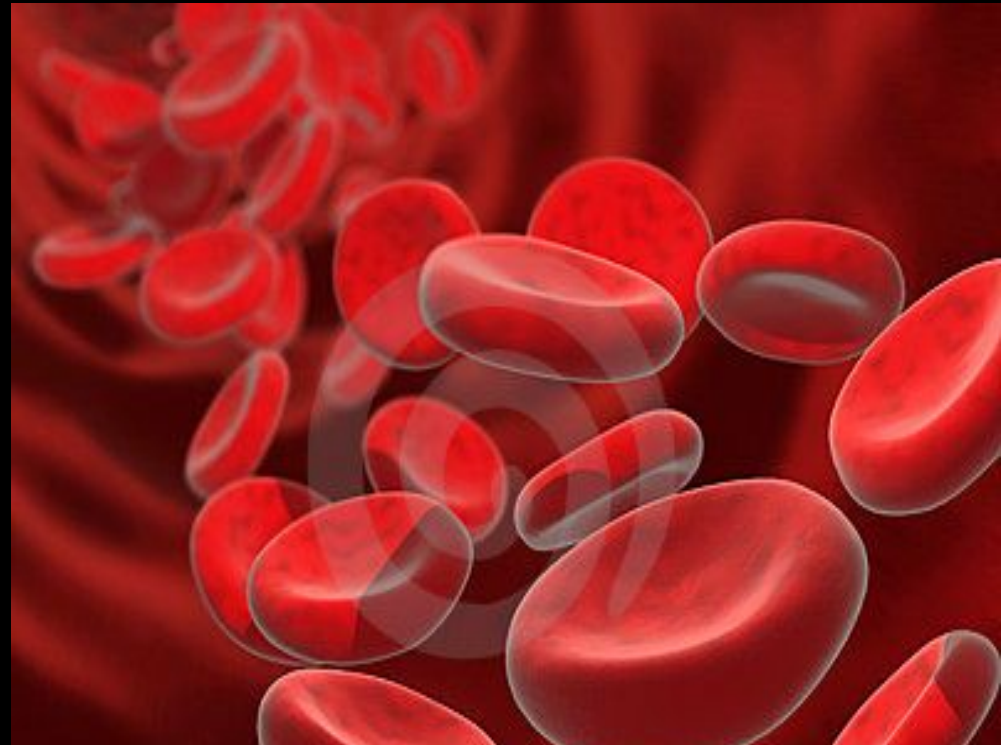


# Тема: Форменные элементы крови

1. Эритроциты
2. Гемоглобин
3. Лейкоциты



# ЭРИТРОЦИТЫ



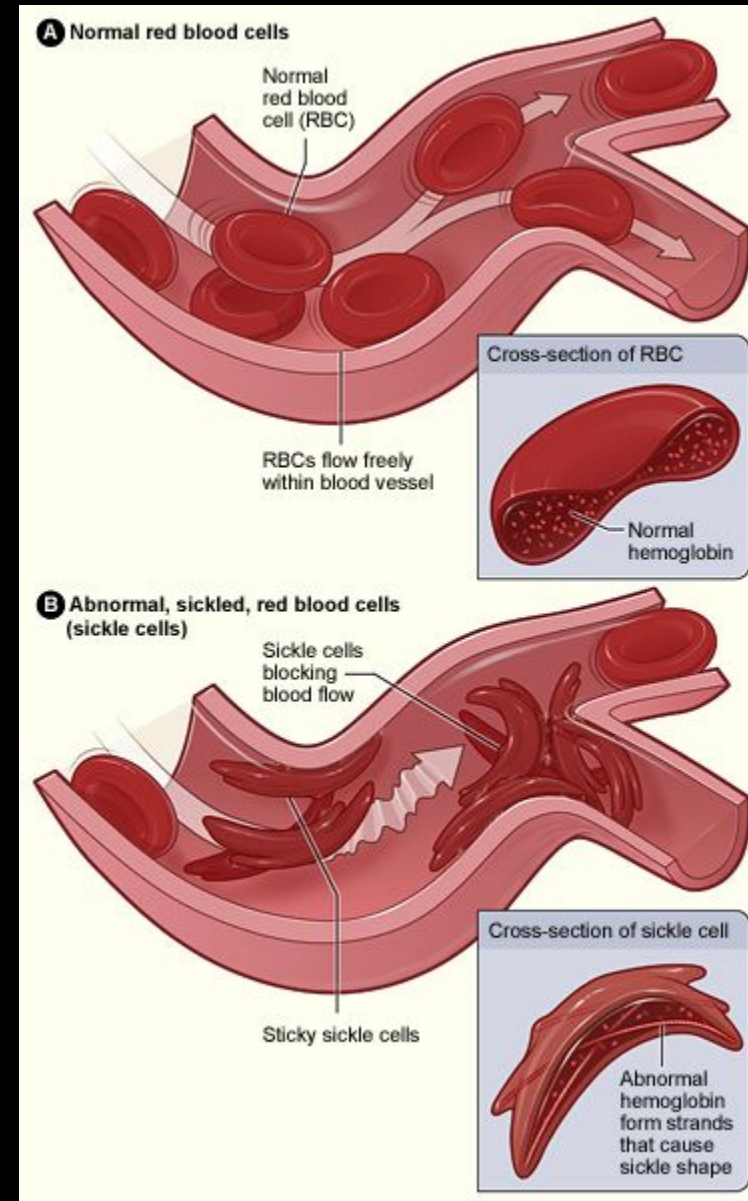
**Количество эритроцитов  
зависит:**



# Форма эритроцита

Двоковогнутая форма необходима:

1. для увеличения площади поверхности ( $3800 \text{ м}^2$ ),
2. для уменьшения диффузионного расстояния при переносе газов,
3. для способности к обратимой деформации при прохождении через узкие изогнутые капилляры



# Продолжительность жизни

средняя - 60-90 сут.

максимальная - 120 сут.

Каждые 24 часа обновляется 0,8 %  
эритроцитов.

Удаление эритроцитов из кровотока происходит  
тремя:

1. путём фагоцитоза,
2. в результате гемолиза,
3. при тромбообразовании.

# ГЕМОЛИЗ

Внутрисосудистый (10-20% эритроцитов)	Внесосудистый (80-90% эритроцитов)
<p>содержимое клетки выходит в плазму; димеры Hb связываются гаптоглобином и транспортируются в печень для разрушения.</p>	<p>эритроциты захватываются макрофагами селезенки, купферовскими клетками, макрофагами костного мозга. За сутки утилизируется 6-8 г гемоглобина. Гем превращается в желчный фермент билирубин.</p>



# Гемолиз

1. Осмотический гемолиз
2. Биологический гемолиз
3. Механический гемолиз
4. Термический гемолиз
5. Иммунный гемолиз

# АНЕМИЯ

дословно означает «бескровие».

При анемии может уменьшаться:

1. число эритроцитов,
2. содержание в них гемоглобина,
3. либо то и другое.

# ВИДЫ АНЕМИЙ



# 1. Железодефицитная анемия

Может быть следствием:

1. недостатка железа в пище (особенно у детей),
2. нарушения всасывания железа в пищеварительном тракте,
3. хронической кровопотери.

При железодефицитной анемии в крови содержатся мелкие эритроциты с пониженным содержанием гемоглобина (*гипохромная микроцитарная анемия*).

## 2. Мегалобластическая анемия

- характеризуется наличием в крови и костном мозгу мегалоцитов и их незрелых предшественников (мегалобластов).

Их образование связано с недостатком витамина В<sub>12</sub> и/или фолиевой кислоты, что приводит к замедлению деления клеток.

Причины анемии:

1. медленное созревание эритроцитов.
2. продолжительность жизни мегалоцитов меньше

# 3. Гемолитическая анемия

Возникает вследствие повышенной хрупкости эритроцитов.

Подобные состояния наблюдаются:

1. при врожденных формах сфероцитоза,
2. при таких наследственных заболеваниях, как серповидноклеточная анемия и талассемия,
3. при малярии,
4. при ускоренном гемолизе в результате аутоиммунных реакций,
5. при эритробластозе новорожденных (анемия, связанная с резус–несовместимостью).

# 4. Апластическая анемия и панцитопения

При апластической анемии подавляется только эритропоэз, а в случае панцитопении уменьшается содержание всех клеток крови, вырабатываемых костным мозгом.

Апластические анемии могут быть:

1. наследственными (например, синдром Фанкони),
2. приобретенными.

Угнетение кроветворения может быть связано с поражением костного мозга :

1. ионизирующим излучением,
2. клеточными ядами (цитостатиками, бензолом и т.д.),
3. метастазами опухолей.

# Гемоглобин

Практически весь объём эритроцита (95%) заполняет дыхательный белок — гемоглобин (Hb).

Функции Hb:

1. дыхательная
2. буферная
3. поддержание пластичности эритроцита



# Содержание Hb

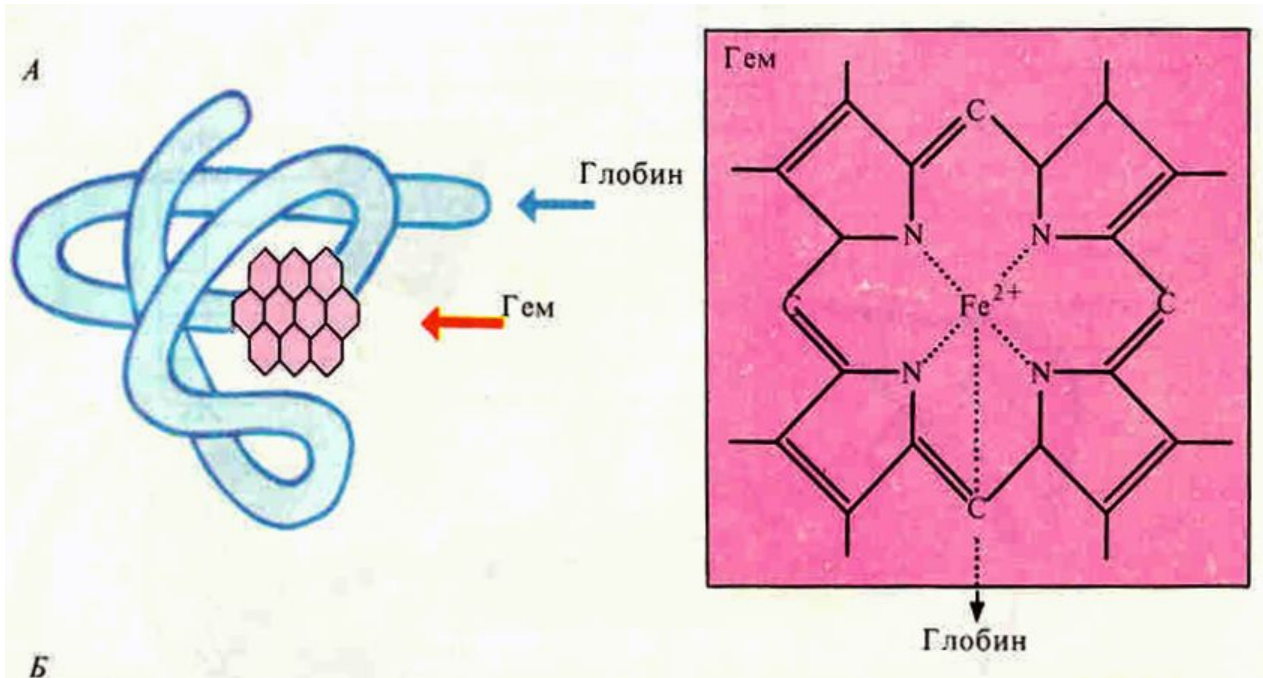
Идеальным является содержание Hb –  
167 г/л – 100%

У мужчин – 145-150 г/л,

У женщин – 120-140 г/л,

У новорожденных – 180-210 г/л

# Строение гемоглобина





# Патологические типы гемоглобина

**HbM** — группа аномальных Hb, у которых замещение одной аминокислоты способствует образованию MetHb. Гетерозиготы имеют врождённую метгемоглобинемию, гомозиготы погибают в ходе внутриутробного развития.

**HbS** — аномальный Hb (мутация  $\alpha$ -цепи), у гетерозигот имеются серповидно-клеточные эритроциты (HbS от 20 до 45%, остальное — HbA, анемии нет), у гомозигот развивается серповидно-клеточная анемия (HbS — 75-100%, остальное — HbF или HbA<sub>2</sub>).

**MetHb** — гемоглобин в составе которого окисленное  $\text{Fe}^{3+}$

**Барта Hb** (Bart — фамилия пациента, у которого впервые обнаружен этот Hb) — гомотетрамер, встречающийся у раннего эмбриона и при  $\alpha$ -талассемии, не эффективен как переносчик  $\text{O}_2$ .

**HbF** — основной Hb эритроцитов плода. Увеличение содержания HbF наблюдают при некоторых гемоглобинопатиях, гипопластических и витамин  $\text{B}_{12}$ -дефицитной анемиях, остром лейкозе, у постоянно находящихся в условиях высокогорья.

# Соединения гемоглобина

1. Восстановленный Hb (HbH) образуется после диссоциации  $\text{HbO}_2$ , поэтому его называют дезоксигенированным Hb.
2. Оксигемоглобин ( $\text{HbO}_2$ ) легко диссоциирует, а  $\text{HbO}_2$  становится дезоксигенированным Hb. Для ассоциации и диссоциации  $\text{O}_2$  необходимо, чтобы атом железа гема был в восстановленном состоянии ( $\text{Fe}^{2+}$ ).
3. Карбаминогемоглобин (карбгемоглобин) – соединение гемоглобина с  $\text{CO}_2$

4. Карбоксигемоглобин – соединение гемоглобина с СО. Сродство Нб к СО примерно в 200 раз выше, чем к  $O_2$ , поэтому соединение с ним необратимо.
5. Гликозилированный Нб (HbA<sub>1c</sub>) — HbA<sub>1</sub>, модифицированный ковалентным присоединением к нему глюкозы (норма HbA<sub>1c</sub> 5,8–6,2%). Этот Нб имеет худшее сродство к кислороду, чем обычный Нб. (один из первых признаков сахарного диабета - увеличение в 2–3 раза HbA<sub>1c</sub>).

# Кислородная ёмкость крови

- максимальное возможное количество  $O_2$  связанного с Hb.

Кислородная ёмкость крови теоретически составляет 1,39 мл  $O_2$  на 1 г Hb (реальное значение - 1,34 мл  $O_2$  на 1 г Hb).

Измеренные значения составляют:

для мужчин - 210 мл  $O_2$ /л,

для женщин - 195 мл  $O_2$ /л.





**ЛЕЙКОЦИТЫ**

# ЧИСЛО ЛЕЙКОЦИТОВ

У взрослого –  $4-9 \times 10^9/\text{л}$

У новорождённых -  $10-30 \times 10^9/\text{л}$ .

В течение первых двух недель количество лейкоцитов снижается до  $9-15 \times 10^9/\text{л}$ ,

К 4 годам количество лейкоцитов уменьшается до  $7-13 \times 10^9/\text{л}$ ,

К 14 годам количество лейкоцитов достигает уровня, характерного для взрослого.

# ЛЕЙКОЦИТОЗ

1. Физиологический лейкоцитоз — увеличение числа лейкоцитов в единице объёма крови выше нормы ( $>9 \times 10^9/\text{л}$ ):

- *Функциональный* - обусловлен выполнением организмом определённой функции (во время беременности, после приёма пищи или после длительной физической работы).
- *Защитно-приспособительный* - развивается при воспалительных процессах, стресс-реакции, повреждении клеток и тканей (после инфарктов или инсультов, травмы мягких тканей).

2. Патологический лейкоцитоз не имеет адаптивного значения для организма (при лейкозах).

Лейкозные лейкоциты характеризуются:

- снижением способности синтезировать и высвобождать цитокины
- низкой фагоцитарной активностью.

3. Ложный лейкоцитоз (перераспределительный) наблюдается при перераспределении лейкоцитов в сосудистом русле.

# Лейкопения

- уменьшение количества лейкоцитов  
 $<4 \times 10^9/\text{л}$ .

Различают:

1. первичные (врождённые или наследственные),
2. вторичные (приобретённые, вследствие радиационного поражения, отравлений, применений ЛС)

# Причины приобретённых лейкопений:

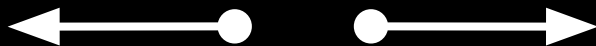
1. ИИ
2. Химические вещества (бензол, горчичный газ, инсектициды)
3. Лекарственные препараты (НСПВ, статины, сульфаниламиды, барбитураты, противоопухолевые антибиотики).
4. Болезни иммунной аутоагрессии (например, системная красная волчанка), генерализованные инфекции (брюшной тиф, паратиф, грипп, корь, гепатиты).

# ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА, %

ГРАНУЛОЦИТЫ					АГРАНУЛОЦИТЫ	
Нейтрофилы			Базофилы	Эозинофилы	Лимфоциты	Моноциты
Юные	Палочко- ядерные	Сегменто- ядерные				
0-1	2 – 5	55 - 68	0 – 1	2 – 4	23 – 35	5 - 8

СДВИГ ВЛЕВО

СДВИГ ВПРАВО



Сдвиг влево – увеличение количества незрелых (палочкоядерных) нейтрофилов в периферической крови, появление юных;

Сдвиг вправо – уменьшение нормального количества палочкоядерных нейтрофилов и увеличение числа сегментоядерных нейтрофилов (мегалобластическая анемия, болезни почек и печени, состояние после переливания крови).

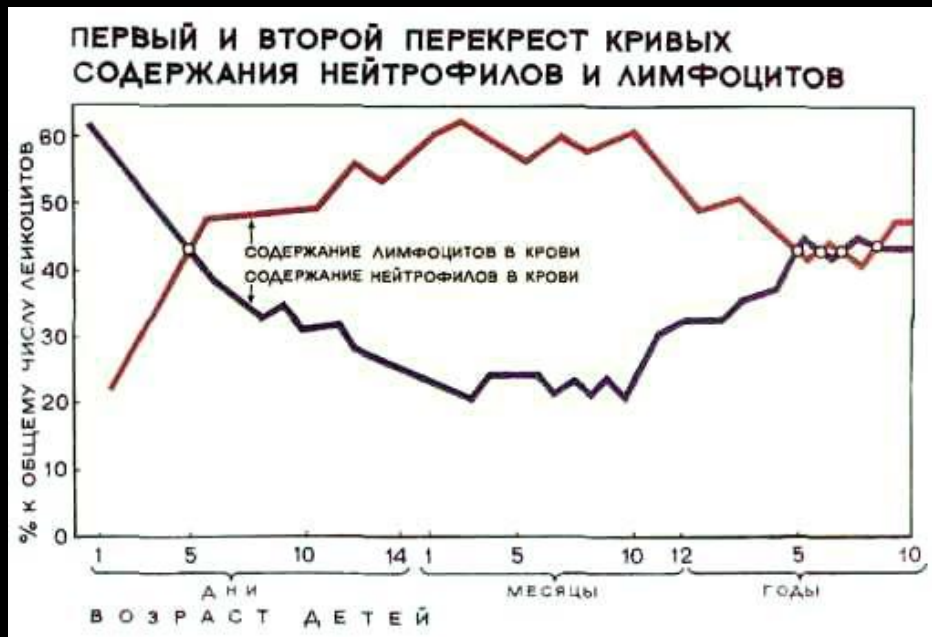


# Возрастные изменения соотношения лейкоцитов

У новорождённых:  
нейтрофилов — 60,5%,  
эозинофилов — 2%,  
базофилов — 0,2%,  
моноцитов — 1,8%,  
лимфоцитов — 24%.

Соотношение нейтрофилов и лимфоцитов меняется, что обуславливает возникновение физиологических перекрестов.

Первый перекрест. На 3–4 сутки после рождения количество нейтрофилов и лимфоцитов уравнивается.  
Второй перекрест наблюдается у четырёхлетних детей.



# Функции нейтрофилов

1. фагоцитоз и защита от инфекции,
2. стимуляция регенерации тканей,
3. транспорт БАВ и антител,
4. регуляция проницаемости гистогематических барьеров

При острых инфекционных заболеваниях число нейтрофилов в крови быстро нарастает.

# Функции базофилов

1. поддержание кровотока в мелких сосудах и питания тканей,
2. поддержание роста новых капилляров,
3. обеспечение миграции других лейкоцитов,
4. фагоцитоз и защита от инфекции,
5. участие в аллергических реакциях,
6. активация агрегации тромбоцитов.

# Функции эозинофилов

1. защита организма от паразитарной инфекции гельминтами,
2. нейтрализация медиаторов аллергической реакции и подавление их секреции,
3. подавление агрегации тромбоцитов.
4. фагоцитоз и бактерицидное действие

# Функции моноцитов

1. участие в иммунном ответе и воспалении,
2. активация регенерации тканей,
3. участие в противоопухолевой защите,
4. регуляция гемопоеза,
5. фагоцитоз микроорганизмов и старых клеток, противопаразитарная защита,
6. стимуляция центра терморегуляции

# Функции лимфоцитов

1. обеспечение клеточного и гуморального иммунитета,
2. участие в регуляции гемопоэза,
3. участие в регуляции хемотаксиса и активности фагоцитов

Главная функция лимфоцитов состоит в узнавании чужеродного антигена и участии в адекватном иммунологическом ответе организма.