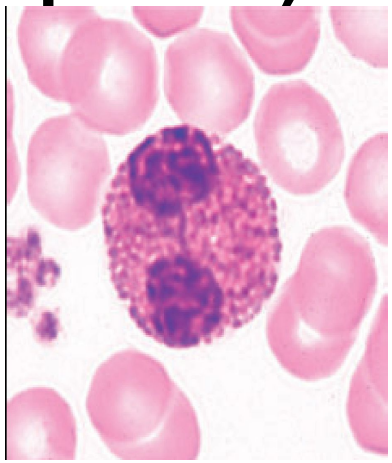
- В зависимости от того содержит ли цитоплазма зернистость или она однородна, лейкоциты делят на две группы: зернистые (гранулоциты) и незернистые (агранулоциты).

зернистые

незернистые

- Лейкограмма здорового человека характеризуется постоянством и имеет следующий вид:
- **эозинофилов - 0,5-5%,**
- **базофилов 0-1%,**
- **нейтрофилов 46-76%,**
- **лимфоцитов - 18-40%,**
- **моноцитов 2-10%.**

# **Эозинофилы** (микрофаги)



- функция – фагоцитоз- разрушение токсинов белкового происхождения
- ↑ при глистной инвазии, аллергических состояниях,.

# Базофилы

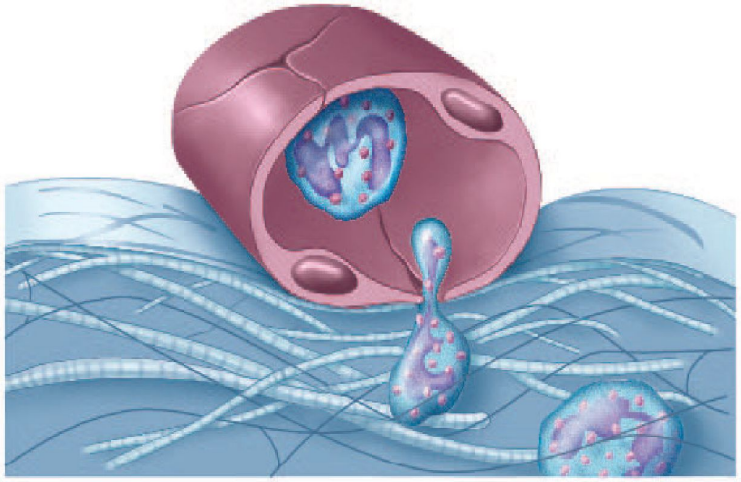
- Продуцируют - гистамин, гепарин. Гепарин препятствует свертыванию крови в очаге воспаления, а гистамин расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению. В этом заключается физиологический смысл увеличения количества базофилов в заключительную фазу острого воспаления.

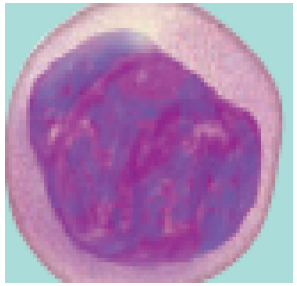
# Нейтрофилы

- Фагоциты - защищают организм от микробов и токсинов.

В зависимости от формы ядра их делят

- на юные 1%,
- палочкоядерные - 1-5%,
- сегментоядерные 45-70%.





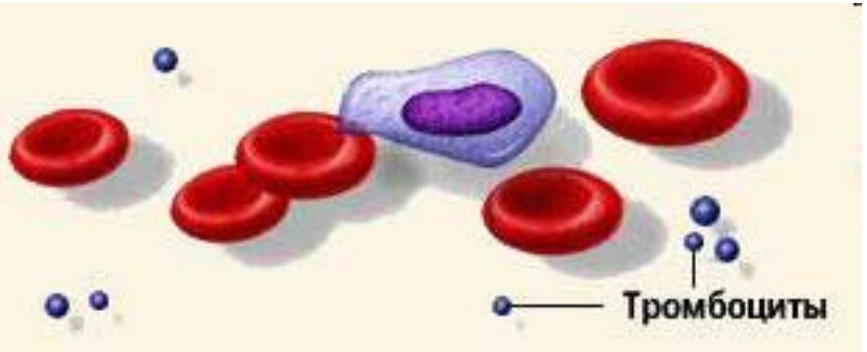
# Моноциты

- фагоцитарная активность максимальна в кислой среде, в которой нейтрофилы теряют активность.
- очищают очаг воспаления и подготавливают место для регенерации ткани

# Лимфоциты

- обладают большим сроком жизни (до 20 лет и более) и способностью не только проникать из кр в ткани, но и возвращаться обратно в кровь. Основная функция - участие в реакциях специфического иммунитета - клеточного и гуморального.

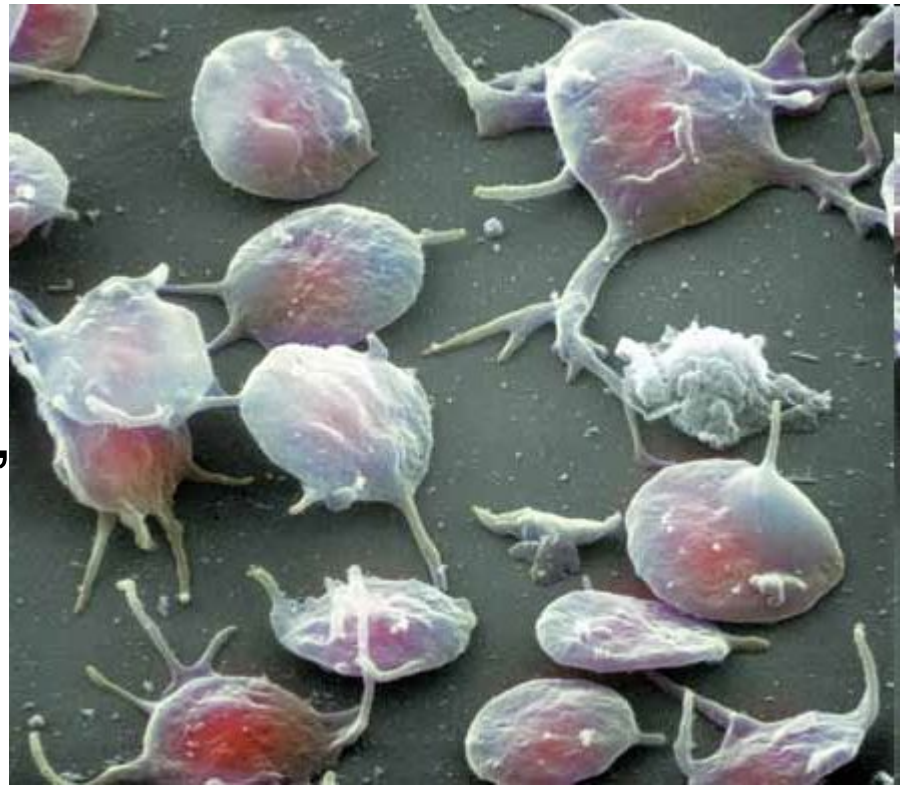
# **Тромбоциты** или кровяные пластинки




- плоские клетки неправильной округлой формы, размером < половины эр., не имеют ядер
- Количество = 180 – 320х$10^9$/л, или 180 000 – 320 000 в 1 мкл.

# Свойства тромбоцитов:

- фагоцитоз
- амебовидная подвижность
- агрегации - свойство тромбоцитов прилипать друг к другу,
- адгезия - способность тромбоцитов прилипать к чужеродной поверхности



При соприкосновении с чужеродной поверхностью они распластываются и выпускают псевдоподии

# Главная функция тромбоцитов —

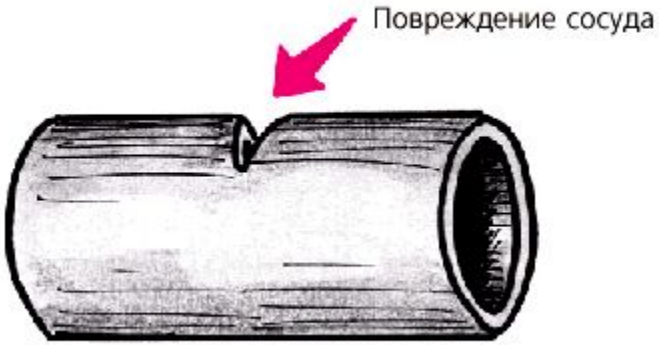
- участие в процессе свертывания крови (гемостазе) — важной защитной реакции организма, предотвращающей большую кровопотерю при ранении сосудов,
- за счет образования тромбоцитарных факторов, участвующие во всех этапах свертывания крови
- факторы тромбоцитов принято обозначать арабскими цифрами: $P_1$-$P_{12}$ (от англ. Platelet - пластинка)

# *Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз*

- – первичная остановка кровотечения
- обеспечивает гомеостаз в наиболее часто травмируемых мелких сосудах с низким артериальным давлением.

- Состоит из 5 этапов:

# 1. Спазм поврежденных сосудов,



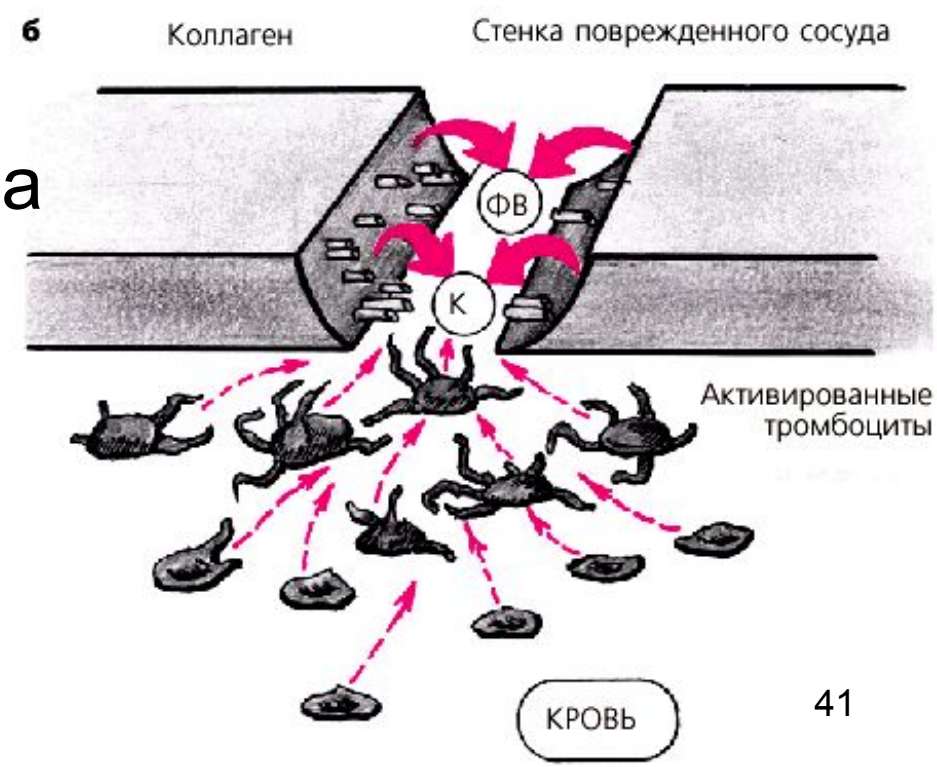

возникает под влиянием

- сосудосуживающих веществ, высвобождающих из тромбоцитов (адреналин, норадреналин, серотонин)
- - активации симпато-адреналовой системы (в ответ на боль)

# 2. Адгезия (прилипание) тромбоцитов к раневой поверхности, в результате

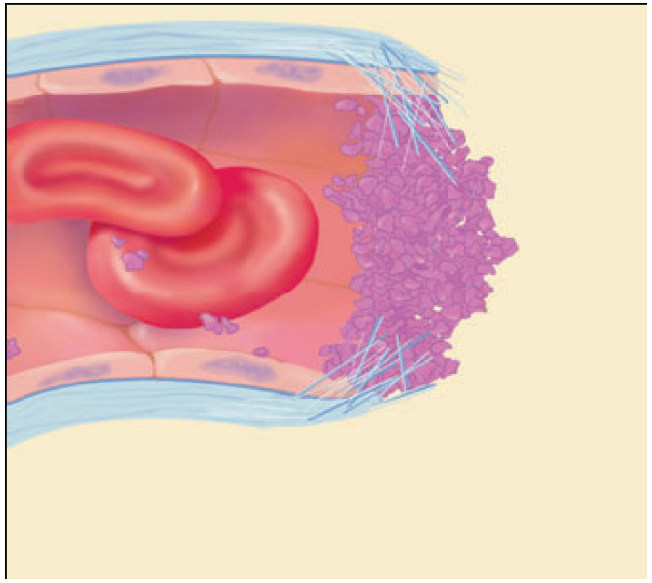
- 1) они имеют рецепторы, с помощью которых прикрепляются к фактору Виллибранта, коллагену в зоне повреждения

- 2) в зоне повреждения меняется «-» эл. заряд внутренней стенки сосуда на «+». Тромбоциты, несущие на своей поверхности «-» заряд, прилипают к травмированному участку. t= 3-10 секунд.

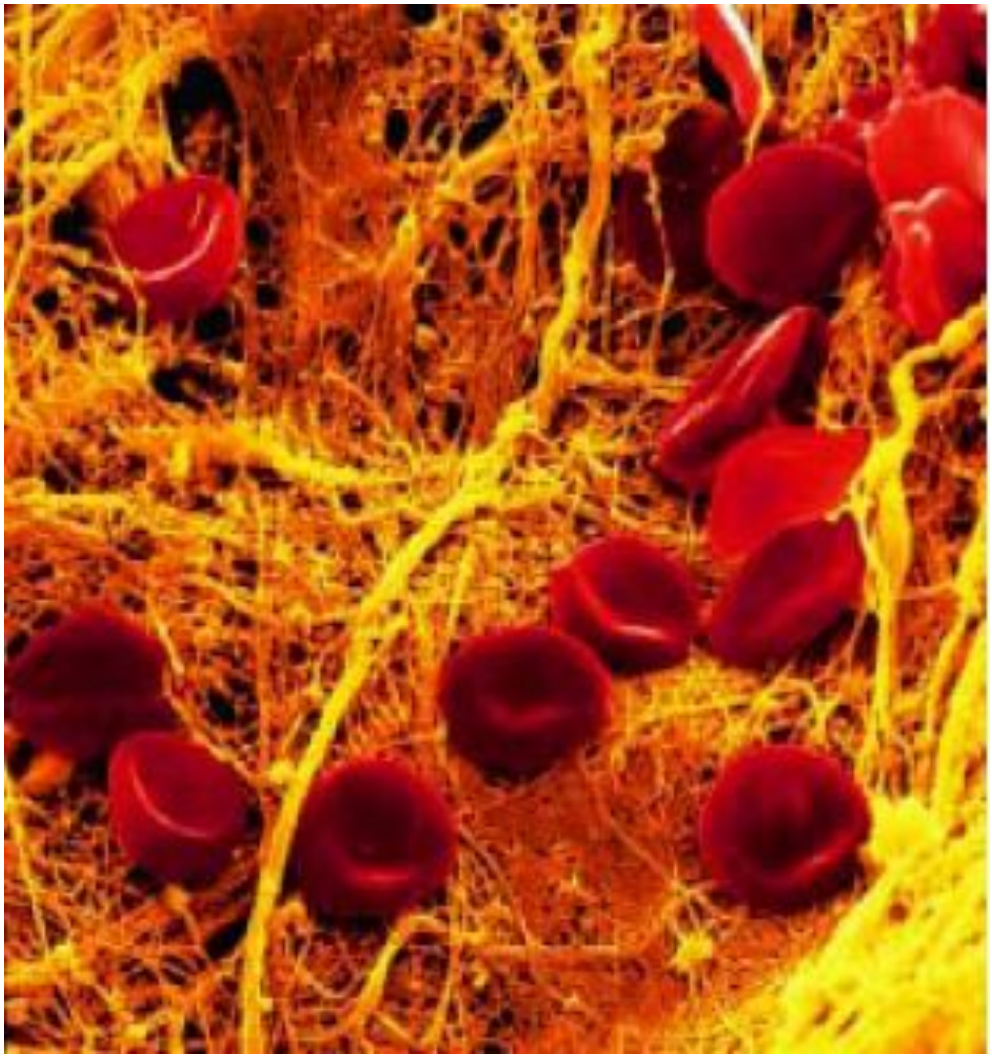


# <u>3. Обратимая агрегация</u> (скучивание) тромбоцитов у места повреждения.

- начинается одновременно с адгезией, в результате образуется рыхлая тромбоцитарная пробка, через которую проходит плазма крови.

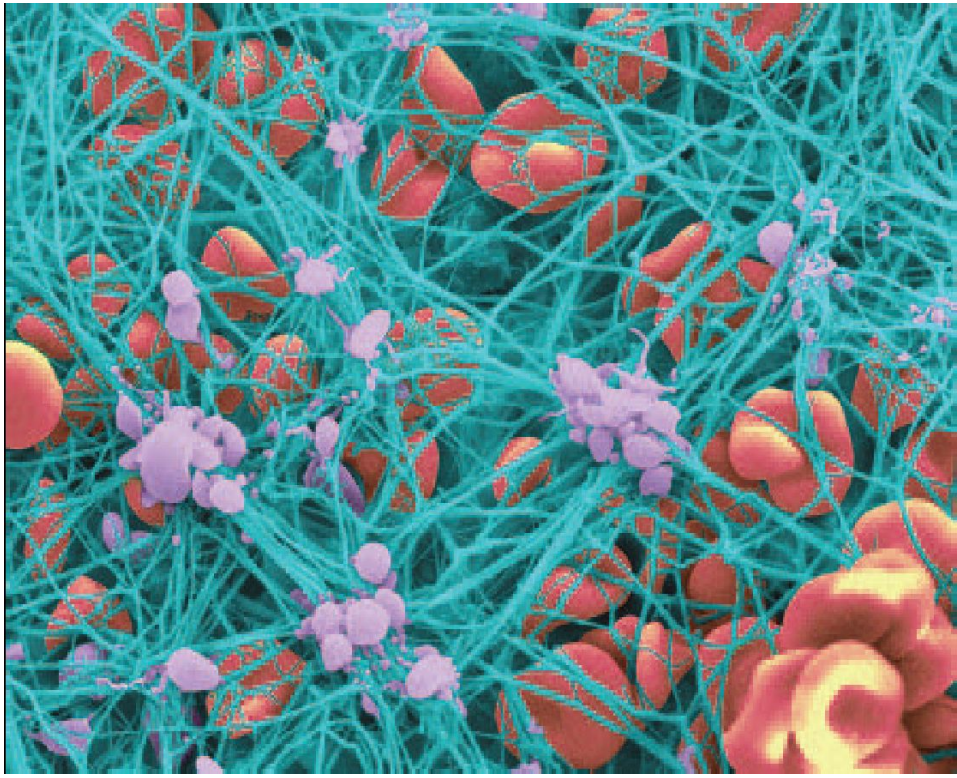


**Сканирующая электронная микрография кровяного тромба (Х 3600). Фиброзные мостики, образующие сеть между клетками эритроцитами и нитями фибрина**



# 4. Необратимая агрегация тромбоцитов

- Тромбоциты теряют свою структурность и сливаются в гомогенную массу, образуя пробку, непроницаемую для плазмы крови.
- На агрегатах тромбоцитов образуется небольшое количество нитей фибрина, в сетях которого задерживаются форменные элементы крови.



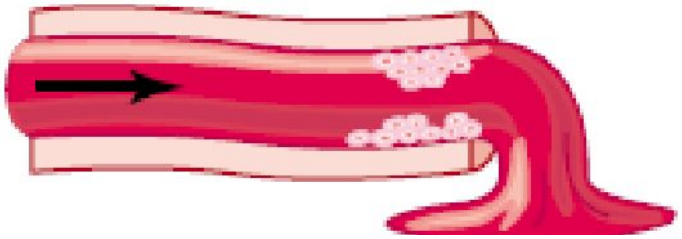
# 5. Ретракция тромбоцитарного тромба, т.е. уплотнение и закрепление

- тромбоцитарной пробки в поврежденном сосуде за счет фибриновых нитей

Одновременно с ретракцией тромба начинается постепенное ферментативное растворение его, в результате восстанавливается просвет закупоренного сгустком сосуда

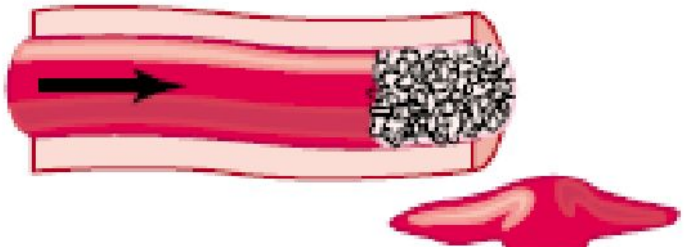
# Этапы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза

1. Спазм поврежденного сосуда



2.Адгезия тромбоцитов

3. Агрегация тромбоцитов



4. Образование тромбоцитарного тромба

5. Ретракция тромба

# *Факторы, ускоряющие процесс свертывания крови*:

- разрушение форменных элементов крови и клеток тканей
- ионы кальция
- тромбин
- витамин К (участвует в синтезе протромбина)
- тепло (свертывание крови является ферментативным процессом)
- адреналин.

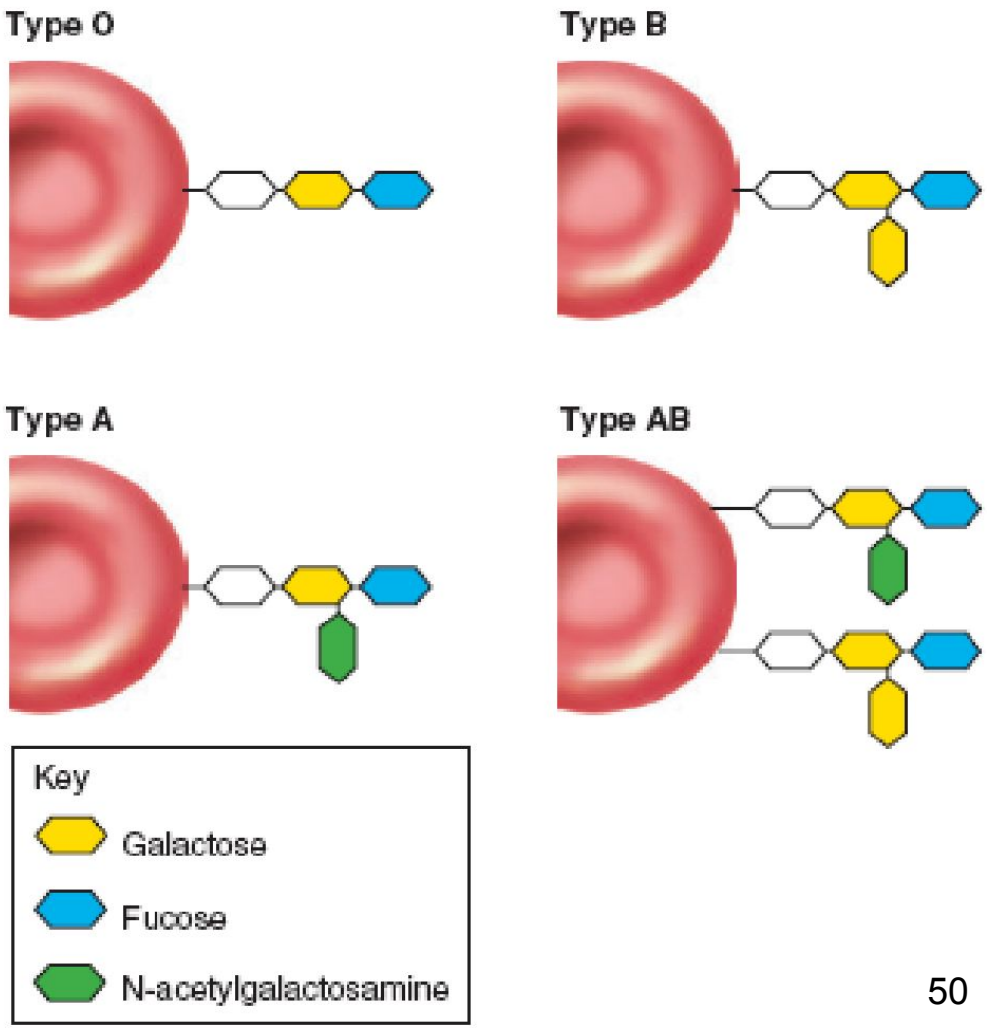
# *Факторы, замедляющие свертывание крови*:

- устранение механических повреждений форменных элементов крови
- цитрат натрия (осаждает ионы кальция);
- гепарин
- Гирудин (слюне пиявок)
- понижение температуры
- плазмин.

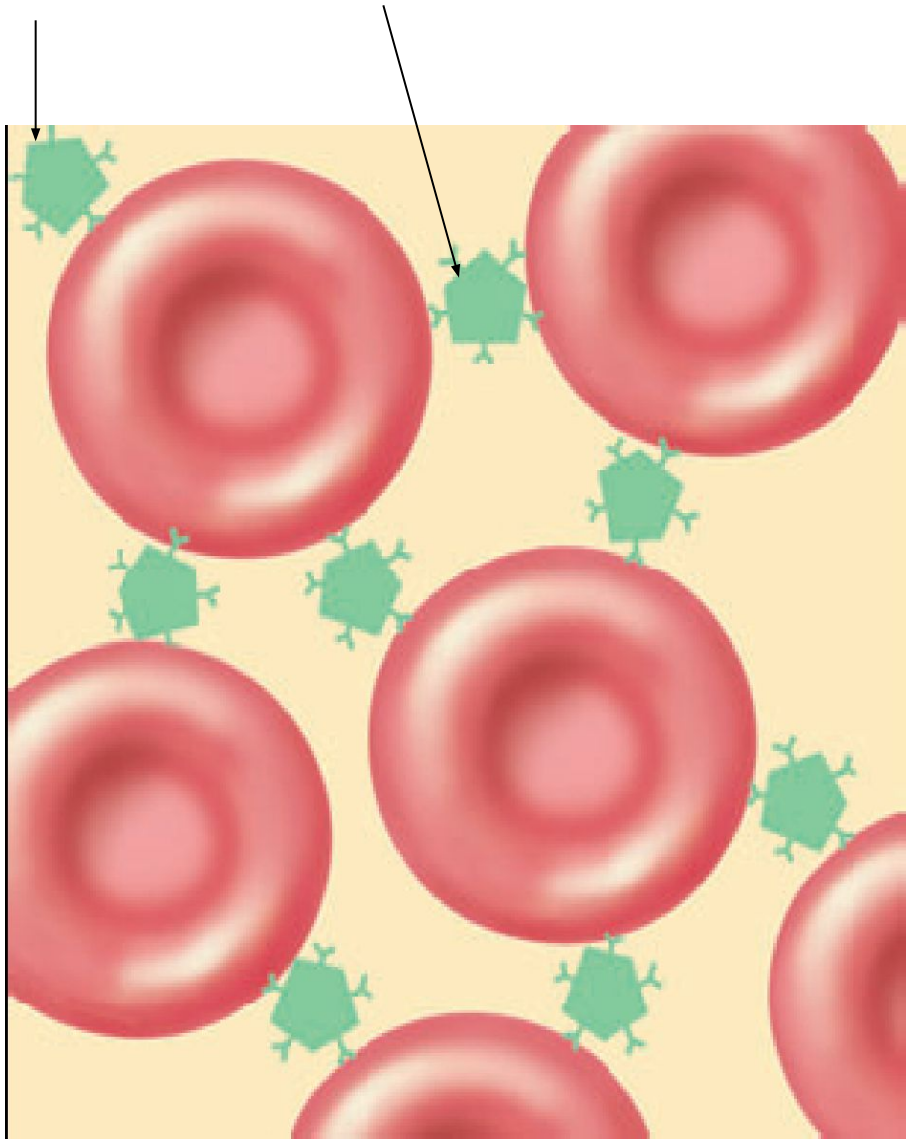
# ГРУППЫ КРОВИ

- в основе деления крови на группы лежит реакция агглютинации (склеивания эритроциов), которая обусловлена наличием агглютиногенов в эритроцитах и агглютининов в плазме крови.
- Выделяют два основных агглютиногена А и В и два агглютинина альфа и бета (гамма-глобулины).

- Агглютиногены в эритроцитах – олигосахариды

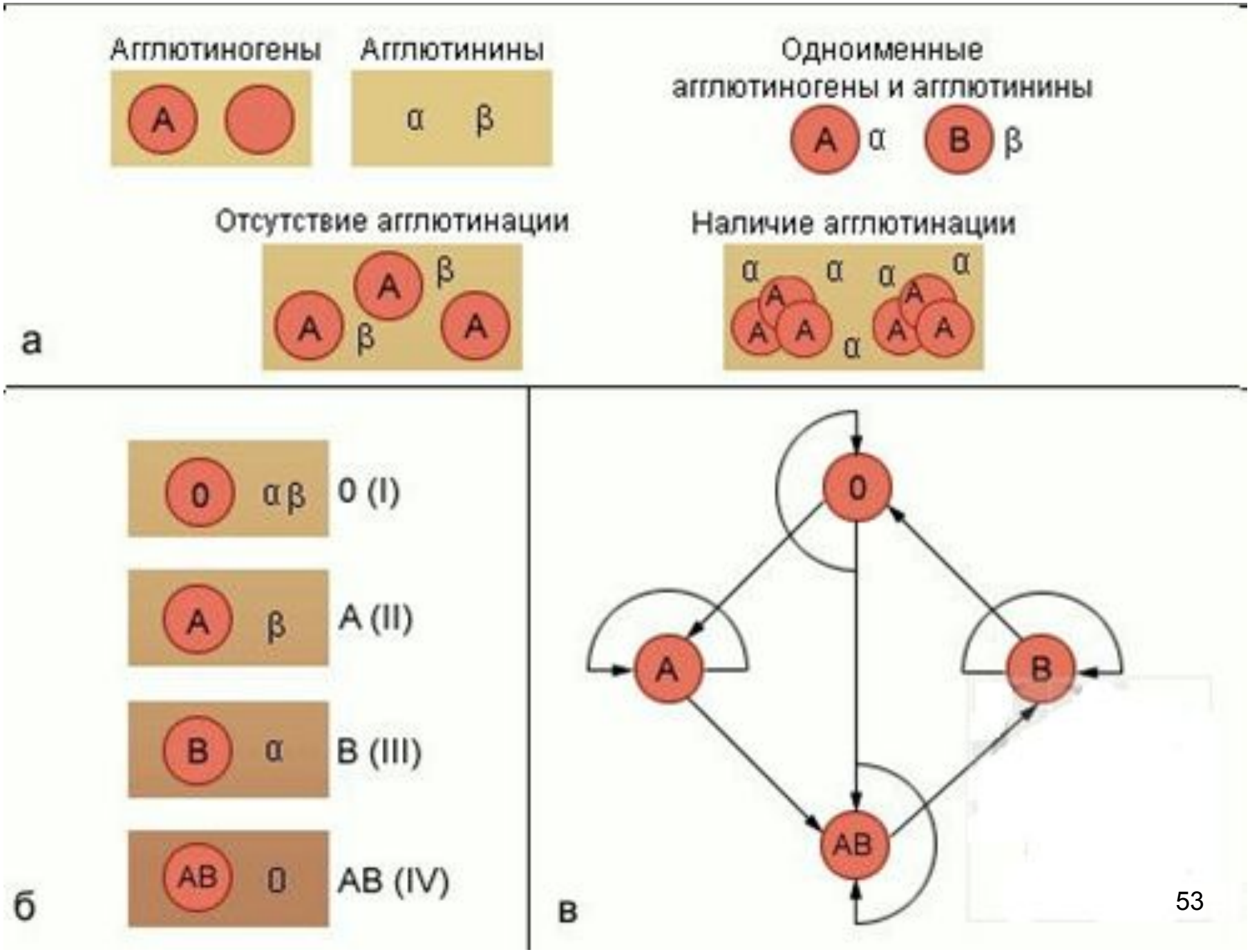


# Агглютинины в плазме



# Выделяют 4 основных группы:

- 1 (О) - агглютиногенов в эритроцитах нет, в плазме содержатся агглютинины альфа и бета.
- 2 (А) - в эритроцитах агглютиноген А, в плазме агглютинин бетта
- 3 (В)- в эритроцитах агглютиноген (В), в плазме агглютинин альфа
- 4 (АВ) в эритроцитах аглютиногены АВ, в плазме агглютиногенов нет
- Реакция агглютинации происходит при встрече одноименных агглютиногенов и агглютининов (например, А и альфа, В и бетта). Исходя из этого было разработано правило переливание крови:


Агглютиногены
Агглютинины
A
α β
Одноименные
агглютиногены и агглютинины
A α
B β
Отсутствие агглютинации
Наличие агглютинации
а
0 αβ 0 (I)
A β A (II)
B α B (III)
AB 0 AB (IV)
б
0
A
B
AB
в

# Резус- фактор

- Среди агглютиногенов, не входящих в систему АВО одним из первых был обнаружен резус-агглютиноген (резус-фактор. Кровь, в которой содержится резус фактор, называется резус-положительной (у 85% людей), а в которой отсутствует резус-отрицательной.
- Знание о резус-факторе имеет значение при переливании крови, а также в акушерстве и гинекологии.
- При беременности, если кровь матери Р-, а кровь плода Р+, то проникая в организм матери резус-агглютиногены вызывают у нее образование антител, которые диффундируя в кровь плода вызывают агглютинацию его эритроцитов с последующим его гемолизом.