

ФИЗИОЛОГИЯ

Лекция № 2

- ФИЗИОЛОГИЯ ЭРИТРОЦИТОВ.
- ЗАЩИТНЫЕ ФУНКЦИИ КРОВИ.





План лекции

1. Структурно-функциональная характеристика эритрона. Группы крови.
2. Структурно-функциональная характеристика лейкона.
3. Защитные функции крови. Внутренняя среда и механизмы защиты клеточного гомеостазиса.

● ● ● Эритроциты – самые многочисленные элементы крови. Это скорее не клетки, а постклеточные структуры потому, что у человека и других млекопитающих они не имеют: ядра, митохондрий, белоксинтетической системы.

Эритроциты-красные кровяные тельца



- Место образования – красный костный мозг
- Количество в 1 мм^3 крови – 5 млн.
- Строение, состав – форма двояковогнутого диска, в зрелом состоянии не имеет ядер, содержит белок гемоглобин
- Функция – обеспечивает транспорт газов (O_2 и CO_2)
- Место разрушения – печень и селезёнка

Функциональная система, обеспечивающая необходимое количество эритроцитов в 1 л крови, называется **эритрон**.

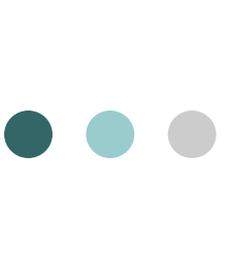


КПР существования системы: необходимое количество эритроцитов в 1 л крови

Количество эритроцитов

У мужчин – $4,5-5,5 \cdot 10^{12}/л$

У женщин – $3,7-4,7 \cdot 10^{12}/л$



Количественные изменения эритроцитов могут носить физиологический (компенсаторный) характер или патологический характер и могут проявляться как увеличением их числа, так и уменьшением.

Состояние, которое характеризуется увеличением количества эритроцитов в периферической крови, называется **эритроцитозом**.

В соответствии с механизмом развития этого состояния различают:

- 1) *относительный эритроцитоз*
- 2) *абсолютный эритроцитоз.*

Относительный эритроцитоз происходит без активации эритропоэза, за счет уменьшения объема плазмы крови (т.е. сгущения крови):

- 1) при длительной физической нагрузке,
- 2) при ожогах, когда возникает выраженная потеря плазмы через раневую поверхность,
- 3) при неукротимой диарее и рвоте, сопровождающих кишечные инфекции,
- 4) при токсикозе беременности.

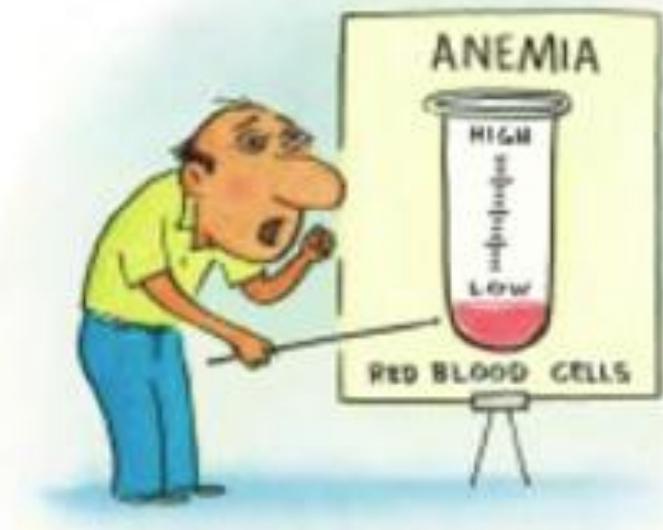
Абсолютный эритроцитоз – состояние,

характеризующееся увеличением количества эритроцитов в периферической крови в случае активации эритропоэза.

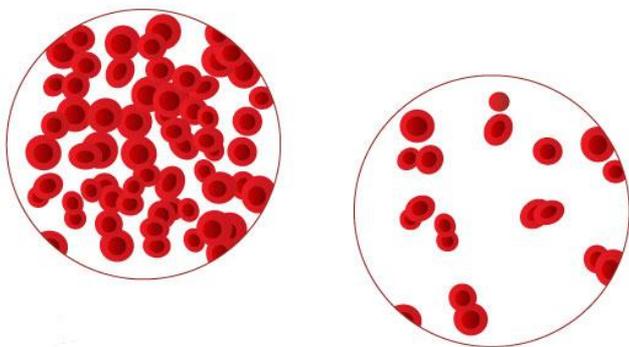
Может быть 2х видов:

- ▣ **Компенсаторный эритроцитоз**, обеспечивающий развитие компенсаторно-приспособительных реакций в условиях патологии – при сердечной недостаточности; здорового организма – у жителей высокогорных районов, находящихся в состоянии постоянной гипоксии.
- ▣ **Патологический эритроцитоз**, не обеспечивающий приспособительных реакций. Имеет место при поражении:
 - красного костного мозга;
 - почек, надпочечников, гипофиза. Этот вид эритроцитоза возникает в результате гиперпродукции гуморальных стимуляторов эритропоэза.

Эритропения (анемия) – состояние, характеризующееся уменьшением количества эритроцитов крови. В соответствии с механизмами развития эритропении также могут носить относительный и абсолютный характер.



Anemia



Относительная эритропения

обусловлена увеличением поступления жидкости в организм (разжижение крови), что приводит к уменьшению количества эритроцитов в единице объема крови без угнетения эритропоэза.

Абсолютная эритропения –

носит исключительно патологический характер и может быть вызвана различными патогенетическими факторами: угнетением эритропоэза вследствие аплазии костного мозга, усилением разрушения эритроцитов, хроническими кровопотерями.

● ● ● | **Функции эритроцитов** можно разделить на 2 основные группы:

ФУНКЦИИ
ЭРИТРОЦИТОВ

I. ТРАНСПОРТНАЯ

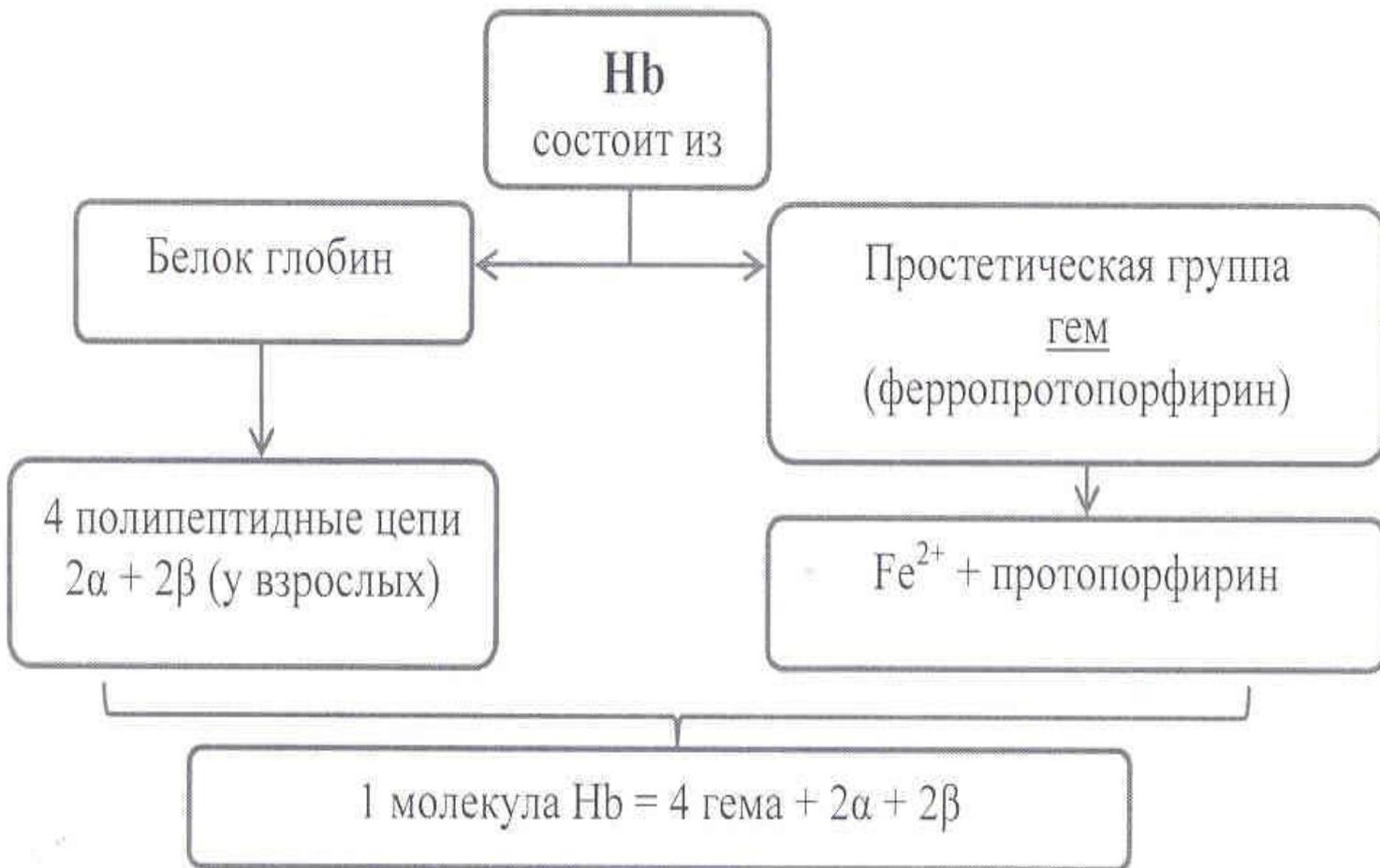
- 1) дыхательная
(транспорт O_2 и CO_2);
- 2) регуляторная
(регуляция КОС)

II. ЗАЩИТНАЯ

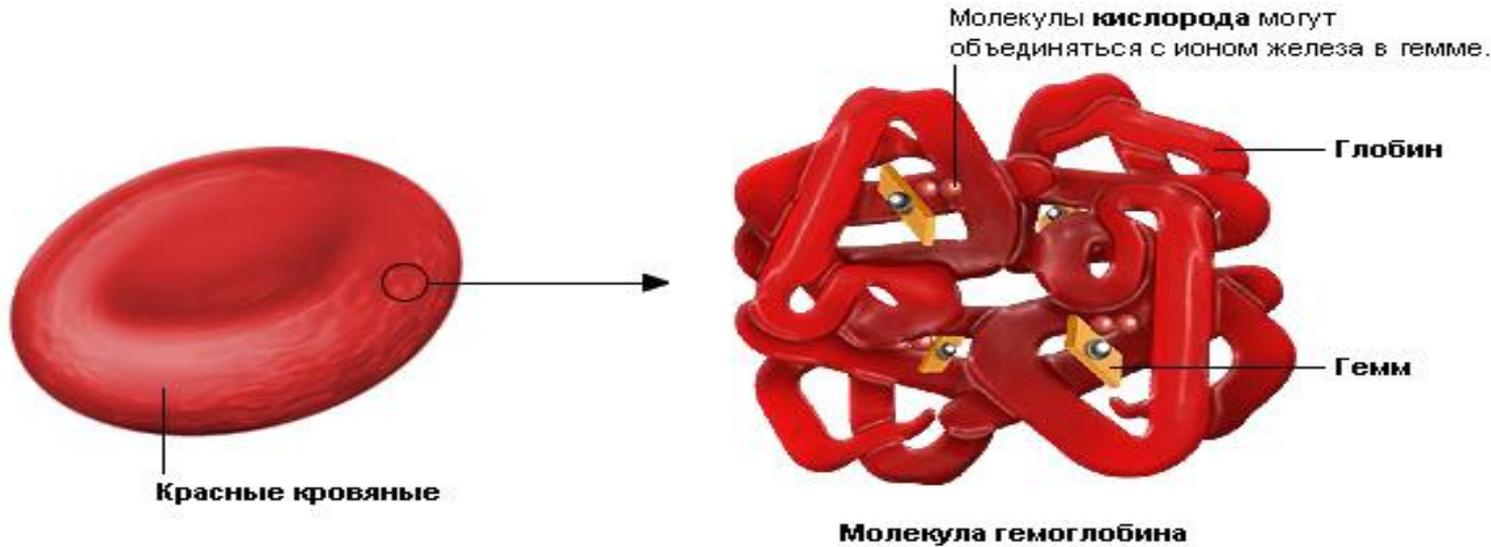
1) участие в процессе регуляции агрегатного состояния крови – содержат 10 из 11 тромбоцитарных факторов. Их вклад в систему гемостаза сравним с тромбоцитами

2) участие в иммунологических реакциях организма, что обусловлено наличием на мембране эритроцита специфических гликопротеидов (антигенов) – групповых агглютиногенов

Гемоглобин – сложный белок, который относится к классу хромопротеидов (гемопротеидов). Концентрация гемоглобина в периферической крови взрослых здоровых лиц составляет: **у мужчин – 140-160 г/л, у женщин – 120-140 г/л.**



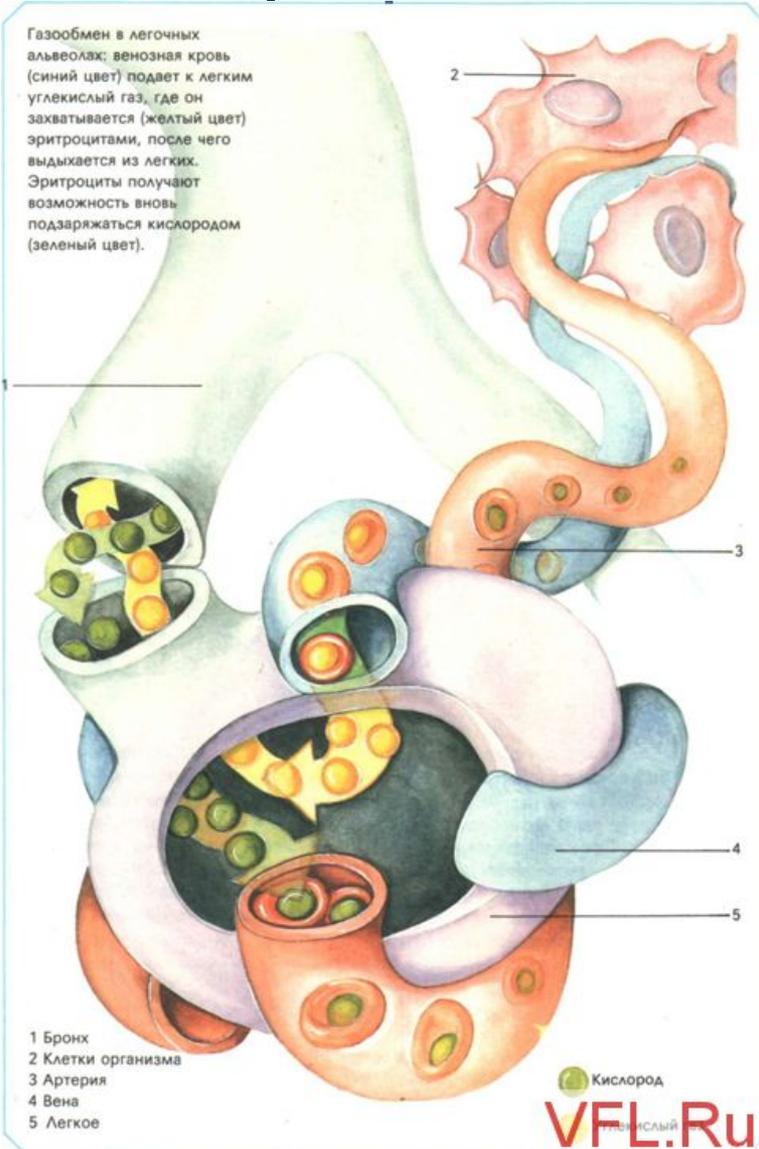
В теле человека в среднем содержится 25 миллиардов красных кровяных телец, или эритроцитов. У этих клеток нет ядра, они могут растягиваться и деформироваться, что помогает им проходить по самым узким кровеносным сосудам. Каждая красная кровяная клетка содержит около 250 миллионов молекул гемоглобина (вещество, которое состоит из белка (глобин) и четырех пигментов геммы). Гемоглобин играет важную роль в газообмене: он переносит кислород и углекислый газ. В каждом гемме содержится ион железа, который окисляется и придает крови, насыщенной кислородом, красный цвет.



Гемоглобин человека имеет несколько различных типов.

В первые 7-12 недель внутриутробного развития гемоглобин плода представлен примитивным гемоглобином **HbP**. На 9-й неделе он заменяется фетальным гемоглобином (**HbF**). Его особенность: вместо β -цепей он содержит γ -цепи, отличающиеся по аминокислотной последовательности так, что этот Hb имеет большее сродство к кислороду и насыщается при меньшем напряжении O_2 . Перед рождением появляется **HbA** (от англ. *adult* - взрослый), который в течение первого года жизни полностью вытесняет HbF.

Гемоглобин с легкостью присоединяет газы. В циркулирующей крови он может присутствовать в виде различных соединений.



1. Физиологические соединения Hb.

1) Каждая молекула гемоглобина может обратимо присоединить 4 молекулы O_2 (по количеству атомов Fe). Гемоглобин, связанный с O_2 – оксигемоглобин. Сродство Hb к O_2 регулируется 2,3-дифосфоглицератом, который является побочным продуктом гликолиза в эритроците.

2) Гемоглобин, отдавший кислород является восстановленным (обозначается Hb) и называется дезоксигемоглобин.

3) Концевые аминокислоты (не Fe!!!) присоединяют CO_2 . Такой гемоглобин обозначается $HbCO_2$ и называется карбгемоглобином.



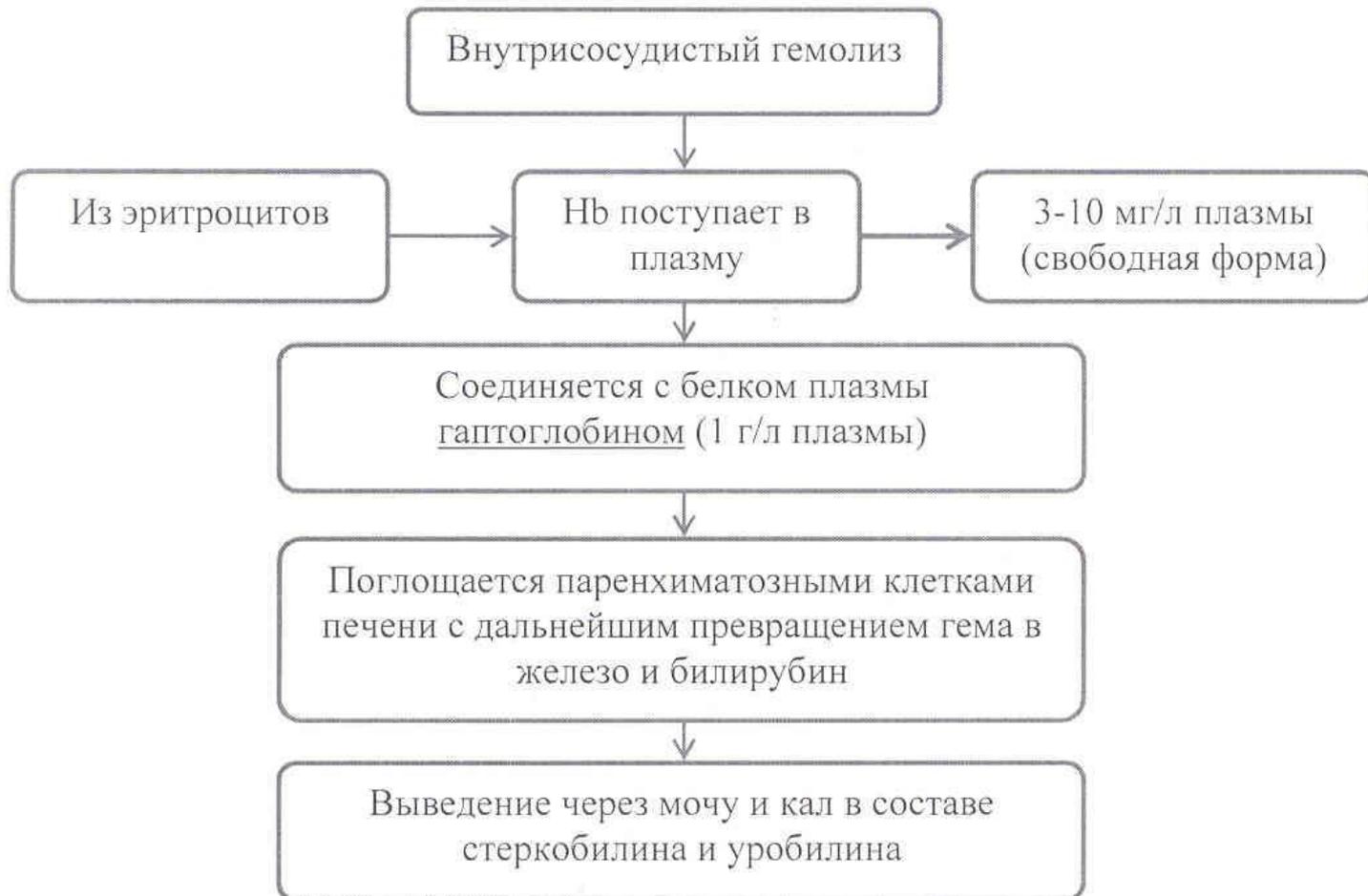
II. Патологические соединения Hb

Некоторые газы имеют большее сродство к железу, чем O_2 (например, угарный газ CO более, чем в 300 раз). Поэтому, при концентрации CO во вдыхаемом воздухе всего 0,1 %, 80 % Hb оказывается связанным с этим газом. Соединение, которое образуется **HbCO** называется **карбоксигемоглобином**. Это соединение более устойчиво, чем HbO_2 , поэтому гемоглобин теряет способность присоединять кислород, что ведет к гипоксии. Однако эта реакция обратима и при увеличении напряжения кислорода (например, при вдыхании чистого кислорода), он вытесняет CO из карбоксигемоглобина.

Некоторые сильные окислители, как то - перманганат калия, - оксиды азота, нитробензол, феррицианид (цианистый калий) и др. вызывают в молекуле Hb окислительную реакцию $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$. Образующееся при этом соединение называют **метгемоглобин (MetHb)**. Это соединение не способно связывать O_2 .

Регуляция количества эритроцитов (эритропоэза)

Основным фактором, регулирующим образование и созревание эритроцитов в красном костном мозге, является гормон **эритропоэтин**. Он синтезируется ЮГА нефронов в ответ на уменьшение количества эритроцитов и гипоксию и в условиях активации симпато-адреналовой системы.



Путем внутриклеточного гемолиза в сутки разрушается 6-7 г Hb. Белковая часть молекулы подвергается протеолизу, а из гема образуется билирубин и железо.



В начале прошлого века (1901-1903) Карл Ландштейнер и Ян Янский установили существование на поверхности эритроцитов человека особых антигенов – агглютиногенов.

Групповые антигены – это изоиммунные антигены, они передаются по наследству и не изменяются в течение жизни. Существует 2 вида агглютиногенов: А и В.

	I	II	III	IV
	0	A	B	AB
0 $\alpha\beta$				
A β				
B α				
AB				

Антигены – это высокомолекулярные белки, которые несут генетически чужеродную информацию, а значит в организме, для которого они чужеродные, они вызывают специфический иммунный ответ – образование антител (Ig). В случае групповых антигенов (агглютиногенов) антитела к ним носят название агглютинины.

Существуют 2 вида агглютининов: α и β (сколько агглютиногенов, столько и агглютининов)

Варианты групп крови в системе АВО:
 0 (α,β) I A (β) II B (α) III AB (0) IV

При взаимодействии антигена с антителом развивается иммунная реакция → **агглютинация** – склеивание эритроцитов, в следствие чего развивается **внутрисосудистый гемолиз**

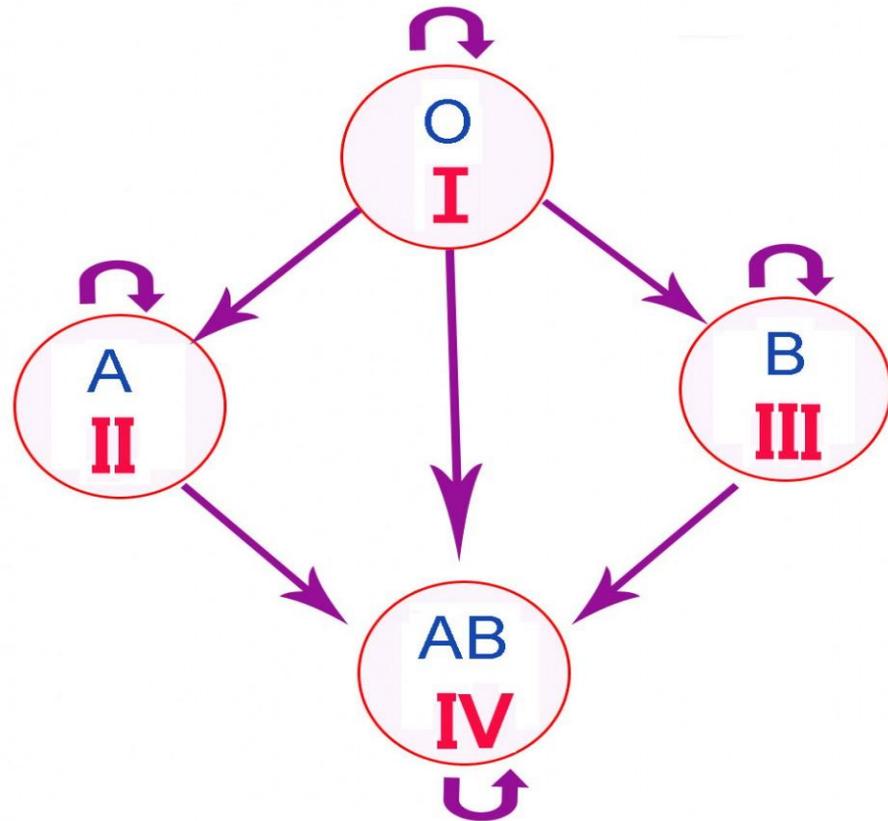


Схема переливания групп крови

Последствия переливания несовместимой группы крови:

- 1) Резкое сужение почечных капилляров – токсическое действие соединений из гемолизированных эритроцитов;
- 2) Снижение количества циркулирующих эритроцитов → циркуляторный шок: ↓ артериального давления, ↓ почечного кровотока, олигоурия;
- 3) Нв из лизированных эритроцитов преципитирует в почечных канальцах и блокирует их → острая почечная недостаточность → смерть

Существует другой вид агглютиногенов на поверхности эритроцитов, который формирует **СИСТЕМУ РЕЗУС**. Эта система образована всего одним геном, который существует в 6 модификациях: *CDE cde*.

Резус-фактор – особый белок (агглютиноген), обнаружен в крови человека и макака-резусов, 1940 год

Rh +

Резус- положительная кровь содержит этот белок
85 % людей на планете

Rh –

Резус – отрицательная кровь
не содержит этот белок
15 % людей на планете

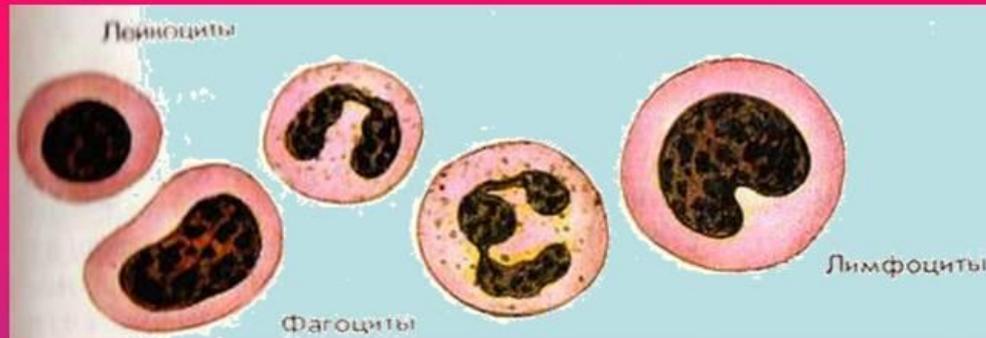
Rh+ определяется в 4 комбинациях, где есть антиген **D**, обладающий наибольшей агглютинабельностью!:

CDE, CDe, cDE, cDe

*На присутствие Rh+ эритроцитов в крови Rh- реципиента вырабатываются антитела – агглютинины, которые способны вызвать реакцию агглютинации, которая лежит в основе **резус-конфликта** матери и плода!*

Лейкоциты обладают многообразными функциями, но в конечном итоге они сводятся к поддержанию в организме генетического гомеостаза. ФУС, обеспечивающая нужное количество лейкоцитов в 1 л крови, называется «**Лейкон**».

Лейкоциты – белые кровяные клетки



- Место образования – красный костный мозг, лимфатические узлы, селезёнка
- Количество в 1 мм³ крови – 6 -8 тыс.
- Строение, состав – амёбовидная форма, имеет ядро
- Функция – защитная
- Место разрушения – печень, селезёнка

ЛЕЙКОН – совокупность всех лейкоцитов организма, органов лейкопоза и лейкодиареза и нейрогуморальных механизмов регуляции необходимого количественного и качественного состава лейкоцитов. Количество лейкоцитов в крови взрослого здорового человека натошак составляет **4,0 – 9,0 · 10⁹/л.**





Увеличение количества лейкоцитов называется **лейкоцитозом**. Он может быть физиологическим и реактивным.

Физиологический (перераспределительный)

лейкоцитоз связан с естественными потребностями организма и вызывается перераспределением лейкоцитов без изменения их общей массы (т.е. выходом из депо уже имеющихся лейкоцитов): после приема пищи – пищевой; после тяжелой физической работы – миогенный; эмоциональный; ассоциированный с болью; лейкоцитоз беременных.

Реактивный (истинный) лейкоцитоз развивается за счет острой воспалительной реакции в результате стимуляции лейкопоэза и характеризуется увеличением общей массы лейкоцитов.

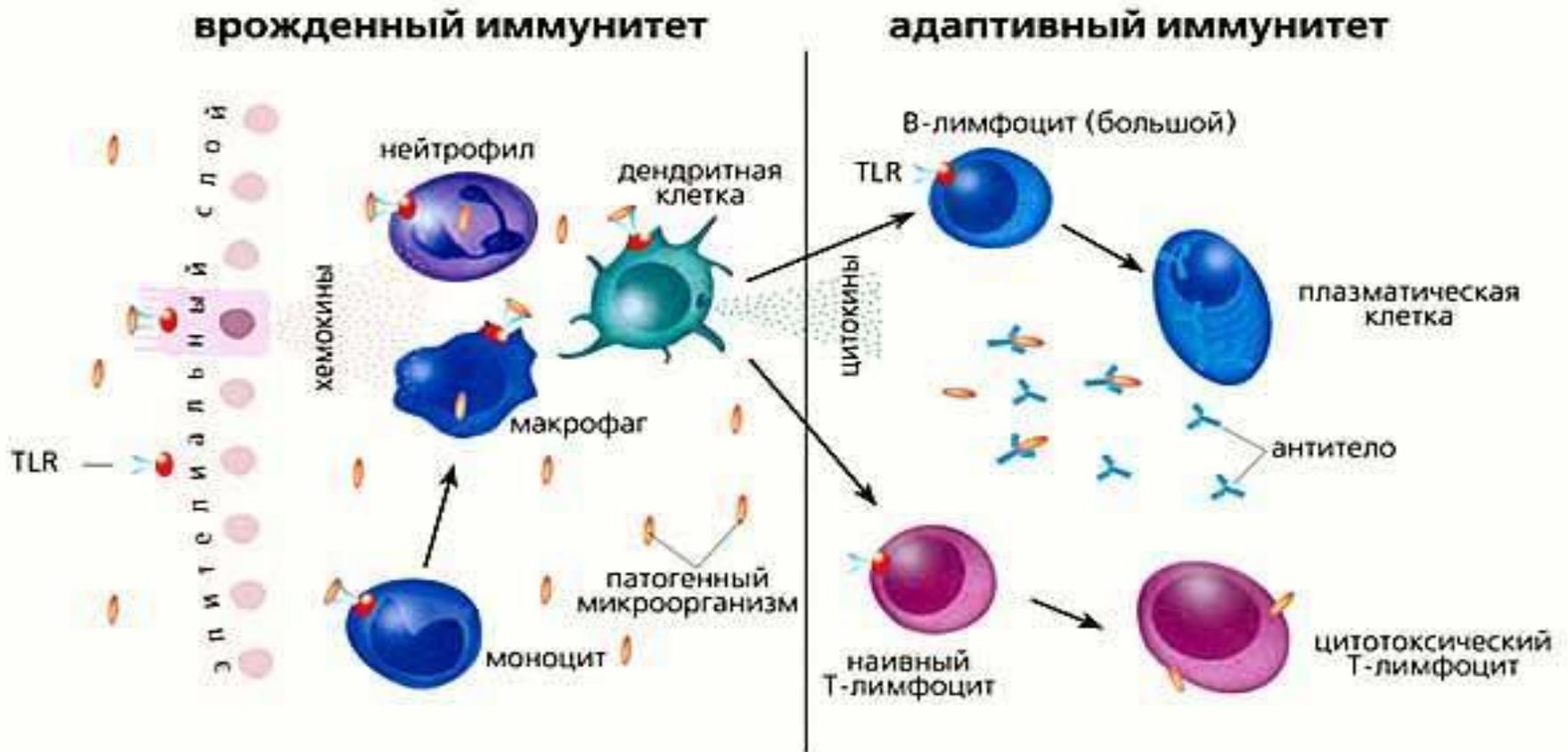
Процентное содержание различных видов лейкоцитов называется **лейкоцитарной формулой**

Периферическая кровь взрослого здорового человека после окраски смесью основных и кислых красителей:

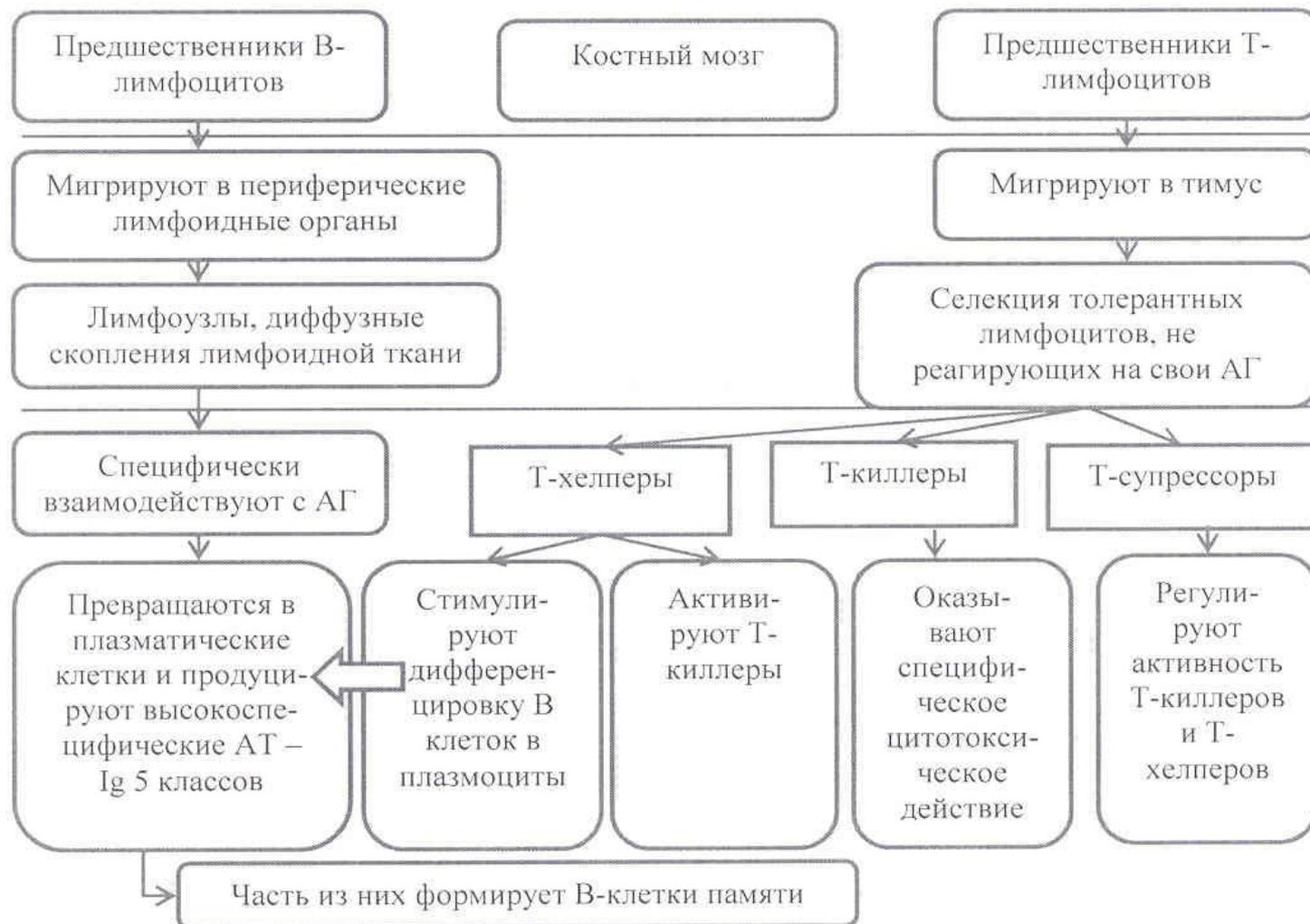
Гранулоциты		Агранулоциты	
нейтрофильные		моноциты	3-12 %
палочкоядерные	1-6 %	лимфоциты	19-37%
сегментоядерные	47-72 %		
эозинофильные	0,5-5 %		
базофильные	0-1 %		

Все лейкоциты способны к амебоидному движению, благодаря чему могут мигрировать через стенку кровеносных сосудов. Этот процесс называется диapedез. Также лейкоциты обладают положительным хемотаксисом по отношению к бактериальным токсинам и продуктам распада собственных клеток организма.

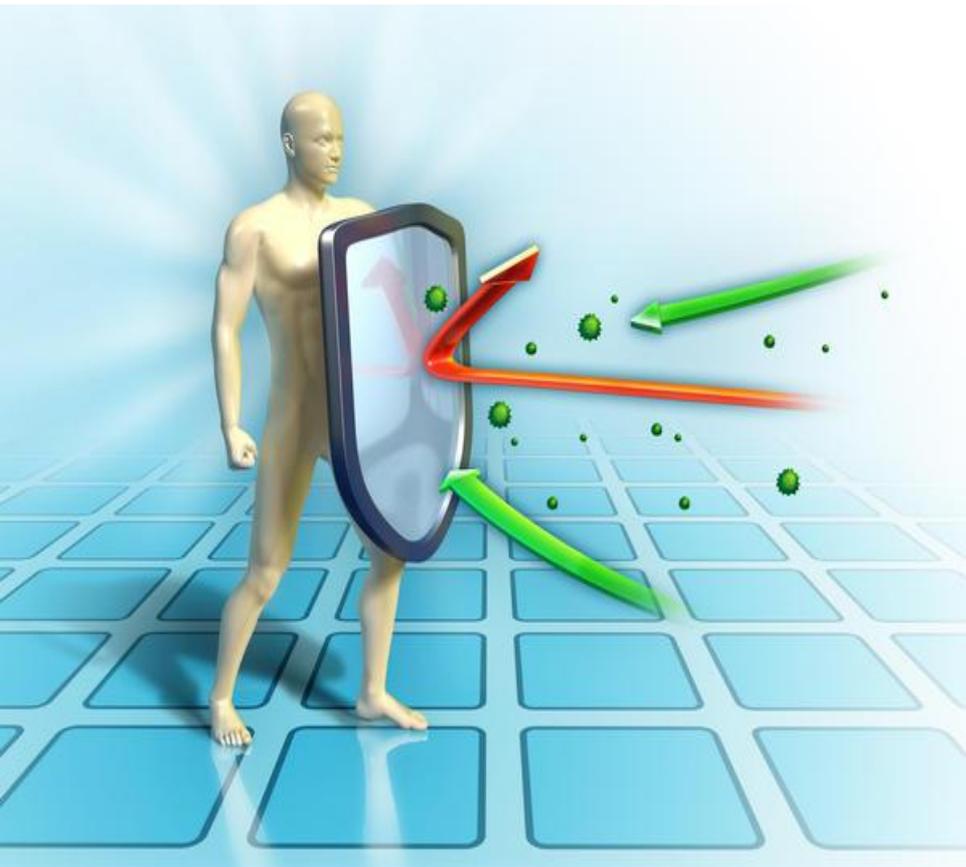
● ● ● Все гранулоциты и макрофаги обеспечивают **неспецифический (врожденный) иммунитет**, т.е. действуют неспецифически на любые объекты, несущие генетически чужеродную информацию.



Лимфоциты - клетки, которые обеспечивают высоко специфические реакции клеточного и гуморального иммунитета, специфически распознавая чужеродные антигены. Лимфоциты образуются в костном мозге, из которого выходят незрелыми клетками.



Наш организм имеет 3 степени защиты:



1. **Естественные барьеры:** кожа, секреты, слизистые обладают антибактериальным и бактерицидным действием.
2. Гранулоциты и макрофаги вместе с системой комплемента формируют второй уровень защиты – **неспецифический врожденный иммунитет.**
3. Т-лимфоциты и В-лимфоциты (с Ig) формируют соответственно клеточное и гуморальное звено 3-й, самой высокой степени защиты – **высоко специфический приобретенный иммунитет.**



Спасибо за внимание!