

Физиология форменных элементов крови



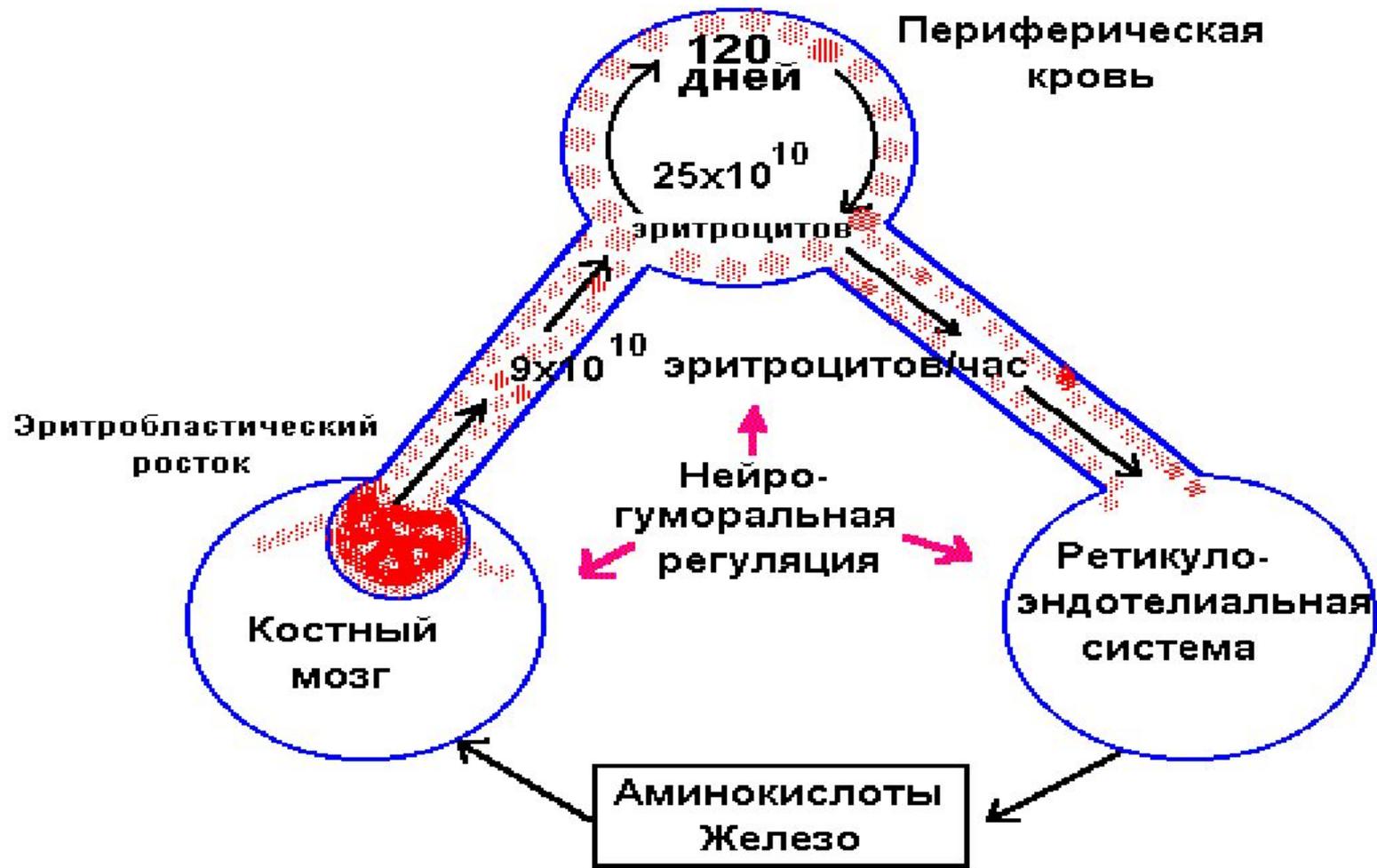
План

- Понятие об эритроэне
- Характеристика эритроцитов
- Показатели дыхательной функции крови
- Регуляция эритропоэза
- Понятие об иммунитете
- Характеристика лейкоцитов
- Лейкоцитарная формула
- Регуляция лейкопоэза

эритрон

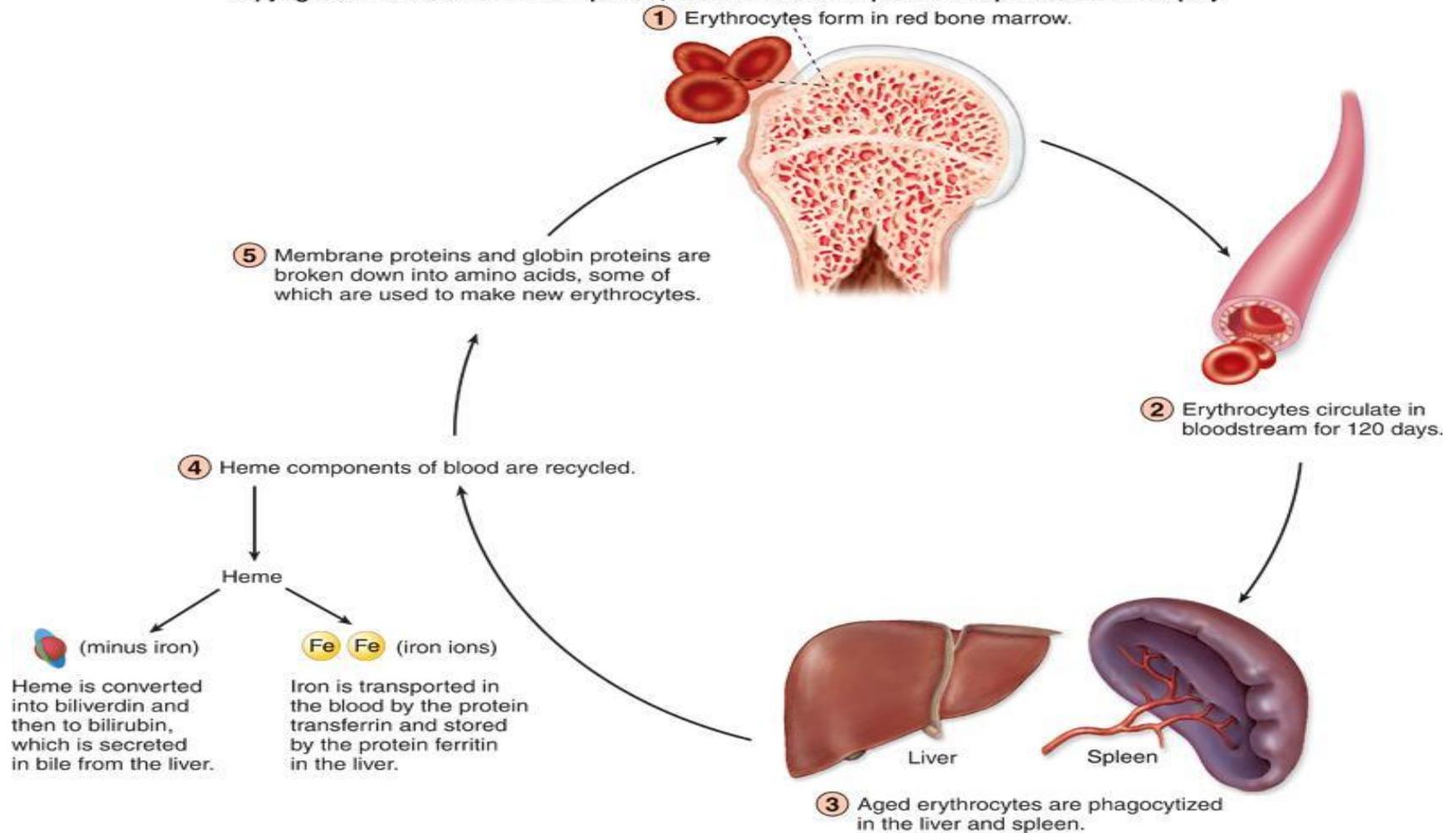
- Эритрон (по Каслу) - система взаимосвязанных органов эритропоэза, периферической крови, органов эритродиэреза и нейро-гуморальных механизмов их регуляции
- Каждую секунду образуется и разрушается 2 миллиона эритроцитов

СХЕМА ЭРИТРОНА



Эритрокинетика

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

- **Транспортная:** дыхательная (перенос O_2 и CO_2) - перенос аминокислот, полипептидов, белков, углеводов, жиров, ферментов, гормонов, биологически активных веществ и микроэлементов
- **Защитная:** участие в иммунитете и гемостазе
- **Регуляторная:** участие в регуляции pH и водно-солевого обмена
- Обеспечение индивидуальных свойств крови (группы крови)

Периферическая кровь

Количество эритроцитов:

у мужчин – 4,5 – 5,0 · 10¹² в 1 литре

у женщин – 4,0 – 4,5 · 10¹² в 1 литре

Количество ретикулоцитов: 3-8 ‰

Количество гемоглобина:

у мужчин – 150 - 170 г /л

у женщин – 120 - 150 г /л

- **ЭРИТРОЦИТОЗ** - увеличение количества эритроцитов. Физиологический эритроцитоз - при стрессе и высотной гипоксии
- **ЭРИТРОПЕНИЯ** - уменьшение количества эритроцитов, бывает при беременности, частый спутник анемии

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА КРАСНОЙ КРОВИ

Ложный эритроцитоз или ***эритропения*** чаще возникают за счет перераспределения жидкости в системе кровь –ткани или выброса клеток из кровяных депо

Истинный эритроцитоз или ***эритропения*** – возникают в результате изменения функций органов кроветворения или кроверазрушения

ДЕПО КРОВИ

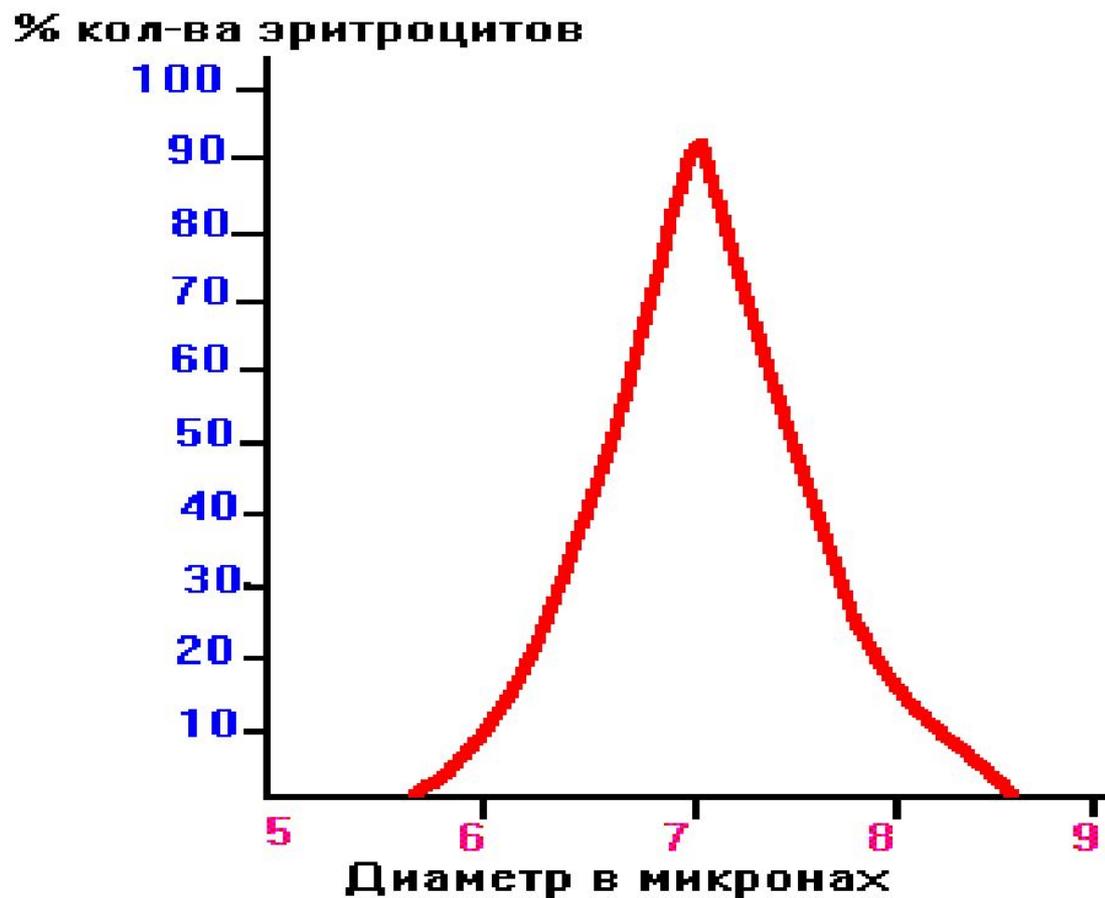
- Селезенка - $1/10$ объема крови, $1/5$ эритроцитов
- Печень
- Подкожные сосуды
- Легкие - $1/20$ объема крови



ЭРИТРОЦИТЫ

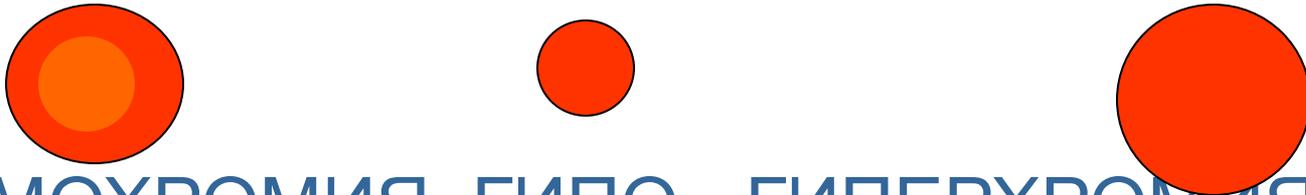
- Диаметр - 7,8 мкм
- Толщина(тонкая часть) - 0,81 мкм
- Толщина(толстая часть) - 2,6 мкм
- Площадь поверхности - 135 мкм²
- Объем - 90 мкм³
- Белки цитоплазмы - 95% гемоглобин
- Продолжительность жизни - 60-120 сут.

Эритроцитометрическая кривая Прайс-Джонса

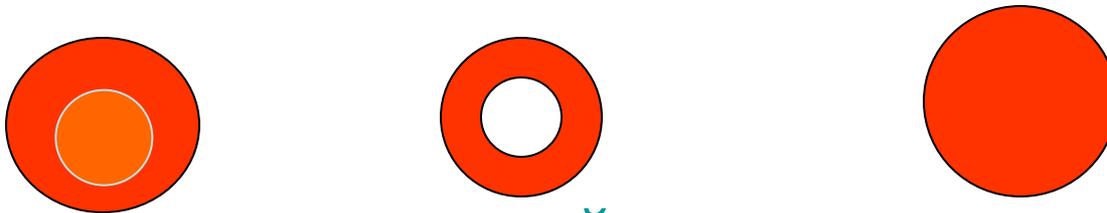


ТЕРМИНОЛОГИЯ

- *Анизоцитоз* – изменение размеров эритроцита:
НОРМОЦИТОЗ, МИКРОЦИТОЗ, МАКРОЦИТОЗ

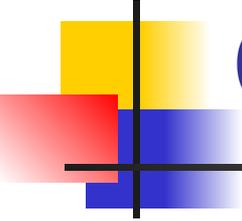


- НОРМОХРОМИЯ, ГИПО-, ГИПЕРХРОМИЯ-
насыщение Hb



- НОРМОЦИТОЗ – *ПОЙКИЛОЦИТОЗ*- изменение
формы эритроцита





Свойства эритроцитов

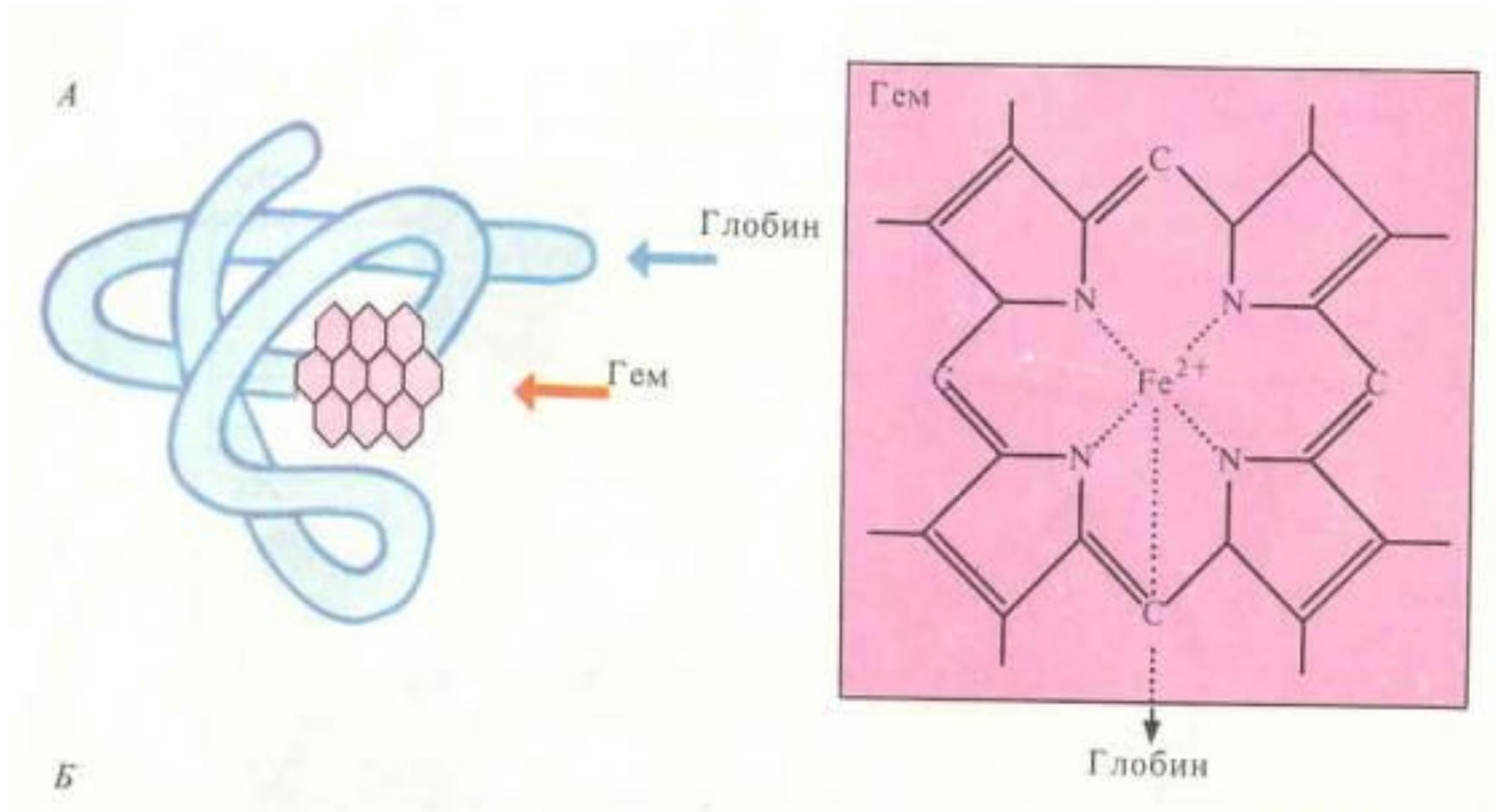
- Пластичность
- Осмотическая резистентность – устойчивость к гемолизу в гипотонических растворах (минимальная -0,48-0,46% NaCl; максимальная 0,34-0,32%NaCl)
- СОЭ зависит от количества и формы эритроцитов

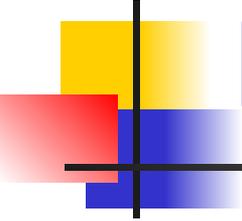
Гемолиз-

разрыв оболочки эритроцита и выход гемоглобина в плазму крови

- Осмотический гемолиз
- Мин. осмотическая резистентность: 0,48-0,42 % NaCl
- Макс.осмотическая резистентность: 0,34-0,30% NaCl
- Биологический гемолиз
- Механический гемолиз
- Термический гемолиз
- Иммунный гемолиз

Строение гемоглобина





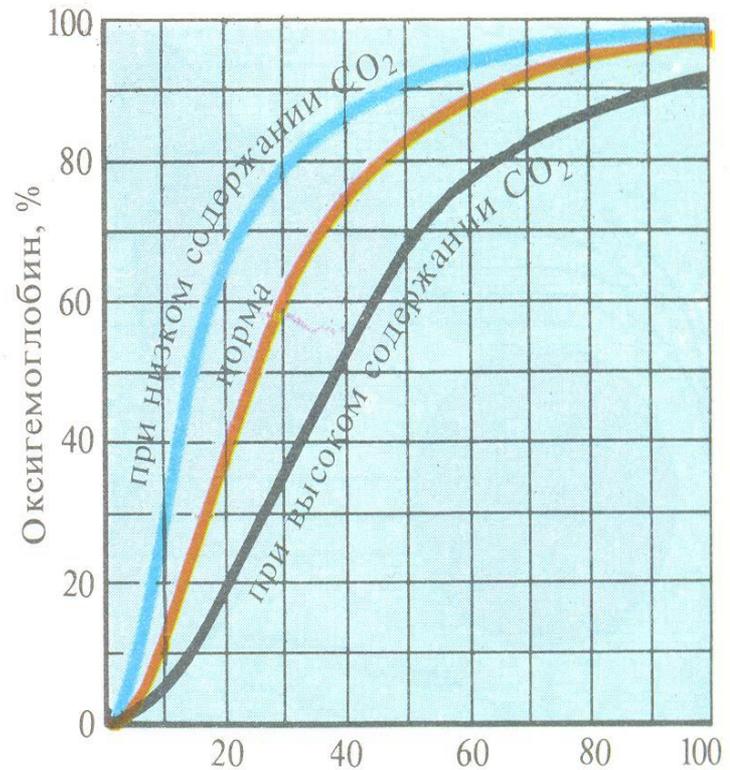
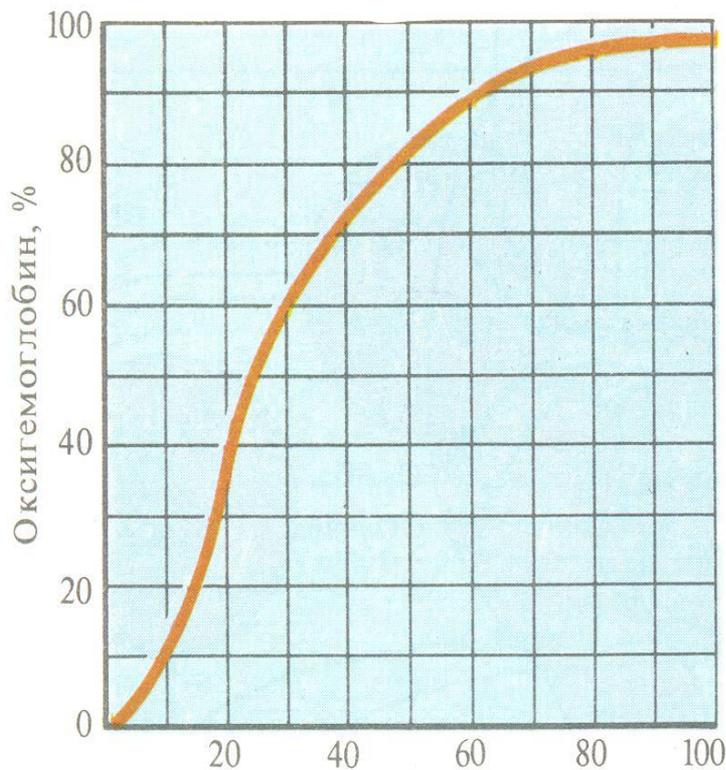
Количество гемоглобина

- Мужчины – 140 – 160 г/л
- Женщины – 120-140 г/л
- Новорожденные -215 г/л
- 1-3 года – 116-120 г/л
- 5-7 лет – 127 г/л
- 10 лет – 130 г/л
- 14-17 лет – как у взрослых

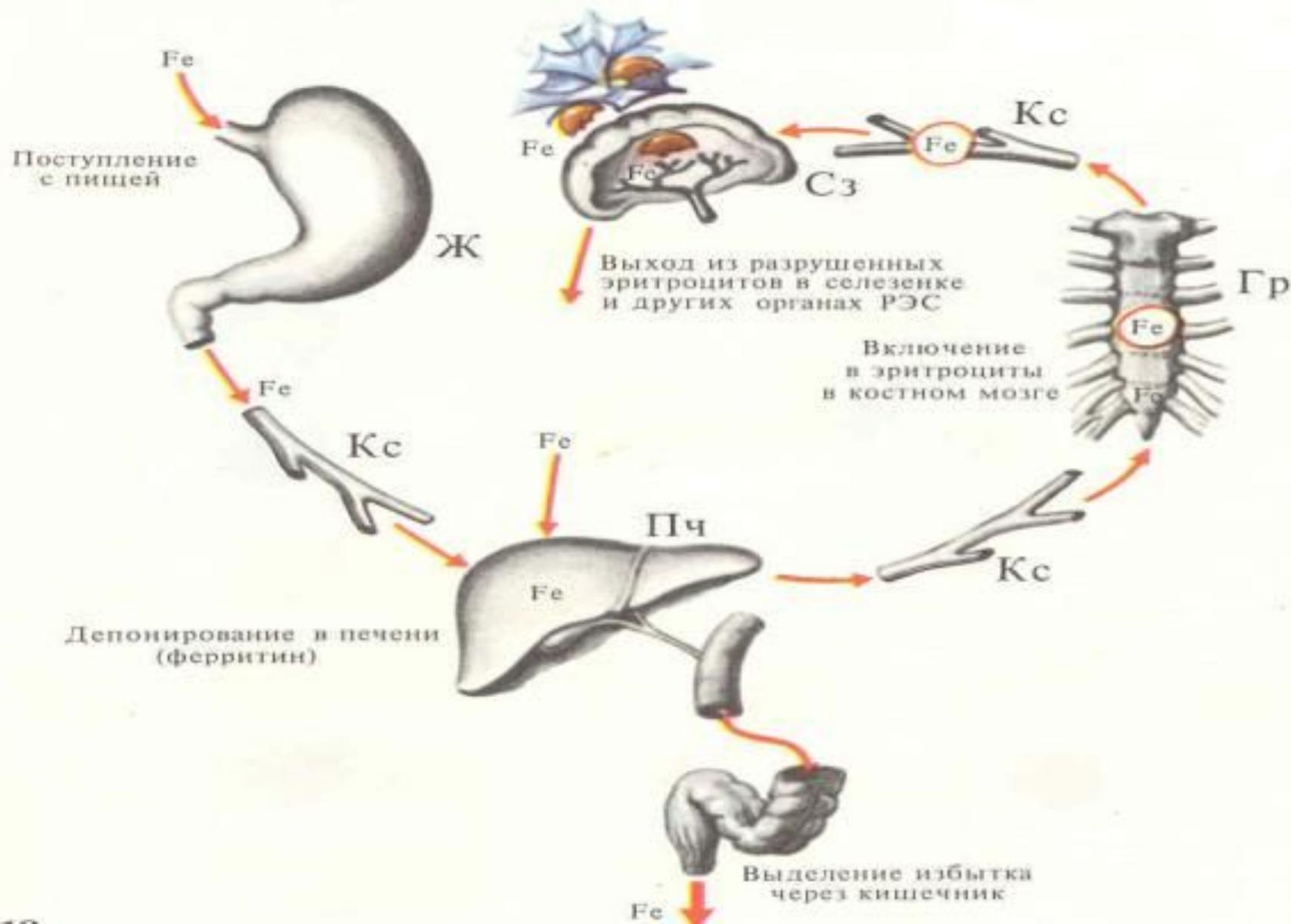
ТИПЫ И ВИДЫ ГЕМОГЛОБИНА

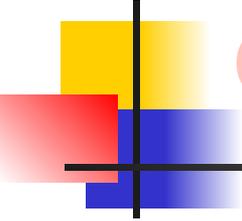
- Гемоглобин А - (95-98%)
- Гемоглобин А₂ - (2-3%)
- Гемоглобин F - (1-2%)
- Оксигемоглобин (HbO₂)
- Восстановленный гемоглобин (HHb)
- Карбогемоглобин (HbCO₂)
- Карбоксигемоглобин (HbCO)
- Метгемоглобин (Fe⁺⁺⁺ - O₂)

Кривая диссоциации оксигемоглобина



Обмен железа, входящего в Нв





Цветной показатель (ЦП) или фарб-индекс (Fi)

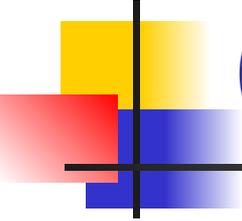
Fi - относительный показатель среднего насыщения эритроцитов гемоглобином. В норме = 0,8 - 1,1 (нормохромия)

у новорожденных- 1,2

ЦП отражает насыщение эритроцитов гемоглобином

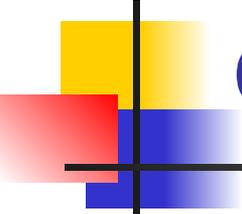
$$\text{ЦП} = \text{Hb} \times 3 / \text{эритроциты (первые 3 цифры)}$$

Кислородная ёмкость крови (КЕК)



- Максимальное количество кислорода, которое может быть поглощено 100 мл крови. Зависит от содержания гемоглобина. В норме – 19-21 об.% (1,34 мл O₂ x 14 г/%)

Критические периоды снижения эритроцитов



- 2-3 месяца – снижение эритроцитов и Hb:
а) ускоренный уход HbF; б) переход к легочному дыханию- торможение эритропоэза; в) резкий прирост массы тела
- 7-9 мес.- скрытый дефицит железа (снижение резервного депо)
- 10-11 лет – в пределах нормы
- 15-16 лет – продукция эритроцитов отстает от темпа роста сосудистого русла

Регуляция эритропоэза

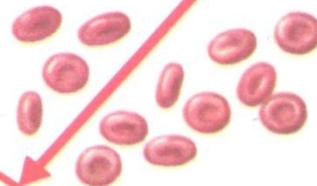
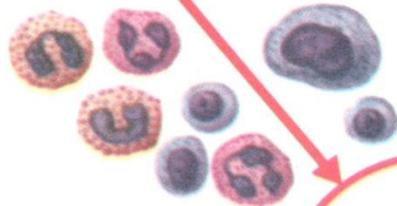
- **Нервная регуляция:**
- Симпатический отдел- стимулирует
- Парасимпатический – тормозит
- **Гуморальная регуляция:**
- Гормоны гипофиза (СТГ, АКТГ), надпочечников, щитовидной железы, мужские половые гормоны – стимулируют
- Женские половые гормоны - тормозят

Продукты разрушения
лейкоцитов, тканей,
микробы, токсины,
чужеродные белки,
инородные тела

Продукты разрушения
эритроцитов, гипоксия
(разных видов), внешний
и внутренний фактор Касла

ЛЕЙКОПОЭТИНЫ

ЭРИТРОПОЭТИНЫ



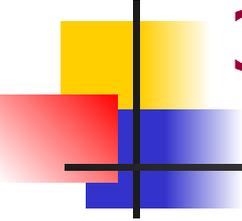
ОРГАНЫ
КРОВЕ-
ТВОРЕНИЯ

ТРОМБОПОЭТИНЫ

Продукты разрушения
тромбоцитов и тканей

Эритропоэтины – специфические регуляторы эритропоэза

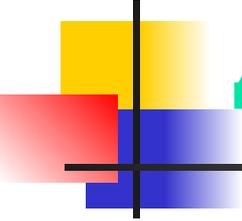
- Большая часть эритрогенинов (предшественники эритропоэтинов) образуется в почках
- Главный фактор, стимулирующий образование эритропоэтинов – **гипоксия** (снижение O_2 в тканях) различного происхождения



МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ЭРИТРОПОЭТИНА

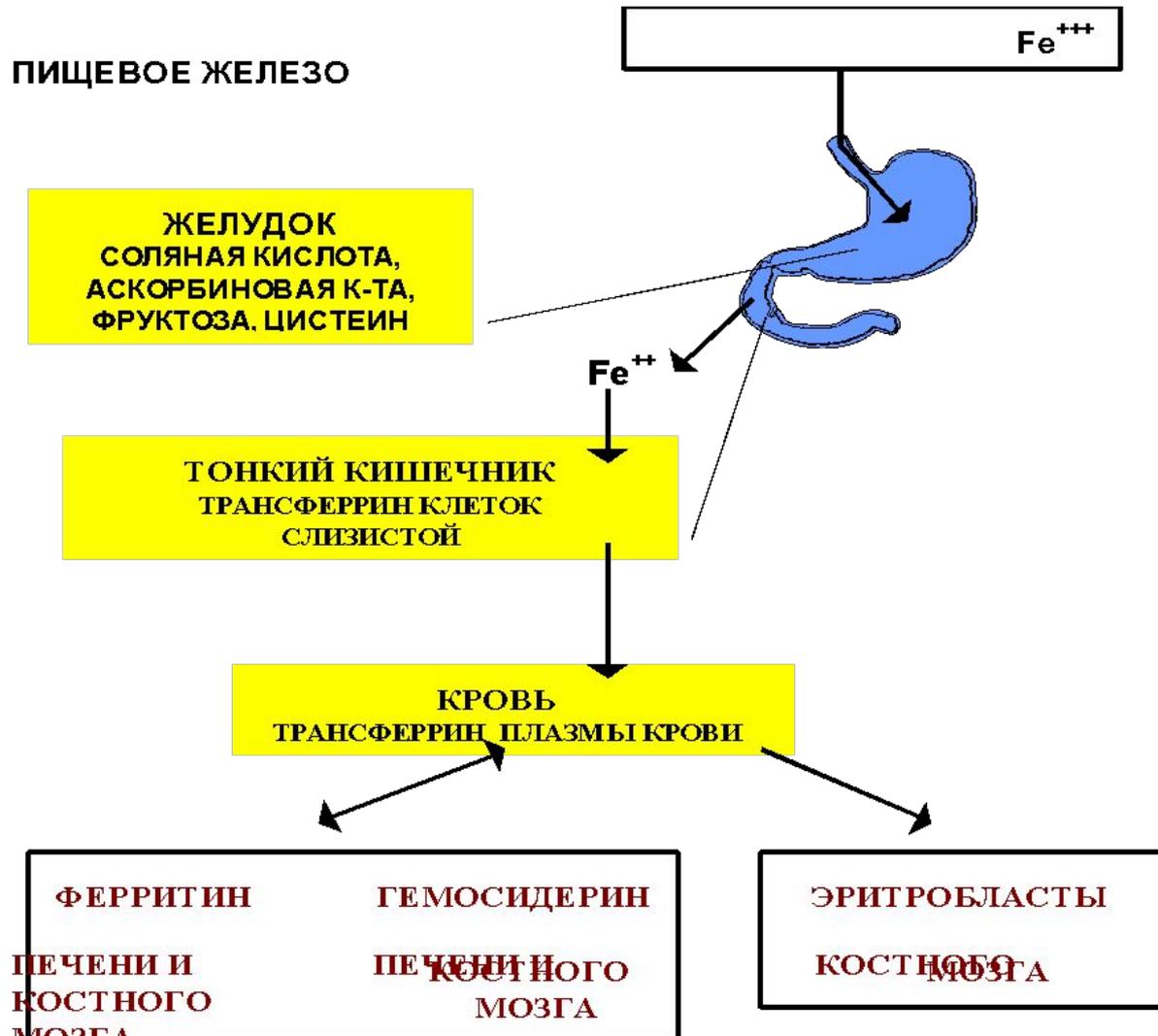
- **1. Ускорение и усиление перехода стволовых клеток в эритробласты;**
- **2. Увеличение числа митозов клеток эритроидного ряда;**
- **3. Исключение одного или нескольких циклов митотических делений;**
- **4. Ускорение созревания неделящихся клеток - нормобластов, ретикулоцитов**
- **5. Эритропоэтин продлевает срок жизни незрелых предшественников клеток эритроидного ряда**

ВЕЩЕСТВА, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ЭРИТРОПОЭЗА

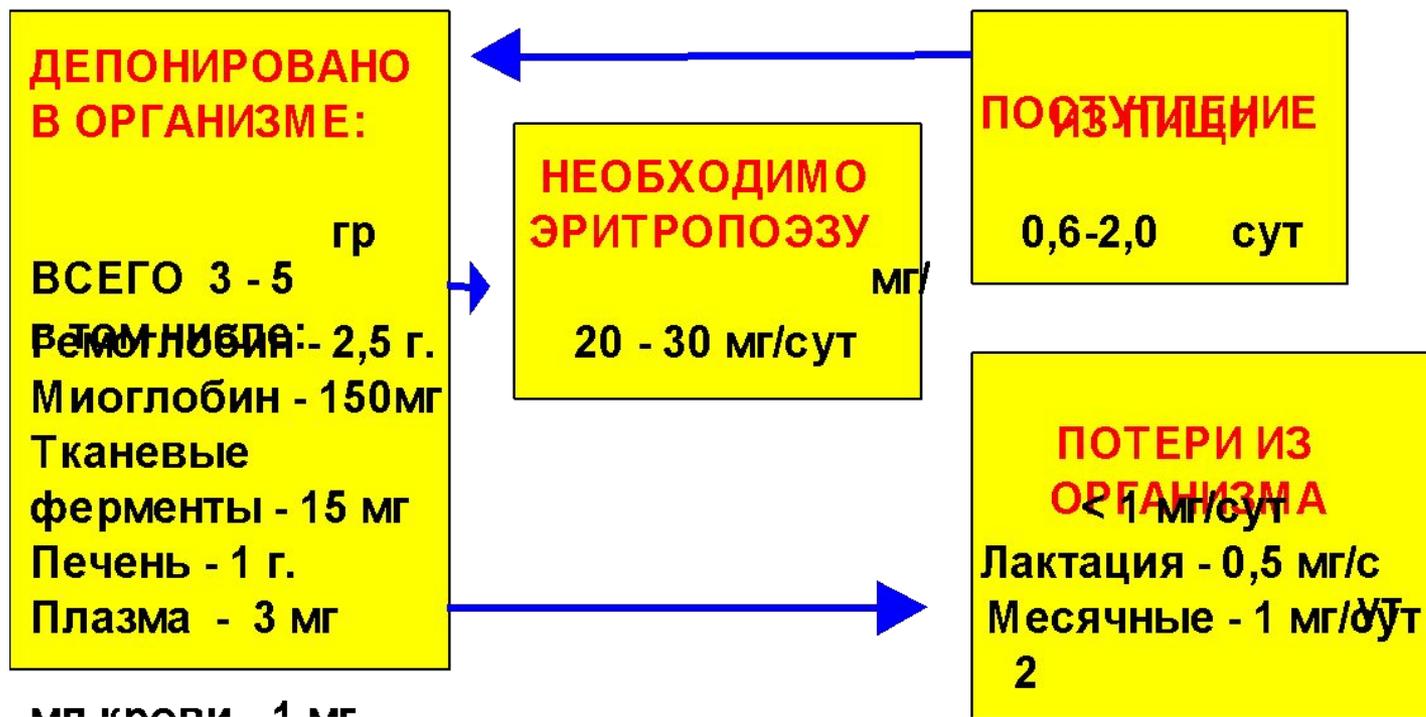


- Железо и медь
- Витамины B_{12} и B_7 (фолиевая кислота)
- Гуморальные регуляторы:
неспецифические (гормоны)
специфические (гемопоэтические факторы и эритропоэтины)

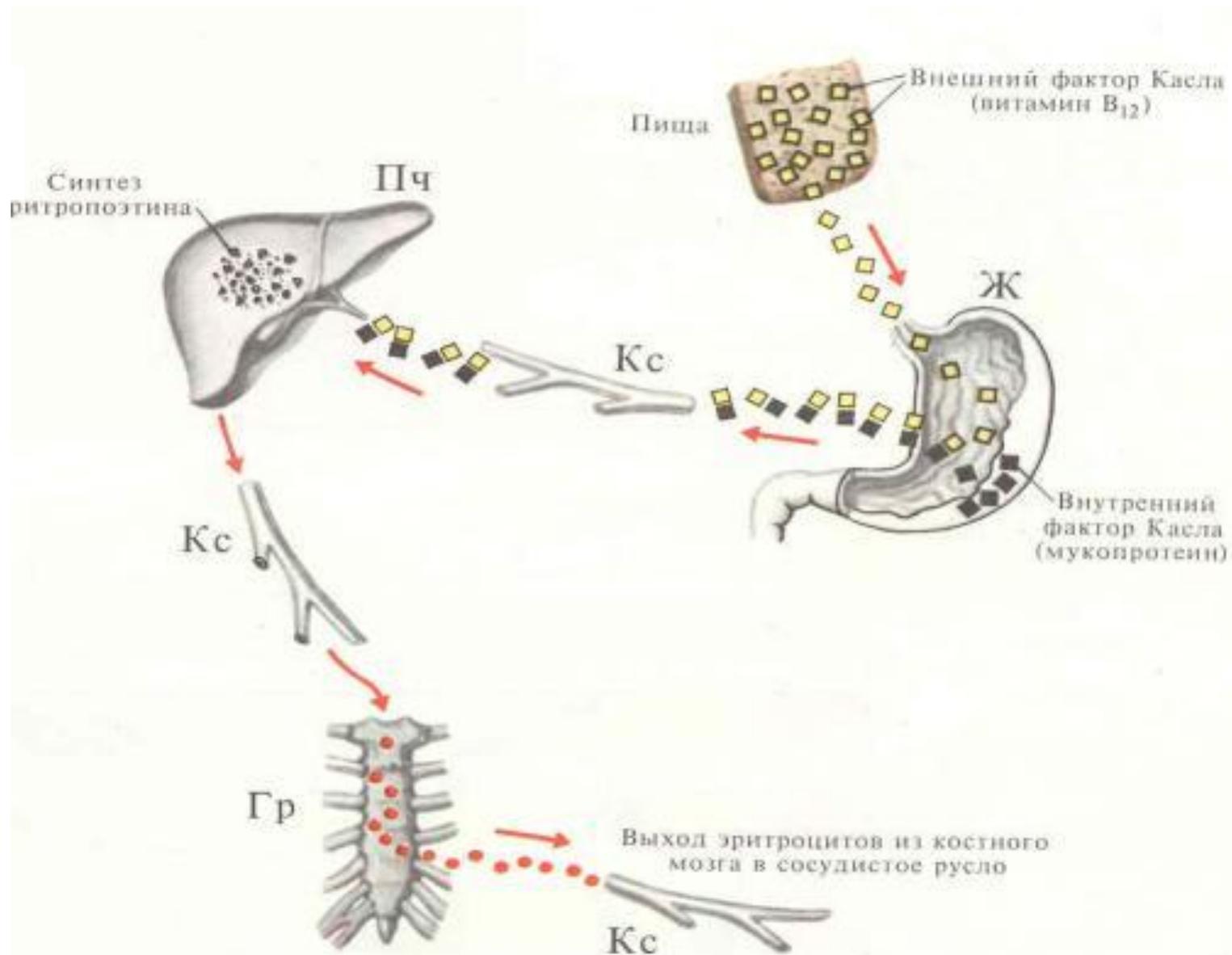
СХЕМА ТРАНСПОРТА ЖЕЛЕЗА



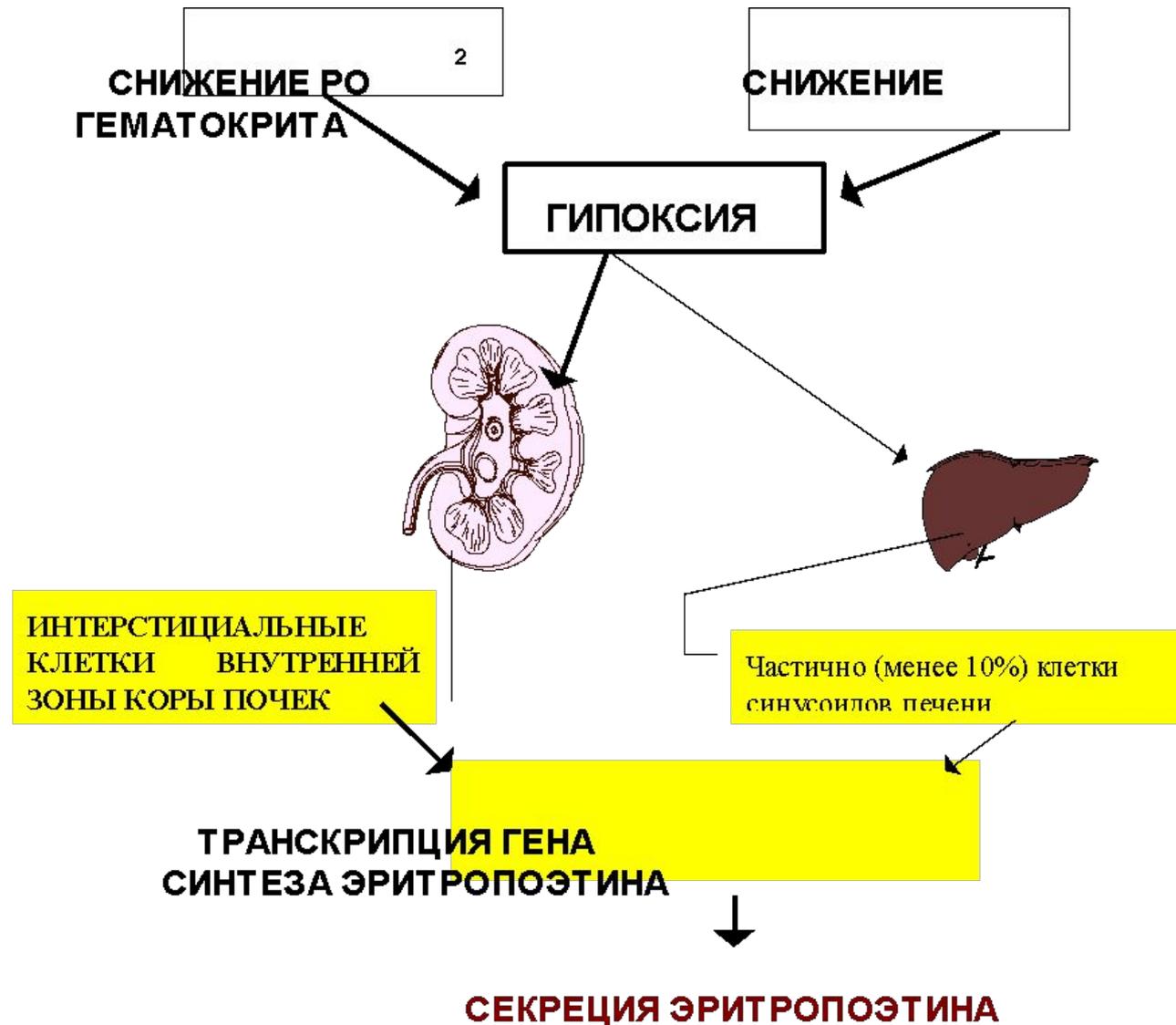
ОБМЕН ЖЕЛЕЗА В ОРГАНИЗМЕ



РОЛЬ ВИТАМИНА В-12 В ЭРИТРОПОЭЗЕ



Механизм образования эритропоэтина



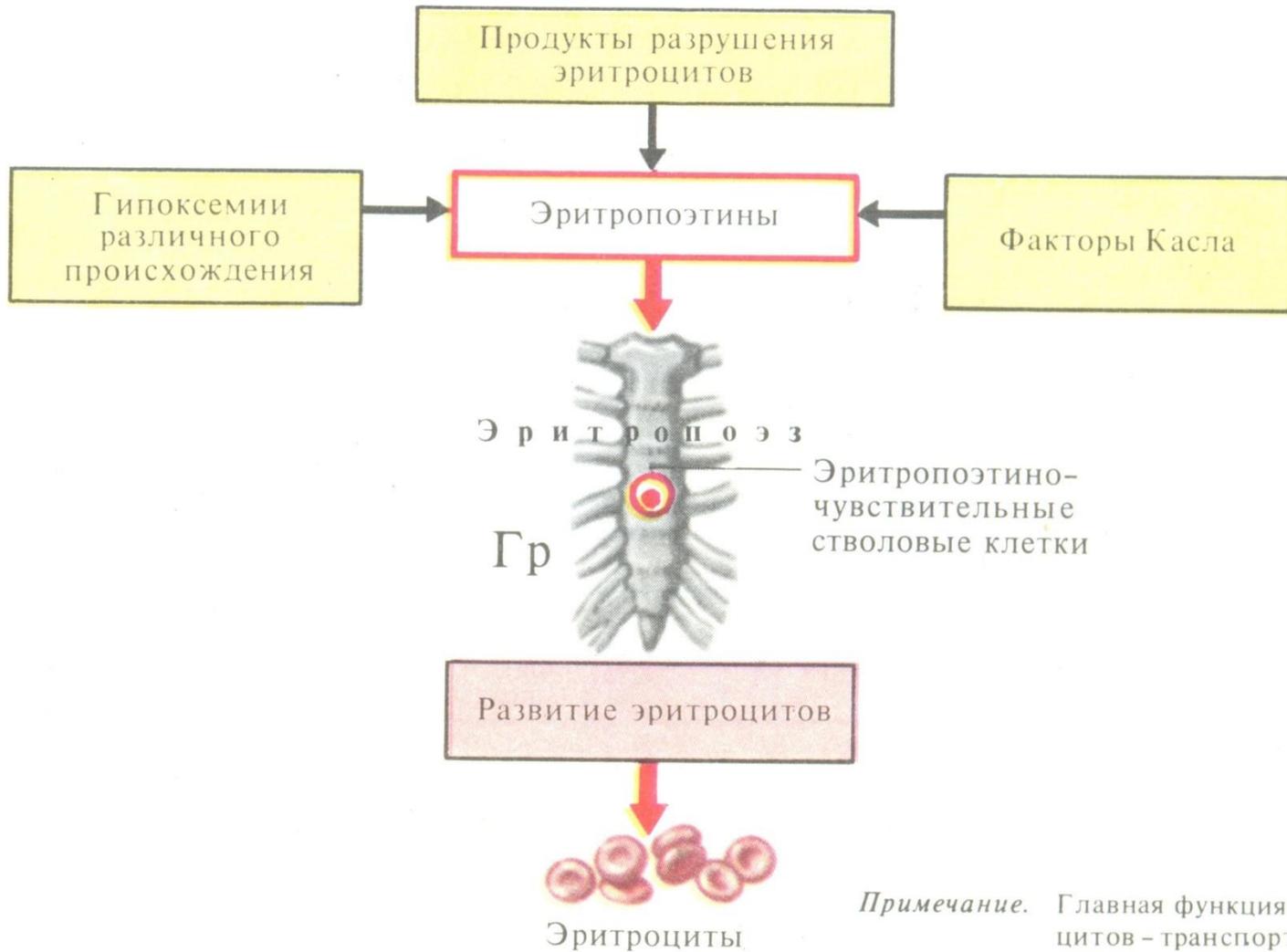
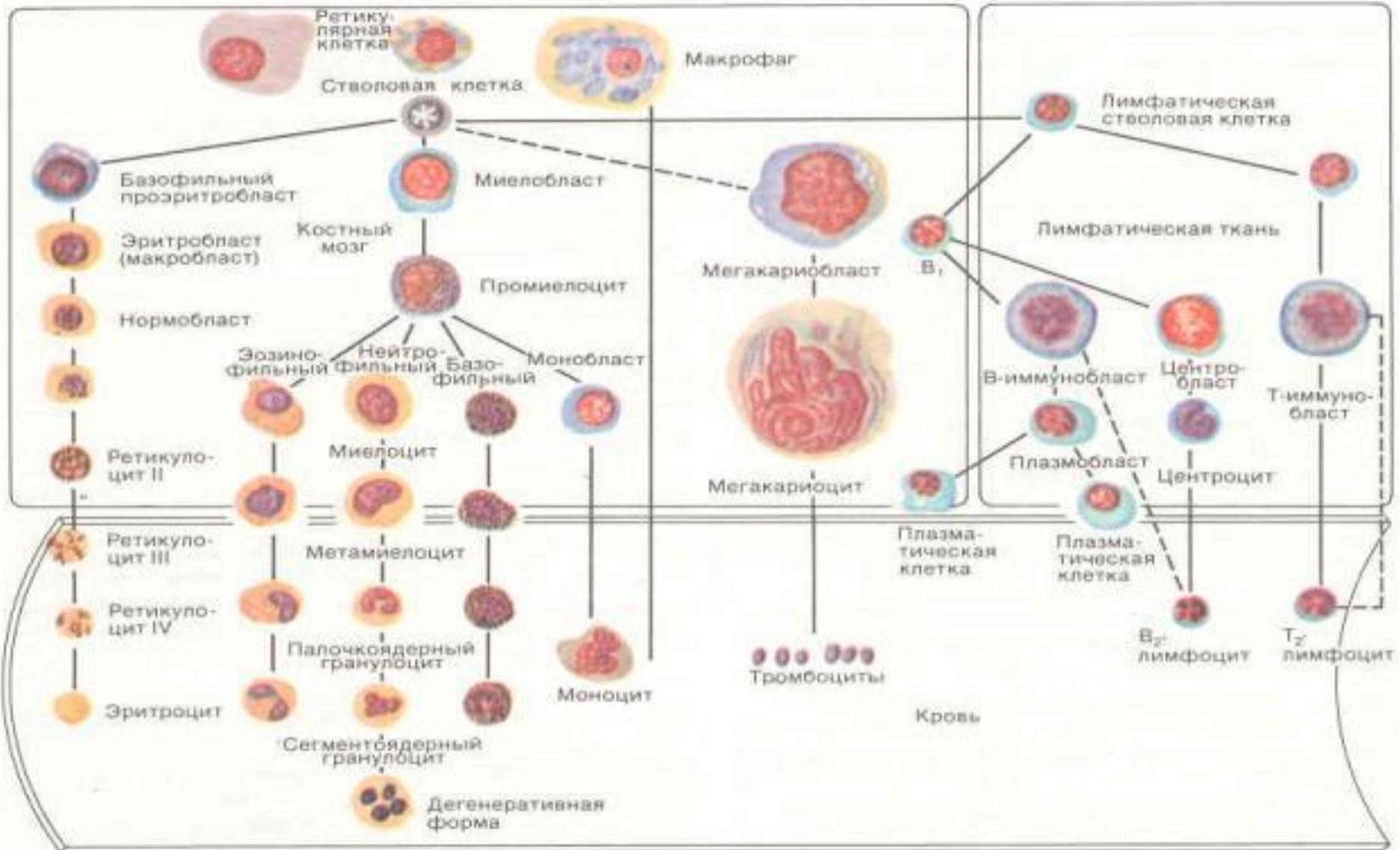
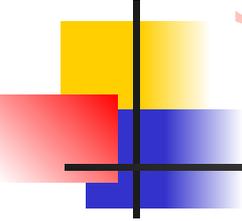


СХЕМА КРОВЕТВОРЕНИЯ

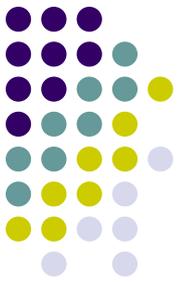




ЭТАПЫ ЭРИТРОПОЭЗА

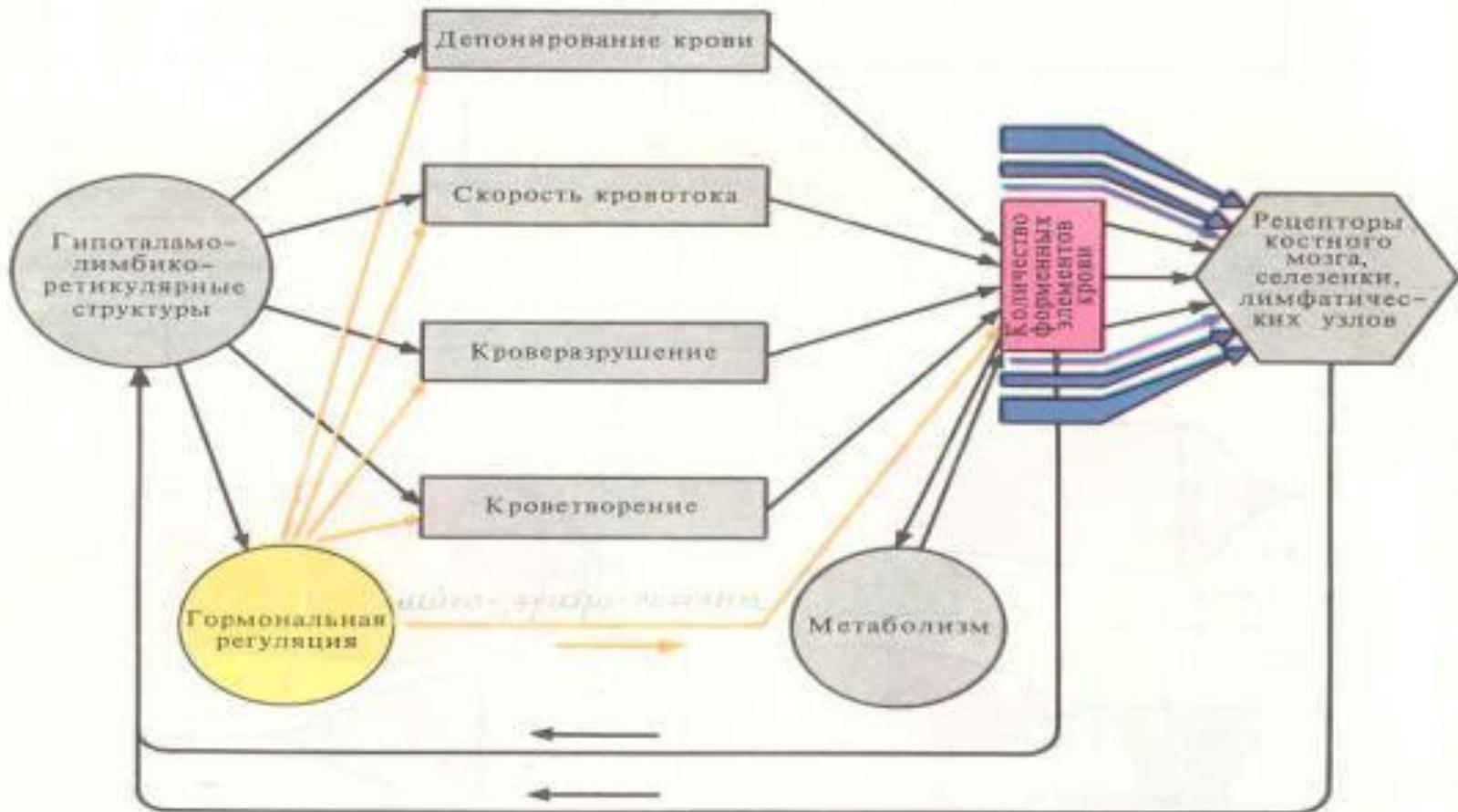
1. СТВОЛОВАЯ ГЕМОПОЭТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА
2. ПОЛИПОТЕНТНАЯ КЛЕТКА-ПРЕДШЕСТВЕННИК
3. НЕЗРЕЛАЯ БУРСТ-ОБРАЗУЮЩАЯ ЭРИТРОИДНАЯ КЛЕТКА
4. ЗРЕЛАЯ БУРСТ-ОБРАЗУЮЩАЯ КЛЕТКА
5. КОЛОНИИ-ОБРАЗУЮЩАЯ ЭРИТРОИДНАЯ КЛЕТКА
6. ПРОЭРИТРОБЛАСТ
7. БАЗОФИЛЬНЫЙ ЭРИТРОБЛАСТ
8. ПОЛИХРОМАТОФИЛЬНЫЙ ЭРИТРОБЛАСТ
9. ОКСИФИЛЬНЫЙ НОРМОБЛАСТ
10. РЕТИКУЛОЦИТ
11. НОРМОЦИТ

Изменение состава красной крови под влиянием различных факторов.



- 1.Сезонные и климатические факторы**
- 2.Нервно-психические факторы.**
- 3. Физическая нагрузка.**
- 4.Влияние парциального давления кислорода.**
- 5.Влияние менструаций и беременности.**

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА КРОВИ



ИММУНИТЕТ

- ИММУНИТЕТ - СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ВЕЩЕСТВ, НЕСУЩИХ НА СЕБЕ ПРИЗНАКИ ЧУЖЕРОДНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
- ИММУННАЯ СИСТЕМА - СОВОКУПНОСТЬ ЛИМФОИДНЫХ ОРГАНОВ, ТКАНЕЙ И КЛЕТОК, А ТАКЖЕ МАКРОФАГОВ И ОБРАЗУЕМЫХ ИМИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМЫ ИММУНИТЕТА
- ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКТИВНОСТЬ - СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЗМА К РАСПОЗНАВАНИЮ ЧУЖЕРОДНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЮ МЕХАНИЗМОВ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ

ВИДЫ ИММУНИТЕТА

- **1. По природе чужеродного фактора:**
 - Неинфекционный
 - Инфекционный
 - Паразитарный
- **2. По происхождению:**
 - Врожденный
 - Приобретенный (естественный или искусственный)
- **3. По механизмам:**
 - Гуморальный
 - Клеточный

Фазы иммунного ответа

- **Афферентная** – распознавание антигена , активация иммуннокомпетентных клеток
- **Центральная** – вовлечение клеток – предшественников, развитие и дифференцировка новых клеток защиты
- **Эфферентная** – разрушение чужеродного агента

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ИММУНИТЕТА

- **КОСТНЫЙ МОЗГ**

- Место созревания (антиген-независимой дифференцировки) В-лимфоцитов.
- Место созревания предшественников Т-лимфоцитов до стадии их миграции в тимус

- **ТИМУС**

- Место созревания (антиген-независимой дифференцировки) Т-лимфоцитов. Место позитивной и негативной селекции Т-лимфоцитов. Продукция и секреция гормонов, необходимых для созревания Т-лимфоцитов.

ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ОРГАНЫ ИММУНИТЕТА

- **СЕЛЕЗЕНКА**

- **Место сохранения резерва циркулирующих лимфоцитов, в том числе клеток памяти. Захват переработка и представление антигенов, попавших в кровяное русло. Распознавание антигена рецепторами Т- и В- лимфоцитов, их активация, пролиферация, дифференцировка, продукция иммуноглобулинов - антител, продукция цитокинов**

- **РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЛИМФОУЗЛЫ**

- **То же, что и в селезенке, но для антигенов, транспортируемых по лимфатическим путям**

Иммунолейкон – часть системы крови

система органов и тканей, в которой образуются и взаимодействуют друг с другом клетки - иммуноциты

ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫЕ КЛЕТКИ

- 1. Антигенпрезентирующие клетки
 - моноциты
 - макрофаги
 - эндотелиальные клетки
- 2. Регуляторные клетки
 - хелперы
 - супрессоры
 - контрсупрессоры
 - памяти
- 3. Эффекторы иммунного ответа
 - Т и В - киллеры
 - В-антителопродуценты
 - плазматические клетки

Лейкоциты

Общее количество: $4,5 - 9 \cdot 10^9 / л$

4500-9000 в 1 мкл

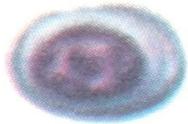
- 2 КЛАССА:

ГРАНУЛОЦИТЫ (нейтрофилы, базофилы, эозинофилы) и
АГРАНУЛОЦИТЫ (лимфоциты и моноциты)

- 4 ПУЛА ГРАНУЛОЦИТОВ:

- *костномозговой - 30%; зрелые клетки 3-4 дня*
- *циркулирующий* -
- *маргинальный* - *20%; 4 - 30 часов*
- *тканевой - 50%; 4-5 дней*
- **КАЖДЫЙ ЧАС $3 \cdot 10^9$ ГРАНУЛОЦИТОВ ВЫХОДИТ В КРОВЬ ИЗ КОСТНОГО МОЗГА И СТОЛЬКО ЖЕ ПЕРЕХОДИТ ИЗ КРОВИ В ТКАНИ**

ЛЕЙКОЦИТЫ
Агранулоциты

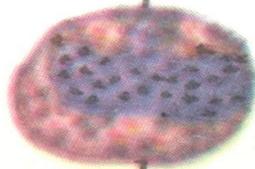
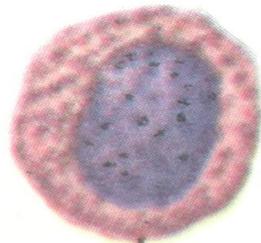


Лимфоциты

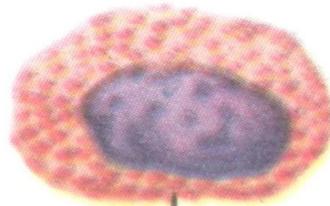


Моноциты

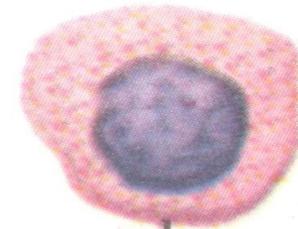
Гранулоциты



Базофилы



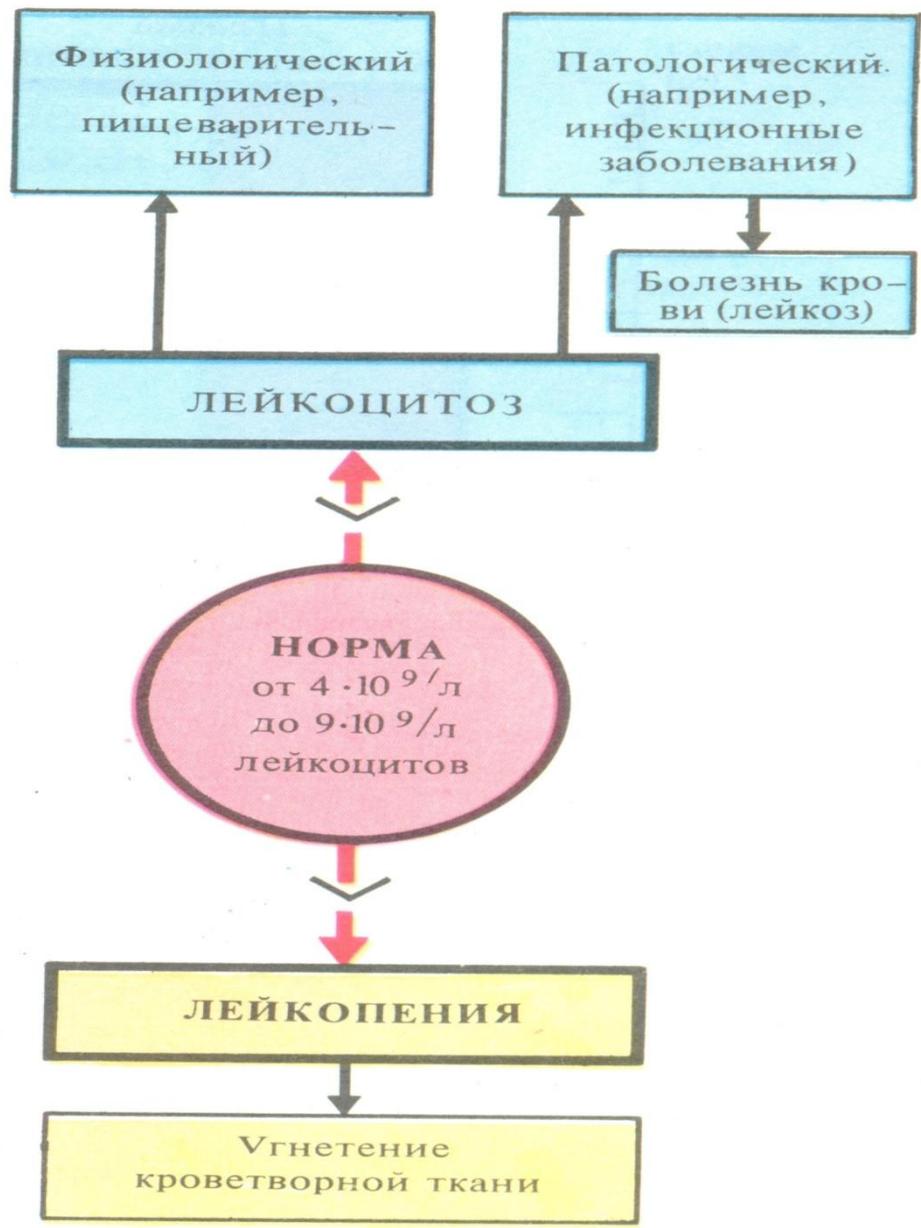
Эозинофилы



Нейтрофилы

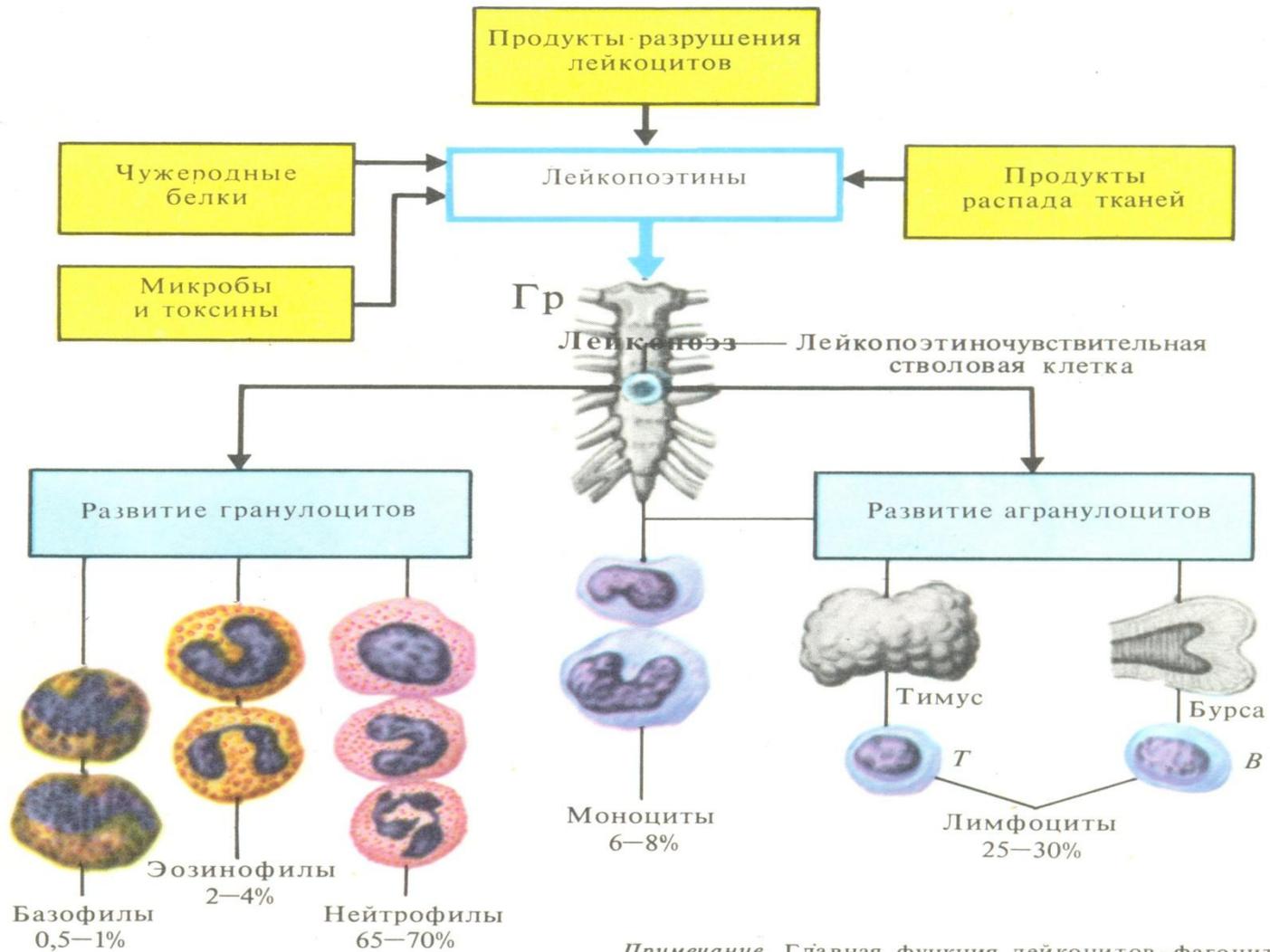
Изменения количества лейкоцитов

- **ЛЕЙКОЦИТОЗЫ:**
 - физиологические: пищевой, миогенный, эмоциональный, при беременности
 - патологические: при инфекциях и воспалении
- **ЛЕЙКОПЕНИИ:**
 - патологические при нарушениях лейкопоэза



ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЛЕЙКОЦИТОВ

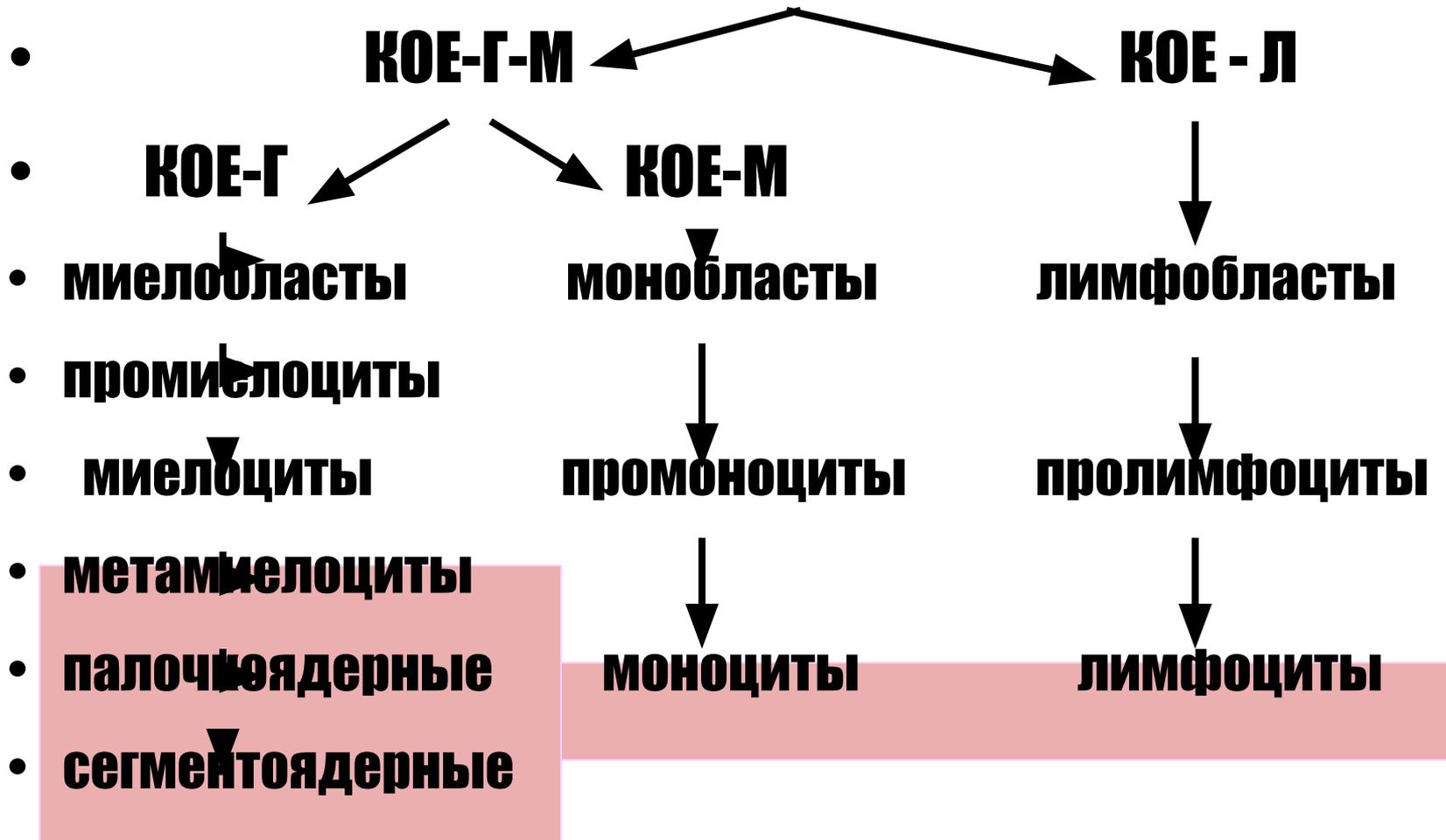
- 1. Пищеварительный лейкоцитоз
- 2. Изменения числа клеток при стрессе, болевом раздражении, наркозе
- 3. Изменения при беременности



Примечание. Главная функция лейкоцитов — фагоцитоз (клеточный иммунитет) и гуморальный иммунитет.

ЭТАПЫ ЛЕЙКОПОЭЗА

- **СТВОЛОВАЯ ПОЛИПОТЕНТНАЯ КЛЕТКА**



РЕГУЛЯЦИЯ ЛЕЙКОПОЭЗА

- СТИМУЛЯТОРЫ

- (ИЗ МОНОЦИТОВ, МАКРОФАГОВ, ЛИМФОЦИТОВ)
- КСФ - ГМ
- КСФ - Г
- КСФ - М

- ИНГИБИТОРЫ

- КЕЙЛОНЫ
- ЛАКТОФЕРРИН
- ПРОСТАГЛАНДИНЫ
- ИНТЕРФЕРОНЫ

Лейкоцитарная формула

(Процентное соотношение разных видов лейкоцитов)

$$\text{и.я.с.} = (\text{м} + \text{ю} + \text{п/я}) : \text{с/я}; \text{N} - 0,04 - 0,1$$

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


СДВИГ ВЛЕВО

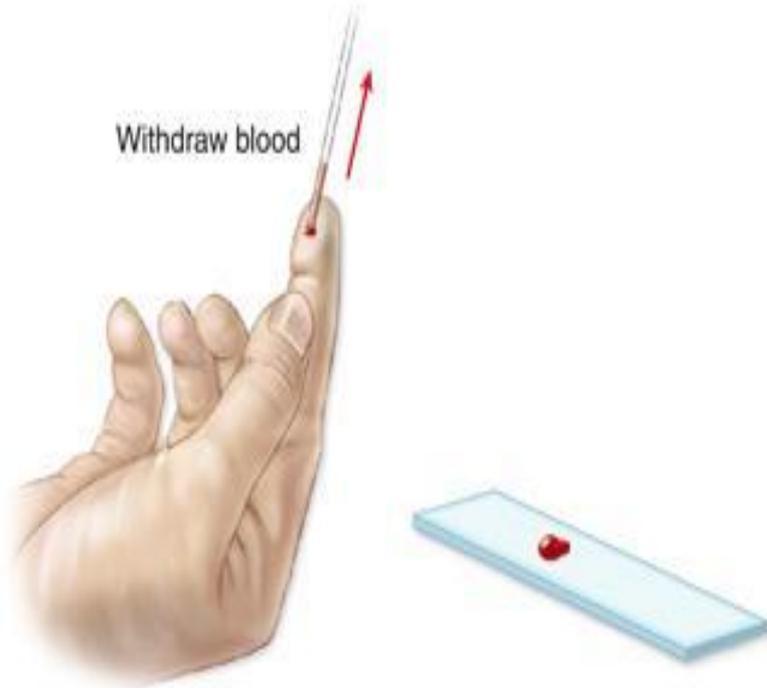

СДВИГ ВПРАВО

Сдвиг влево

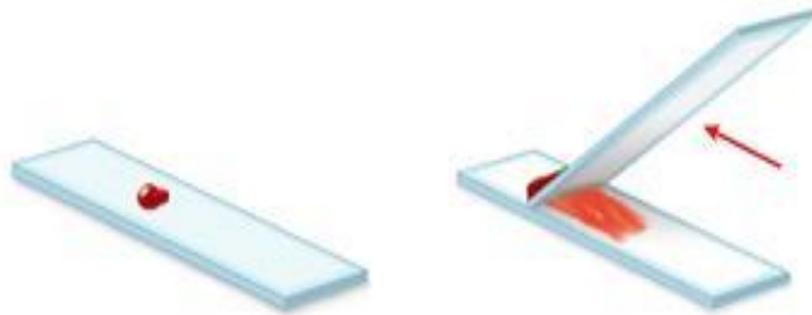
- Регенеративный
- Гиперреактивный
- С лейкоэмическим провалом

• Определение лейкоцитарной формулы

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

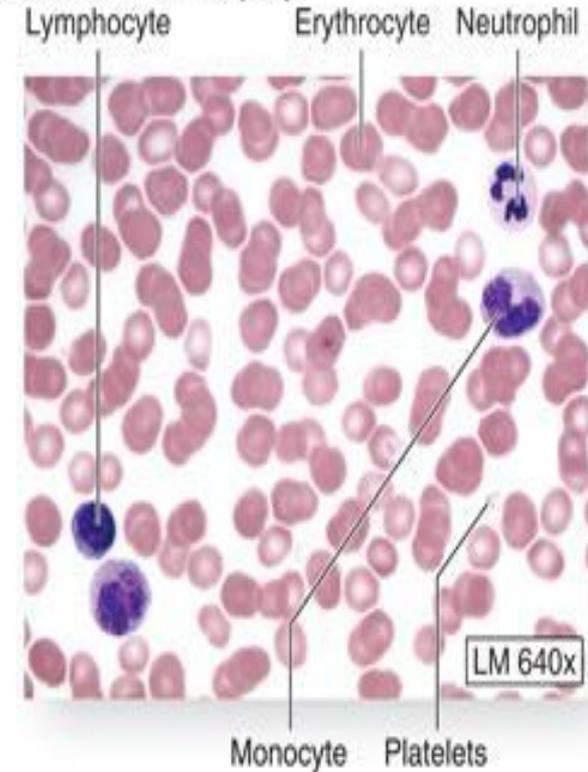


① Prick finger and collect a small amount of blood.



② Place a drop of blood on a slide.

③ Using a second slide, pull the drop of blood across the slide surface, leaving a thin layer of blood on the slide. After the blood dries, apply a stain for contrast. Place a coverslip on top.



④ When viewed under the microscope, blood smear reveals the components of the formed elements.

Функции лейкоцитов

• *Нейтрофилы*

- **Фагоцитоз и защита от инфекции**
- **Стимуляция регенерации тканей**
- **Транспорт биологически активных веществ и антител**
- **Регуляция проницаемости гистогематических барьеров**

• *Базофилы*

- **Поддержание кровотока в мелких сосудах и питания тканей**
- **Поддержание роста новых капилляров**
- **Обеспечение миграции других лейкоцитов**
- **Фагоцитоз и защита от инфекции**
- **Участие в аллергических реакциях**
- **Активация агрегации тромбоцитов**

Функции лейкоцитов

• *Эозинофилы*

- **Защита организма от паразитарной инфекции гельминтами**
- **Нейтрализация медиаторов аллергической реакции и подавление их секреции**
- **Подавление агрегации тромбоцитов**
- **Фагоцитоз и бактерицидное действие**

• *Моноциты*

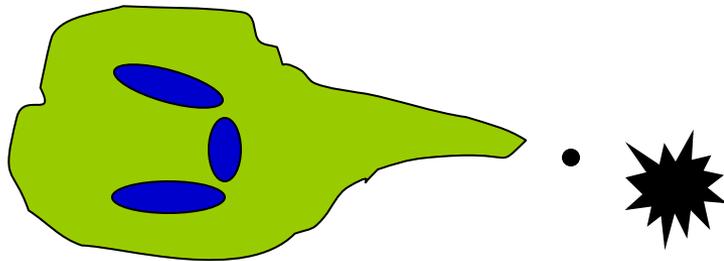
- **Участие в иммунном ответе и воспалении**
- **Активация регенерации тканей**
- **Участие в противоопухолевой защите**
- **Регуляция гемопозза**
- **Фагоцитоз микроорганизмов и старых клеток, противопаразитарная защита**
- **Стимуляция центра терморегуляции**

Функции лейкоцитов

Лимфоциты

- **Обеспечение клеточного и гуморального иммунитета**
- **Участие в регуляции гемопоэза**
- **Участие в регуляции хемотаксиса и активности фагоцитов**

ФАГОЦИТОЗ

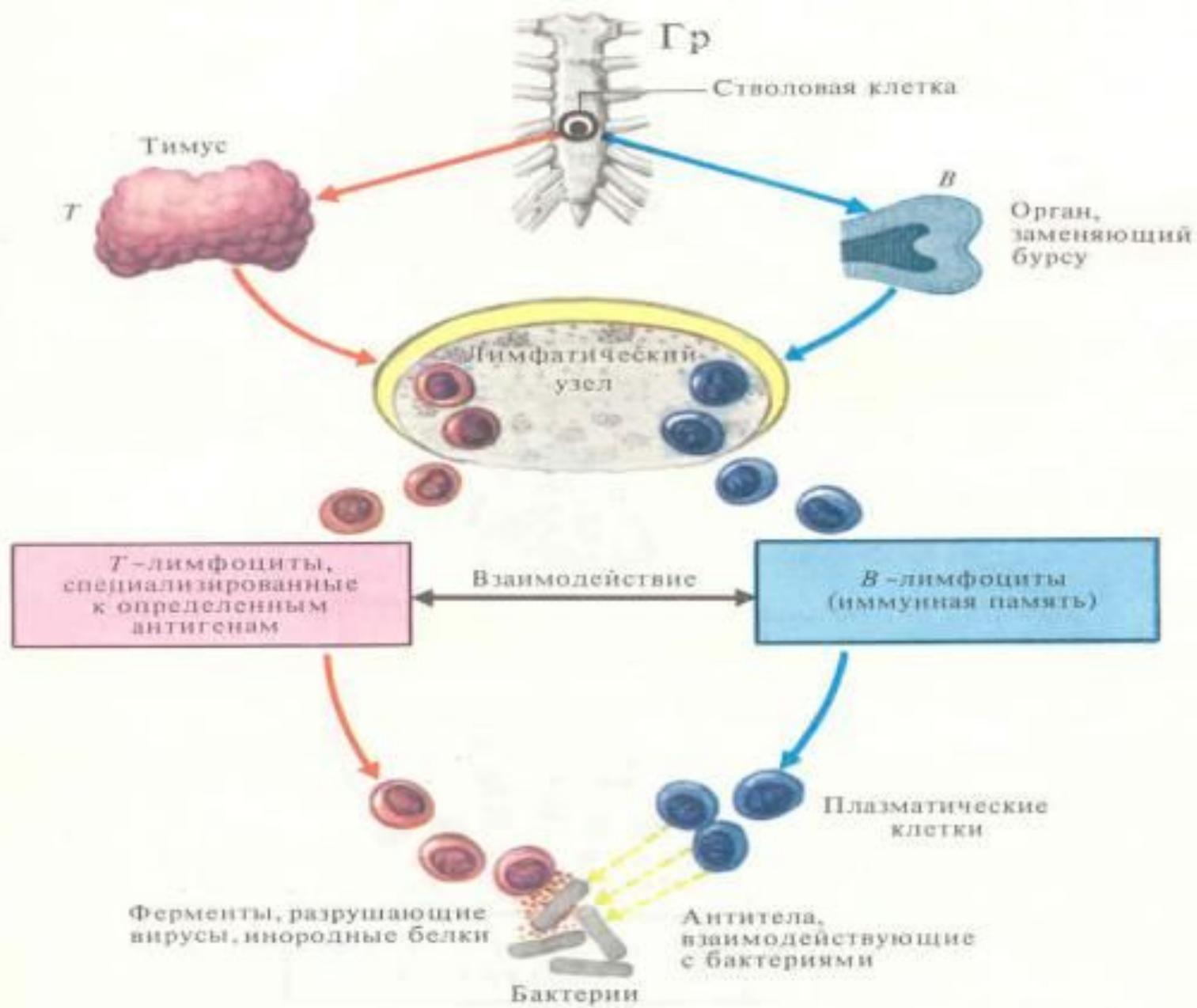


Фактор хемотаксиса

- **ФАЗЫ ФАГОЦИТОЗА**
- **1. Хемотаксис или движение к объекту**
- **2. Аттракция или прилипание к объекту**
- **3. Поглощение объекта, образование фагосомы**
- **4. Образование фаголизосомы, лизис или переваривание объекта**

ФАКТОРЫ ХЕМОТАКСИСА ЛЕЙКОЦИТОВ





Виды лимфоцитов

- Т-клетки
- В-клетки
- О-клетки

- - ХЕЛПЕРЫ
(Т-Т и Т-В)
- - АМПЛИФАЙЕРЫ
- - ЭФФЕКТОРЫ
(КИЛЛЕРЫ)
- - ПАМЯТИ
- - СУПРЕССОРЫ
(Т-Т и Т-В)
- - КОНТРСУПРЕССОРЫ
- - Т-ДИФФЕРЕНЦИР.

- - ЭФФЕКТОРЫ
(АНТИТЕЛО-
ПРОДУЦЕНТЫ,
КИЛЛЕРЫ)
- -ХЕЛПЕРЫ
- - ПАМЯТИ
- - СУПРЕССОРЫ

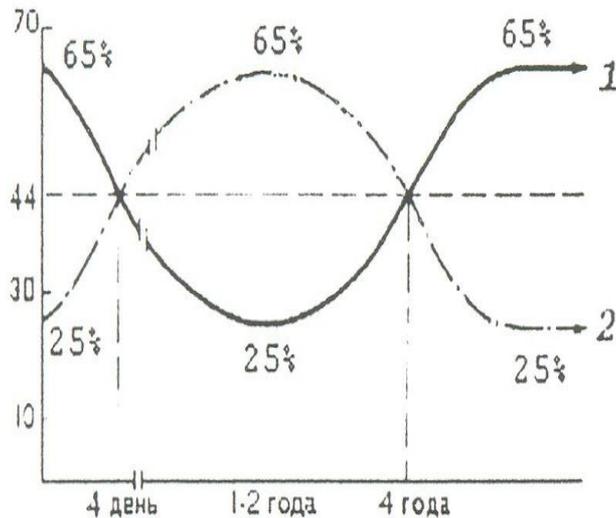
Натуральные
киллеры

Возрастные изменения лейкоцитарной формулы

- У новорожденных содержание **нейтрофильных гранулоцитов [НГ]** и **лимфоцитов [Лц]** такое же, как у взрослых (соответственно в среднем 65 и 25%), однако с первых дней жизни доля НГ начинает быстро убывать, а Лц - расти. Примерно к 4 сут (3-7 день после рождения) оба числа уравниваются - *"первый физиологический перекрест лейкоцитов"*. Доля Лц и далее продолжает повышаться, НГ - снижаться, постепенно выявляется картина *обратного соотношения (по отношению к картине крови новорожденного и взрослого)* между содержанием НГ (25%) и Лц (65%). К концу 2 года содержание Лц начинает уменьшаться, а НГ, напротив, расти. Это приводит к повторному равновесию между содержанием Лц и НГ примерно к 3-5 году - *"второй физиологический перекрест"*. Впоследствии процент Лц продолжает снижаться, а НГ - возрастать

Возрастная динамика белой крови

К периоду половой зрелости лейкоцитарная формула ребенка становится такая же как у взрослого.



Возрастная динамика белой крови: процентное содержание нейтрофилов (1) и лимфоцитов (2).