

Гомельский государственный медицинский
университет

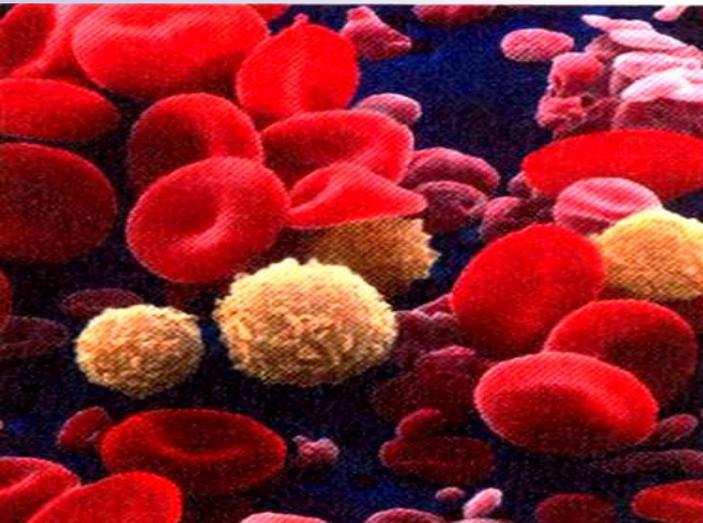
Кафедра нормальной и патологической
физиологии

Физиология крови

ЛЕКЦИЯ 1

для студентов 2 курса

Доцент, к.б.н. Мельник С.Н.

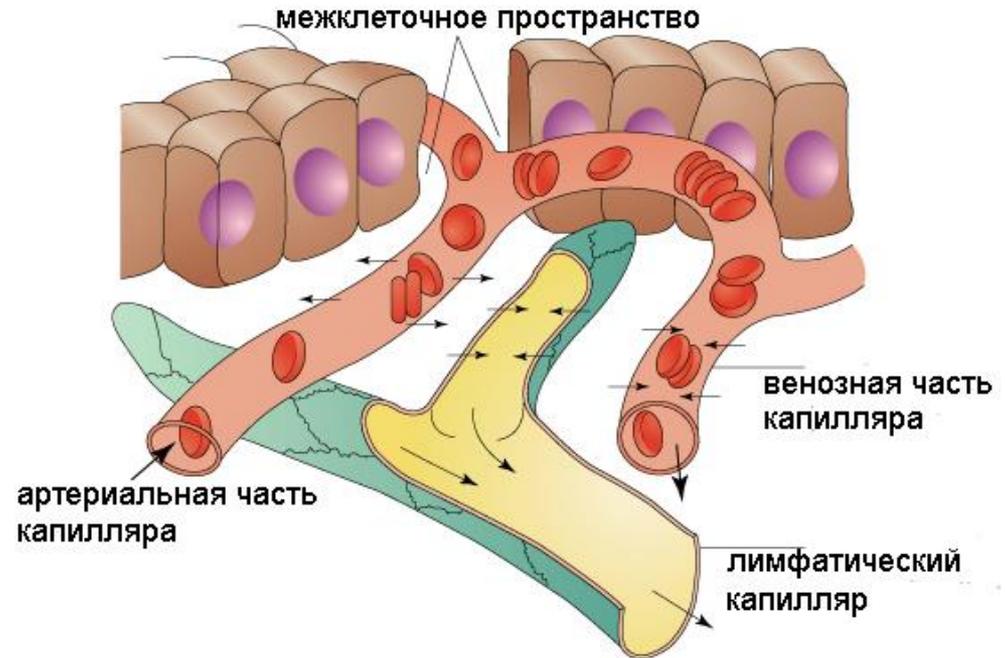


План:

- 1. Понятие о внутренней среде организма. Система крови. Основные функции, состав и количество крови.**
- 2. Плазма крови, ее состав и свойства.**
- 3. Физико-химические свойства крови. Буферные системы.**
- 4. Эритроциты, их структура, свойства и функции. Гемоглобин, его структура, свойства, разновидности, соединения и функции.**
- 5. Гемолиз и его виды. ОРЭ. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ).**
- 6. Лейкоциты, их классификация, свойства и функции.**

Внутренняя среда организма

- Кровь
- Тканевая жидкость
- Лимфа



Гомеостаз — относительное постоянство внутренней среды организма, том числе физико-химических показателей (рН, осмотическое давление, температура, и др.). Поддержание гомеостаза является необходимым условием жизнедеятельности организма.

Жидкие среды подразделяются на:

- Внутриклеточные -33% от всей жидкости организма

- Внеклеточные (27%):

 - Внутрисосудистые (5-7%)*: кровь и лимфа

 - Внесосудистые*: **интерстициальная (14-21%)** (межтканевая) жидкость и **трансклеточные (1-3%)** жидкости (суставная, плевральная, слюна, пот, внутрибрюшинная, ликвор, внутриглазная)

СИСТЕМА КРОВИ

Система крови по предложению Г.Ф. Ланга (1939), включает:

1. Кровь (в сосудах).
2. Органы кроветворения - красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка, тимус.
3. Органы кроверазрушения (печень, костный мозг, селезенка).
4. Регулирующий нейрогуморальный аппарат.

Основные функции крови

1. Транспортная (перенос различных веществ):

- **Дыхательная** (перенос O_2 от органов дыхания к тканям и CO_2 в обратном направлении).
- **Трофическая или питательная** (перенос питательных веществ от ЖКТ к клеткам организма).
- **Экскреторная** (перенос к органам выделения ненужных или вредных для организма веществ)

2. Защитная:

- содержит факторы гуморального и клеточного иммунитета,
- участвует в регуляции агрегатного состояния крови (факторы свертывания крови и фибринолиза).

Основные функции крови

3. Гомеостатическая (участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма):

➤ **Терморегулирующая**

➤ Поддержание постоянства **кисотно-основного состояния** (за счет буферных систем).

➤ Обеспечение **водно-солевого** обмена между кровью и тканями.

➤ **Жоррелятивная** (регуляторная) перенос физиологически активных веществ, которые обеспечивают взаимосвязь между различными органами и тканями, в результате чего организм функционирует как единое целое.

Гематокрит - это часть объема крови, приходящаяся на долю клеток.

- В норме он равен: у мужчин **0,42 - 0,52**, у женщин **0,37 - 0,47**. У новорожденных гематокрит на 10 % выше.

Количество крови

4,5 – 6 л

(6-8% от массы тела)



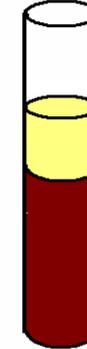
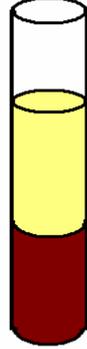


**ПРОСТАЯ
Ht НОРМА**

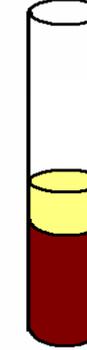
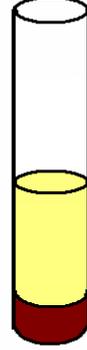
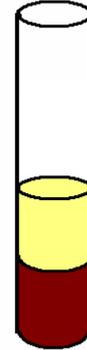
**ОЛИГО-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УМЕНЬШЕН**

**ПОЛИ-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УВЕЛИЧЕН**

Нормоволемия



Гиповолемия



Гиперволемия

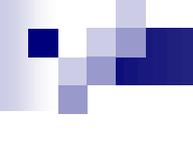


Депо крови:

- **Печень.** (до 20 % от общего ее объема).
- **Селезенка.** (выключаться из кровотока до 500 мл (10–16 %) крови).
- **Кожа.** Кровь депонируется в капиллярах и венах (около 10 %). Депонирование крови в коже связано с терморегуляцией.
- **Легкие.** Депонирование крови за счет изменения объема емкости артерий и вен.
- **Венозная система** (рассматривается как депо жидкой части крови, так как в венозную систему поступает значительное количество лимфы).

Плазма - жидкая часть крови (ее объем равен 2,8–3,0 л), представляет собой надосадочную жидкость, полученную после центрифугирования цельной крови с добавленными к ней **антикоагулянтами**.

Сыворотка - надосадочная жидкость, образующаяся после центрифугирования **свернувшейся крови**. В отличие от плазмы в сыворотке **нет фибриногена** и ряда других плазменных факторов свёртывания крови.



**Белки (альбумины, глобулины,
фибриноген)- 65 – 85 г/л**

Альбумины (35-55г/л)

Глобулины (20-35 г/л)

Фибриноген (2-4г/л)

Роль белков плазмы:

- Создают онкотическое давление (1/200 осмотического давления плазмы)
- Поддерживают рН (буферные свойства).
- Поддерживают вязкость крови (важно для артериального давления).
- Участвуют в свертывании крови (фибриноген и др.).
- Являются факторами иммунитета (иммуноглобулины, белки комплемента).
- Выполняют транспортную функцию (перенос гормонов, микроэлементов).

Роль белков плазмы:

- Выполняют **питательную** функцию (пластическую).
- Препятствуют (альбумины) или способствуют (глобулины) **оседанию эритроцитов**.
- Являются **ингибиторами протеаз** (антитрипсин - ингибитор трипсина).
- Регулируют функции, **обмен веществ** (белковые гормоны, ферменты).
- Обеспечивают **перераспределение воды** между тканями и кровью

Глюкоза Содержание (взрослые):

Цельная кровь – 3,30 - 5,55 ммоль/л

Сыворотка, плазма – 3,30- 6,10 ммоль/л

Мочевина – 2,5-8,3 ммоль/л

Общий билирубин – 3,4-20,5 мкмоль/л

Холестерол – 3,0 - 6,2 ммоль/л

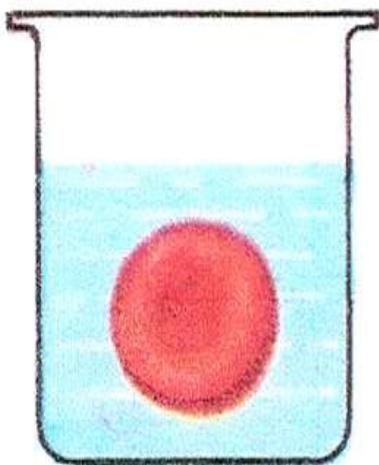
Триглицериды – 0,55 - 1,65 ммоль/л

Минеральные

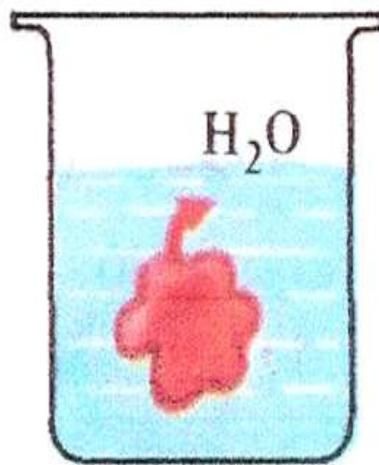
(неорганические) вещества – 0,9%

Физико-химические свойства крови

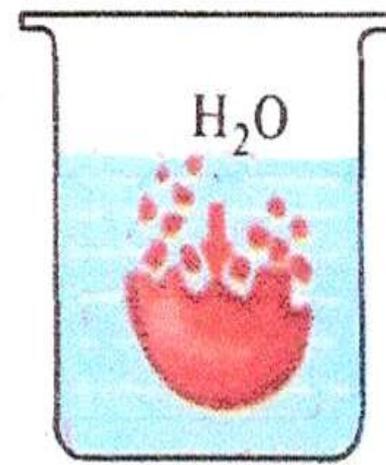
Осмотическое давление - 7,6 - 8,1 атм



Изотонический
раствор NaCl (0.9%)



Гипертонический
раствор NaCl
(>0.9%)



Гипотонический
раствор NaCl
(<0.9%)

Физико-химические свойства крови

Онкотическое давление - 0,03-0,04 атм

Вязкость крови:

- **цельной - 5**
- **плазмы - 1,7 - 2,2**

Относительная плотность (удельный вес):

- **Крови - 1,050 - 1,060**
 - **плазмы - 1,025 - 1,034**
 - **рН артериальной крови - 7,40;**
 - **рН венозной крови - 7,35**
 - **рН внутри клеток - 7,0 - 7,2**
 - **Крайние пределы рН**
- совместимые с жизнью - 7,0 – 7,8**

Буферные системы крови:

1. **Карбонатная** ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$) и ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{KHCO}_3$) (53% буферной ёмкости крови и более 90% — плазмы и интерстициальной жидкости)
2. **Гемоглобиновая** (35% буферной емкости крови), состоит из кислого компонента - оксигенированного Hb (HbO_2) и основного - восстановленного неоксигенированного (Hb).
3. **Фосфатная** ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$)
4. **Белковая** Обусловлена амфотерными свойствами белков плазмы.

ЗАПОМНИТЕ !

- В процессе обмена веществ **КИСЛЫХ продуктов** образуется больше, чем основных, поэтому существует опасность сдвига рН в кислую сторону. Поэтому буферные системы крови и тканей обеспечивают **большую устойчивость** к действию **КИСЛОТ**.

■ **Функциональные системы поддержания рН:**

- **1. Дыхательная система**
- **2. Почки**
- **3. Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)**
- **4. Кроме того, в организме функционирует система метаболической нейтрализации (печень, почки).**

■ Сдвиг активной реакции крови в кислую сторону называется *ацидоз*, сдвиг активной реакции крови в щелочную сторону называется *алкалоз*.

По степени выраженности различают компенсированный и некомпенсированный ацидоз и алкалоз

По происхождению различают:

- газовый ацидоз и газовый алкалоз;
- негазовый ацидоз и негазовый алкалоз.

Эритроцит

Размеры

эритроцитов:

толщина — 2,1–2,4
МКМ,



Side view



Top view

диаметр — 7–8
МКМ,
объем — 85–90
МКМ³.

Двоояковогнутая форма эритроцитов:

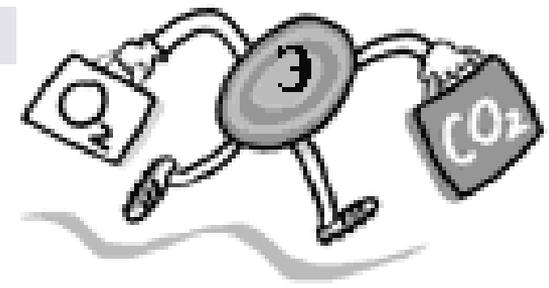
- *Увеличивает на 20% общую поверхность* по сравнению с формой шара.
- *Увеличивает диффузионную поверхность, а диффузионное расстояние уменьшает.*
- Увеличивает способность к обратимой деформации *(пластичность)* при прохождении через узкие и изогнутые капилляры.

При некоторых патологических состояниях встречаются эритроциты *различной формы* (серповидные, мишеневидные, сфероциты и др.), что получило название **пойкилоцитоз**, а также *различной величины* (микроциты, макроциты, мегалоциты) — **анизоцитоз**.

Функции эритроцитов

Транспортная функция включает:

- перенос O_2 и CO_2
- транспорт аминокислот, полипептидов, углеводов, жиров, ферментов, гормонов и др.



Защитная функция:

- участие в специфическом и неспецифическом иммунитете
- участие в свертывании крови

Регуляторная функция:

- регуляция **кислотно-основного** состояния (гемоглобиновый буфер);
- регуляция **ионного состава** плазмы и водного обмена;
- участие в регуляции **эритропоэза**

Количество эритроцитов в крови:

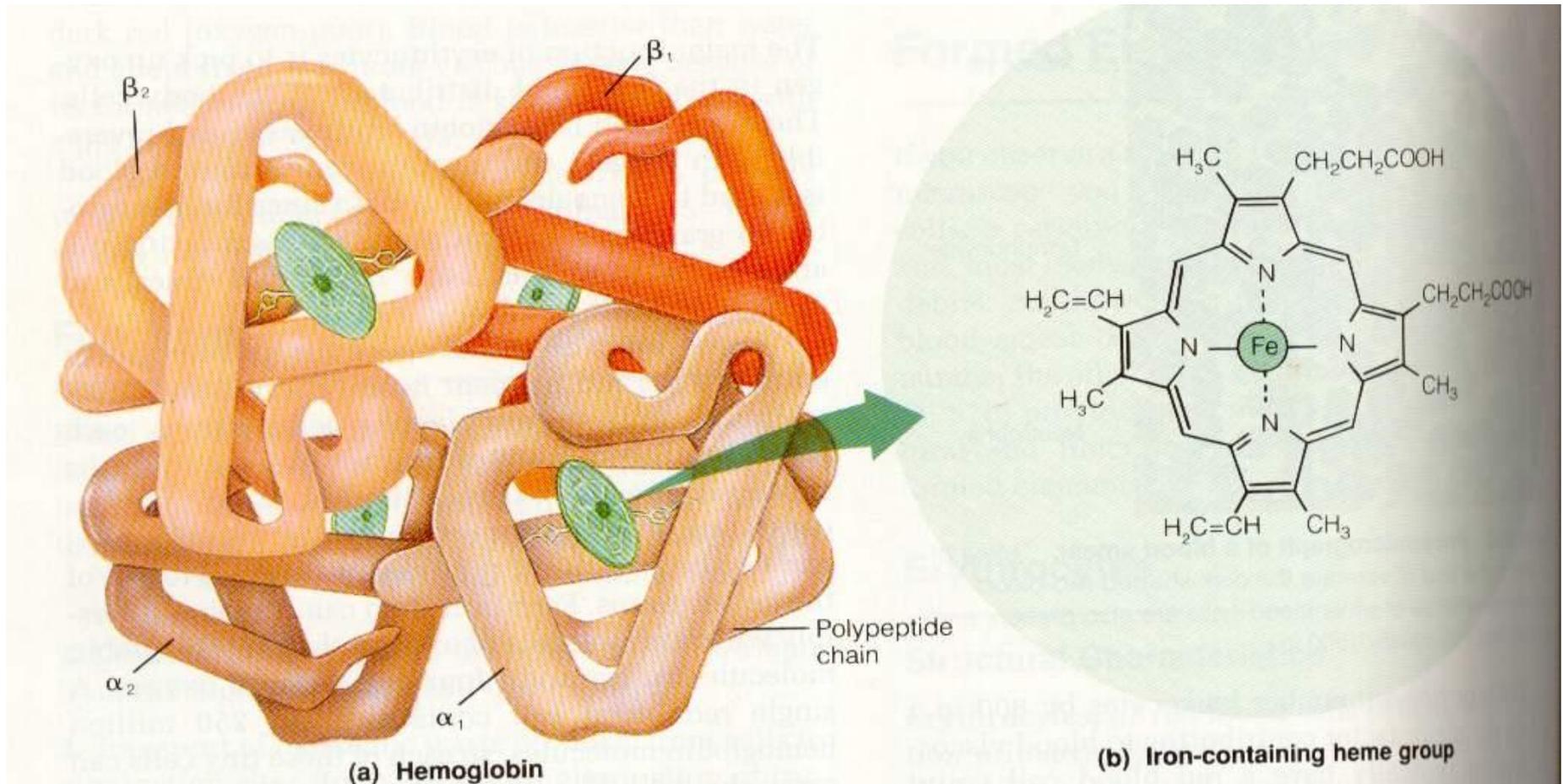
у мужчин - $4,5 - 5,1 \times 10^{12}/\text{л}$
(Тера/литр);

у женщин - $3,7 - 4,7 \times 10^{12}/\text{л}$
(Тера/литр).



Увеличение количества эритроцитов
(**эритроцитоз**). Он бывает
перераспределительным и истинным.

Гемоглобин



Функции гемоглобина:

- Транспорт O_2
- Транспорт CO_2 .
- Участие в регуляции кислотно-основного состояния крови (гемоглобиновая буферная система).

Соединения Hb

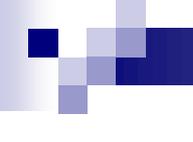
1. **Оксигемоглобин** (HbO_2). Гемоглобин, присоединивший 4O_2
2. **Карбогемоглобин** (HbCO_2) - соединение гемоглобина с CO_2 .
3. **Карбоксигемоглобин** (HbCO) - соединение гемоглобина с угарным газом (CO).
4. **Метгемоглобин** (MetHb) Образуется под влиянием **сильных окислителей** (нитраты, неорганические нитриты, сульфаниламиды, перманганат калия и др.). При этом **Fe^{++}** превращается в **Fe^{+++}** . Соединение прочное.
При взаимодействии с соляной кислотой образуется **солянокислый гематин (гемин)**.
Гликозилированный гемоглобин (HbA1C) образуется при соединении к Hb глюкозы

Разновидности Hb

- **HbP** — эмбриональный (примитивный) гемоглобин, синтезируется в раннем эмбриогенезе и содержится в эритроцитах **с 4 по 12 неделю** внутриутробного развития.
- **HbF** — фетальный гемоглобин, появляется на **8-й** неделе, составляет основную массу гемоглобина **с 12-й до 36-й недели жизни плода**.
- **HbA** — гемоглобин взрослых. Количество гемоглобина А возрастает **после 30-й недели** жизни плода. В течение первого года жизни ребенка HbF заменяется на HbA.

Содержание Hb

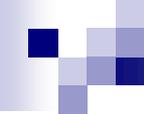
- у мужчин - **130 - 160 г/л**
- у женщин - **120 - 140 г/л**.



Состояние, характеризующееся снижением количества гемоглобина и (или) эритроцитов в единице объема крови, называется ***анемией***.

В зависимости от причины развития анемий выделяют:

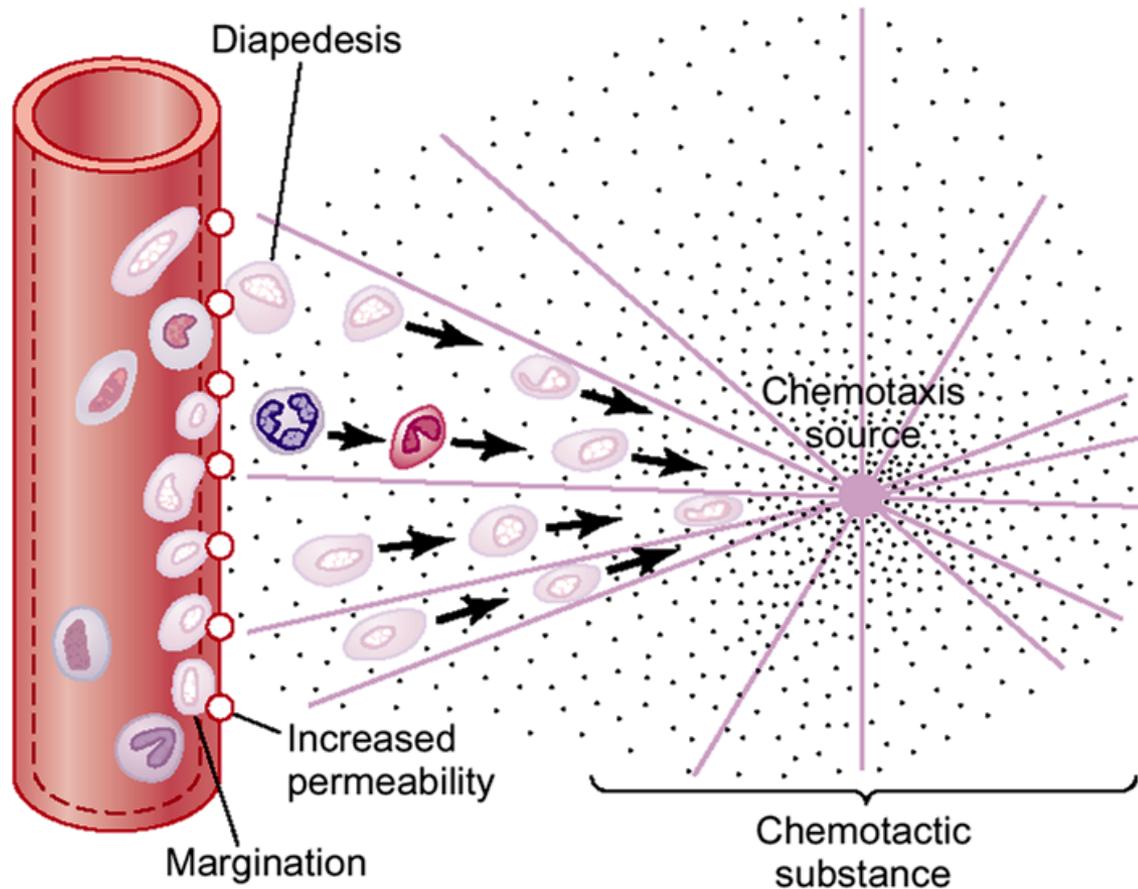
- ***постгеморрагические*** (после кровопотери);
- ***вследствие нарушения эритропоэза***
- ***гемолитические*** (при укорочении срока жизни эритроцитов и преобладании процесса разрушения эритроцитов над их продукцией).



Классификация анемий по степени тяжести:

- легкой степени (Hb 120–90г/л);
- средней степени (Hb 90–70г/л);
- тяжелой степени (Hb < 70 г/л).

ЛЕЙКОЦИТЫ



Диapedез и хемотаксис

Функции лейкоцитов

- Основная функция лейкоцитов — **защитная** — обеспечение неспецифической резистентности, специфического гуморального и клеточного иммунитета.
- Осуществляют лизис (растворение) поврежденных тканей (**гистолитическая функция**).
- Продолжительность жизни различных форм лейкоцитов различна (от **2-3 дней** до **2–3 недель**). Долгоживущие лимфоциты (клетки иммунологической памяти) живут **десятки лет**.

Количество лейкоцитов в норме:
у взрослых $4 - 9 \times 10^9/\text{л}$ (Гига/л)
У новорожденных $15 - 20 \times 10^9/\text{л}$ (Гига/л)

Незернистые (агранулоциты)

Моноциты (2–11 % всех лейкоцитов) — самые крупные клетки крови, имеют размеры 14–20 мкм, ядро — бобовидное, подковообразное, дольчатое.



Функции моноцитов:

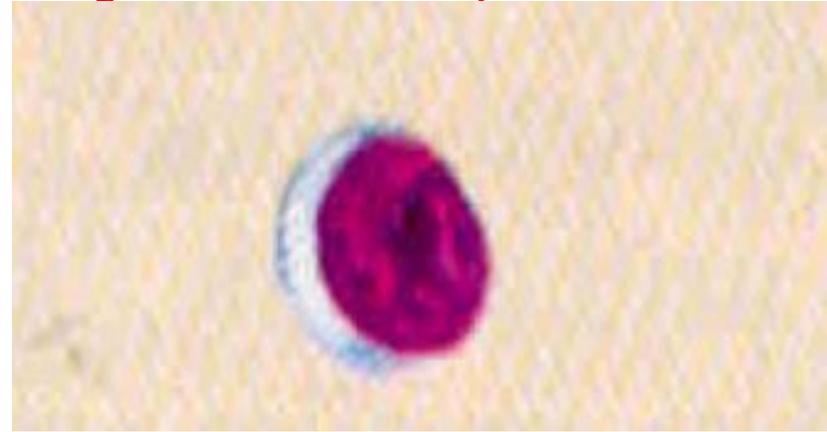
- неспецифическая защита против микроорганизмов;
- являются **антиген-презентирующими клетками** - перерабатывая антиген, они предоставляют его в активной форме лимфоцитам для запуска специфической иммунной реакции;
- завершают процесс фагоцитоза в очагах воспаления;
- участие в регуляции иммунного ответа.

Незернистые (агранулоциты)

Лимфоциты (19–37 % всех лейкоцитов) — клетки размером 7–15 мкм. Содержат очень плотное, темное ядро.

Функции лимфоцитов:

- реакции **клеточного иммунитета** (разрушение микроорганизмов, опухолевых клеток, чужеродных и инфицированных вирусами клеток, реакции отторжения трансплантата и т. д.);
- **гуморальный иммунитет** (синтез антител);
- участие **в аллергических реакциях**;
- участие в **регуляции иммунного ответа**;
- **иммунологическая память** (способность иммунной системы более быстро и эффективно отвечать на антиген при повторном контакте с ним).



Т - лимфоциты (обеспечивают клеточный иммунитет). Дифференцируются в тимусе. Выделяют 2 основные субпопуляции: **Т-хелперы** и **Т-киллеры (цитотоксические)**. Популяция Т-лимфоцитов включает также **Т-клетки памяти**, регуляторные и другие.

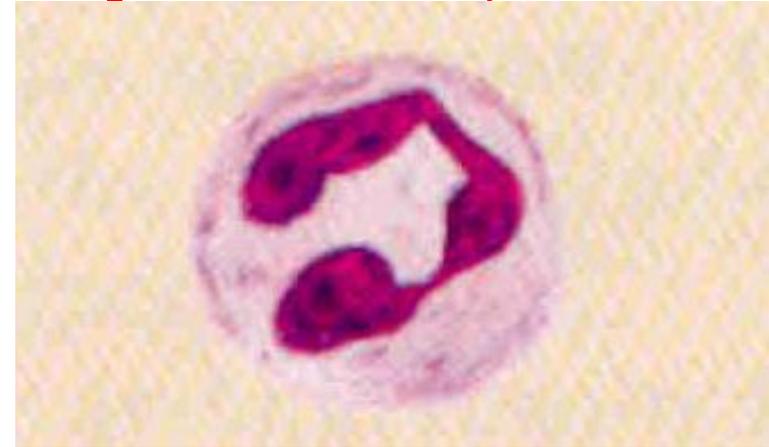
В-лимфоциты (обеспечивают гуморальный иммунитет).

Выделяют также 3-ю популяцию лимфоцитов — **естественные (натуральные) киллеры (NK-клетки)**, обеспечивающие противовирусный и противоопухолевый иммунитет.

Зернистые (гранулоциты)

Нейтрофилы (50–70% от всех лейкоцитов). По форме ядра и зрелости нейтрофилы делятся на:

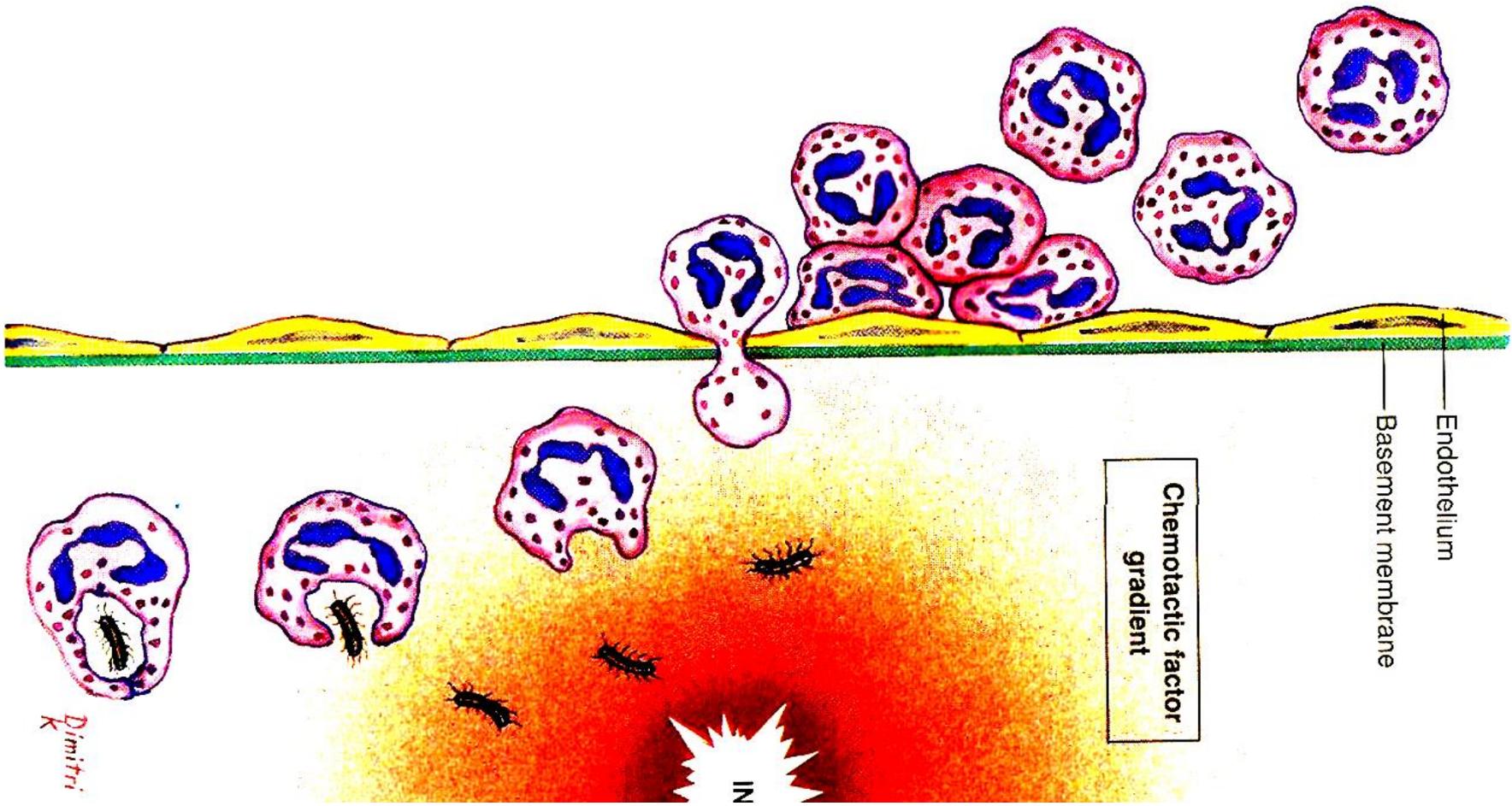
- **юные (метамиелоциты)**
- **палочкоядерные**
- **сегментоядерные**



Основная функция нейтрофилов — **фагоцитоз** 1 нейтрофил способен фагоцитировать **20–30 бактерий**.

Гранулы нейтрофилов **содержат ферменты и вещества, обладающие высокой бактерицидной активностью** (миелопероксидаза, лизоцим, коллагеназа, лактоферрин и др.).

Являются **носителями рецепторов** к IgG, белкам **комплемента, цитокинам**.



Endothelium

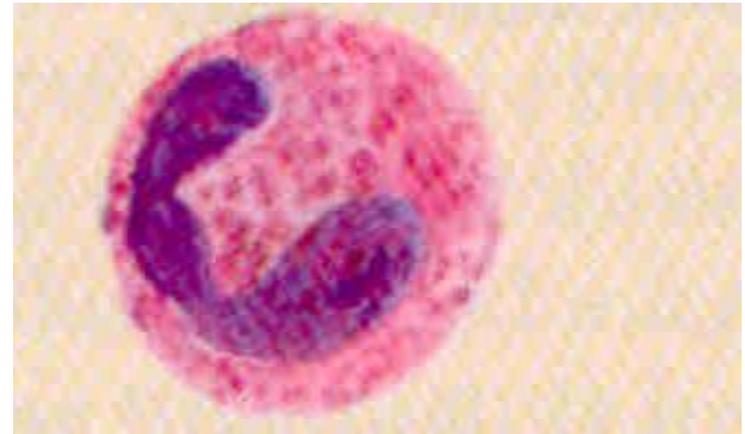
Basement membrane

Chemotactic factor gradient

Dimitri K

Зернистые (гранулоциты)

Эозинофилы (0,5–5% всех лейкоцитов). Содержат зернистость, окрашиваемую кислыми красителями.



Эозинофилы содержат *гистаминазу* (разрушающую гистамин), *антипаразитарный протеин*, способный лизировать личинки паразитов.

Вырабатывают *плазминоген* (участвуют в фибринолизе).

Количество их **увеличивается**:

- при аллергических реакциях,
- глистных инвазиях,
- интоксикациях, а также в период выздоровления.

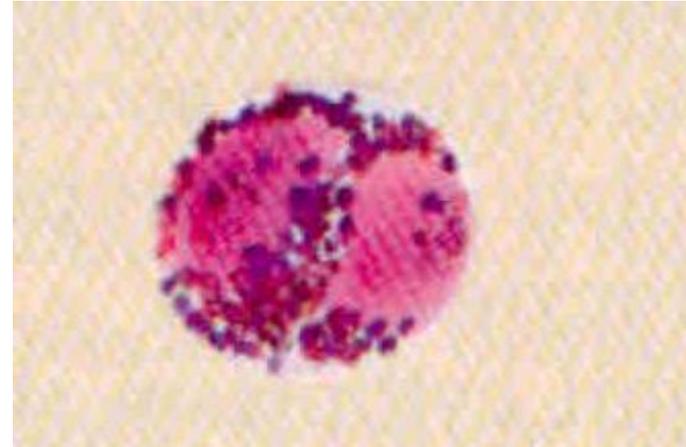
Функции эозинофилов:

- участие в **противопаразитарной иммунологической** защите (цитотоксический эффект в борьбе с гельминтами, их яйцами и личинками);
- обезвреживание и **разрушение токсинов белкового происхождения**, комплексов антиген-антитело;
- участие в **аллергических реакциях**: нейтрализация избытка гистамина и других биологически активных веществ;
- **фагоцитоз**;
- влияние на **свертывающую систему крови** (плазминоген).

Зернистые (гранулоциты)

Базофилы (0–1% всех лейкоцитов).

Зернистость окрашивается основными красителями, крупная, представляет собой гранулы, содержащие *гистамин* (расширяет кровеносные сосуды) и *гепарин* (препятствует свертыванию крови).



Базофилы способствуют миграции нейтрофилов, а также рассасыванию погибших тканей и заживлению.

Функции базофилов:

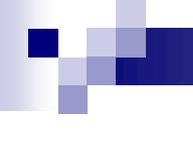
- регуляция **проницаемости сосудов и свертываемости крови** (гистамин, гепарин);
- участие в **воспалительных реакциях**;
- участие в **аллергических реакциях**.

Лейкоцитарная формула (%)

Миелоциты	Метамиелоциты	Палочкоядерные	Сегментоядерные	Базофилы	Эозинофилы	Лимфоциты	Моноциты
0	0	1-6	47-72	0-1	0,5-5	19-37	2-11

СДВИГ **ВЛЕВО** — увеличение содержания в крови **МОЛОДЫХ форм** нейтрофилов (палочкоядерные, миелоциты, метамиелоциты). Отмечается при **инфекционных, воспалительных заболеваниях, лейкозах**.

СДВИГ **ВПРАВО** — увеличение **зрелых форм** и появление значительного количества нейтрофилов **с гиперсегментированными ядрами** (ядрами, содержащими более 5 сегментов), расценивается как дегенеративное изменение клеток. Может наблюдаться, например, при **мегалобластных анемиях, применении некоторых лекарственных препаратов, а также при редкой наследственной аномалии лейкоцитов**.



В лейкоцитарной формуле отмечаютя 2 «перекреста» изменения лейкоцитов. 1-й — в возрасте 3–7 дней (снижение процента нейтрофилов и возрастание процента лимфоцитов) и 2-й — в возрасте 4–6 лет (возрастание процента нейтрофилов и снижение процента лимфоцитов).

Для оценки интенсивности лейкопоза
вычисляют **индекс регенерации (ИР)**.

Его вычисляют:

$$ИР = \frac{\text{миелоциты} + \text{метамиелоциты} + \text{палочкоядерные}}{\text{количество сегментоядерных}}$$

В норме **ИР = 0,05 - 0,1**. При тяжелых
воспалительных процессах он повышается
до **1 - 2**.

Увеличение количества лейкоцитов называется *лейкоцитозом*. Различают физиологический (перераспределительный) и патологический (реактивный) лейкоцитоз. *Лейкопения* (количество лейкоцитов ниже $4 \times 10^9/\text{л}$)

Виды гемолиза

Гемолиз — разрушение оболочки эритроцитов, сопровождающееся выходом Нв в плазму (лаковая кровь).

1. Механический
2. Термический
3. Химический
4. Биологический
5. Осмотический

минимальная ОРЭ - 0,48-0,46 % р-р NaCl

максимальная ОРЭ-0,34-0,32 % р-р NaCl

6. Иммунный гемолиз
7. Физиологический

Причины гемолиза в организме

1. Переливание несовместимой крови.
2. Сепсис, влияние гемолитических микроорганизмов.
3. Попадание в организм гемолитических ядов.
4. Отравление различными органическими и минеральными веществами.
5. Аутоимунные реакции.

СОЭ в норме равна:

- у мужчин 1 - 10 мм/ч;
- у женщин 2 - 15 мм/ч;
- у новорожденных 1 - 2 мм/ч.

Факторы, влияющие на СОЭ

- При травме, инфекциях, многих острых заболеваниях СОЭ **повышается**
- На СОЭ **влияет рН** плазмы крови: при ацидозе отмечают снижение, при алкалозе — повышение.
- СОЭ **уменьшается** при **увеличении количества эритроцитов** (при эритремии, например, оседание эритроцитов может полностью прекратиться вследствие повышения вязкости крови). При **анемиях** СОЭ **ускоряется**.
- **Повышенное насыщение эритроцитов гемоглобином ускоряет** СОЭ.
- СОЭ повышается при интенсивной физической работе.
- **Ускоряется** СОЭ **во 2-й половине беременности**, вследствие увеличения количества фибриногена.

Спасибо за внимание
До свидания

