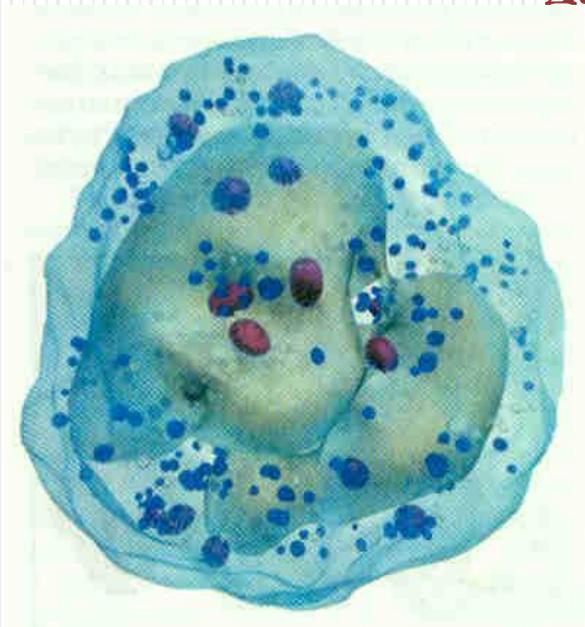


Гомельский государственный медицинский  
университет  
Кафедра нормальной физиологии

# Физиология крови

## Лекция 2

для студентов 2 курса

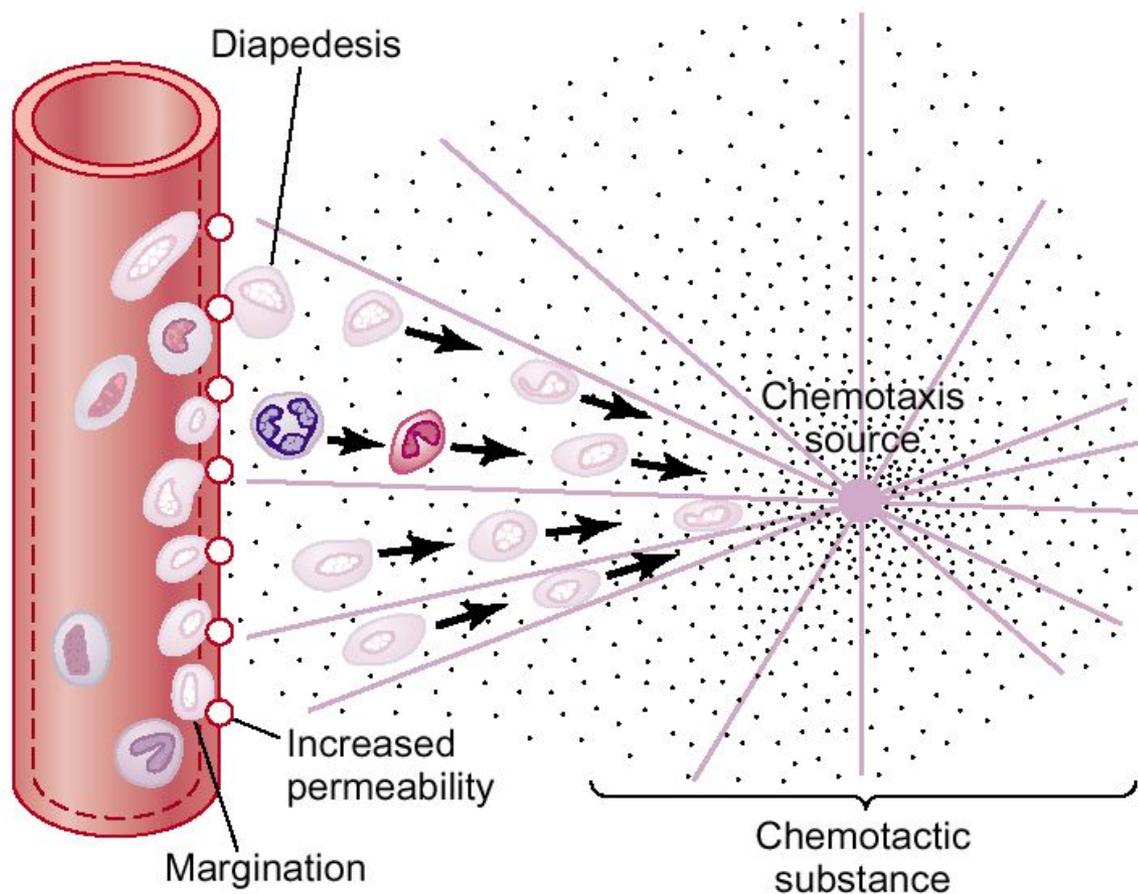


Старший преподаватель к.  
б.н. Мельник С.Н

# **ПЛАН**

- 1. Лейкоциты, их классификация, свойства и функции.**
- 2. Группы крови. Резус-фактор.**
- 3. Регуляция системы крови.**

# Диapedез и хемотаксис



## Функции лейкоцитов

- Основная функция лейкоцитов — **защитная** — обеспечение неспецифической резистентности, специфического гуморального и клеточного иммунитета. Лейкоциты формируют мощный кровяной и тканевый барьеры против микробной, вирусной и паразитарной инфекции.
- 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.



Циркулируют в крови до 70 часов, затем мигрируют в ткани, где дифференцируются в тканевые **макрофаги**. В этом виде они могут жить месяцами.

Появляются в очаге поражения после нейтрофилов. Завершают процесс фагоцитоза в очагах воспаления, фагоцитируют микроорганизмы, погибшие лейкоциты, собственные поврежденные клетки ткани. Таким образом, они очищают очаг поражения. Способствуют регенерации. В отличие от нейтрофилов, после фагоцитоза не погибают.

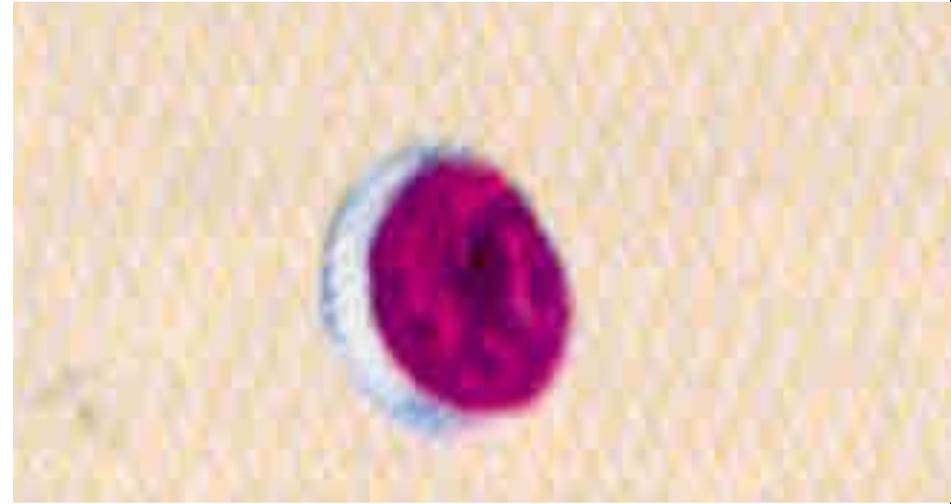
# Функции моноцитов:

- 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.



В организме осуществляется постоянная циркуляция лимфоцитов через ткань. Они поступают в систему кровообращения постоянно в процессе дренирования лимфы из лимфатических узлов. Несколько часов спустя они поступают обратно в ткани посредством диапедеза и затем снова и снова возвращаются с лимфой в кровь. Продолжительность жизни лимфоцитов составляет месяцы и даже годы.

## 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.

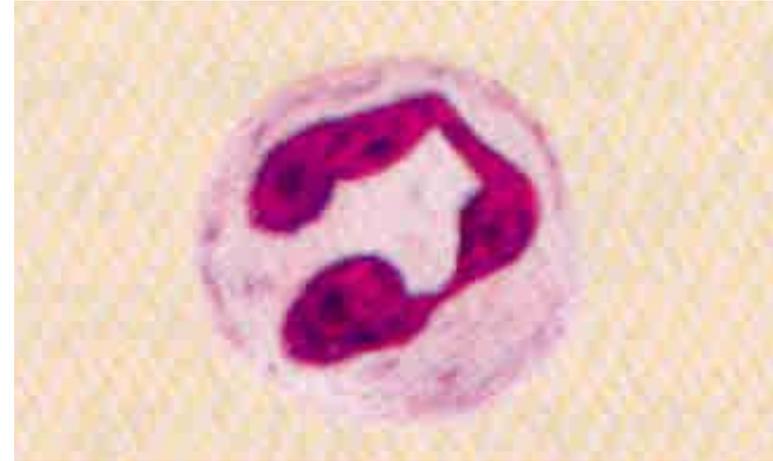
**В-лимфоциты** (обеспечивают гуморальный иммунитет). Дифференцируются в костном мозге, селезенке, миндалинах, лимфатических узлах, пейеровых бляшках кишечника, червеобразном отростке. В-лимфоциты при стимуляции превращаются в *плазматические клетки*, синтезирующие специфические антитела, которые связывают и нейтрализуют антигены, подготавливая их к фагоцитозу. Часть активированных В-лимфоцитов превращается в клетки памяти.

Выделяют также 3-ю популяцию лимфоцитов — **естественные (натуральные) киллеры (NK-клетки)**, обеспечивающие противовирусный и противоопухолевый иммунитет. Эти клетки составляют около 5–10% всех циркулирующих лимфоцитов и являются продуцентами белков, способных “пробуравливать” поры в мембране чужеродных клеток, за что они получили название *перфоринов*. Под влиянием ферментов, проникающих через такие поры внутрь клетки, происходит ее разрушение.

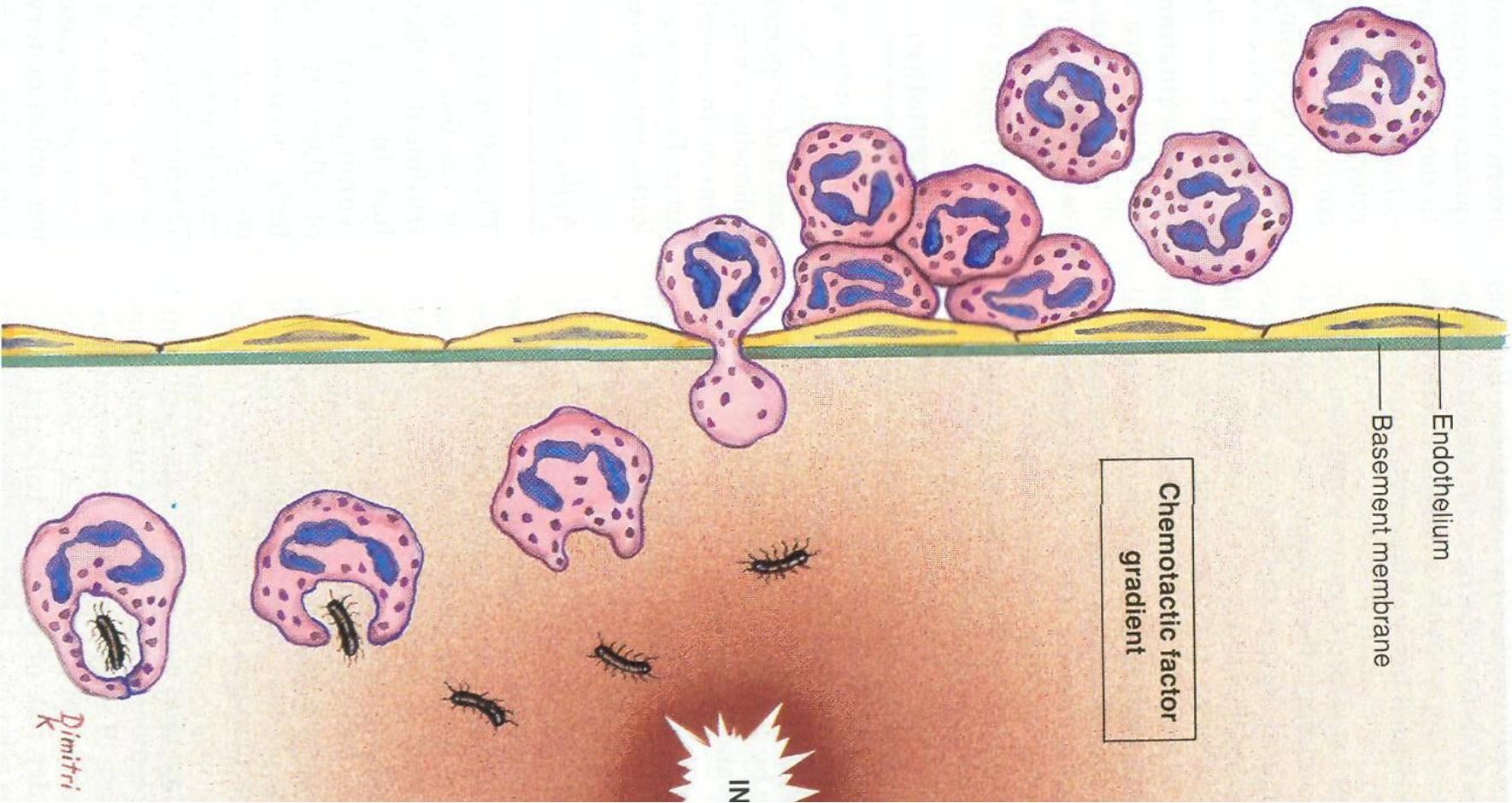
# Зернистые (гранулоциты)

**Нейтрофилы** (50–70% от всех лейкоцитов) — имеют мелкую зернистость, которая окрашивается нейтральными красителями. По форме ядра и зрелости нейтрофилы делятся на:

- юные (метамиелоциты)
- палочкоядерные
- сегментоядерные



Созревая в костном мозге, нейтрофилы задерживаются в нем на 3–5 дней, составляя **костномозговой резерв гранулоцитов**. Нейтрофилы первыми появляются в очаге воспаления. Основная функция нейтрофилов заключается в **фагоцитозе** — процессе поглощения и последующего внутриклеточного разрушения микроорганизмов и других чужеродных агентов. 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.



Dimitri  
K

# Зернистые (гранулоциты)

Эозинофилы (0,5–5% всех лейкоцитов). Содержат зернистость, окрашиваемую кислыми красителями. Длительность пребывания эозинофилов в кровотоке не превышает нескольких часов, после чего они проникают в ткани.



Эозинофилы содержат *гистаминазу* (разрушающую гистамин), ингибиторы дегрануляции тучных клеток и базофилов, антипаразитарный протеин, способный лизировать личинки паразитов. Вырабатывают *плазминоген* (участвуют в фибринолизе). Имеют рецепторы к IgE, IgG, IgM. Эозинофилы обладают способностью к хемотаксису и фагоцитозу. Количество их увеличивается при аллергических реакциях, глистных инвазиях, интоксикациях, а также в период выздоровления.

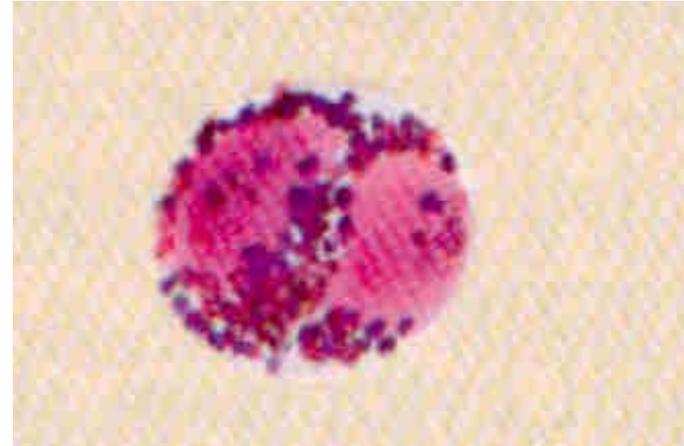
# Функции эозинофилов:

- 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. В базофильных гранулоцитах и тканевых базофилах (тучные клетки) содержатся также серотонин, медленно реагирующее вещество анафилаксии, фактор активации тромбоцитов, фактор хемотаксиса эозинофилов. Мембрана базофилов имеет рецепторы к иммуноглобулину E (IgE), играющему роль в патогенезе аллергических реакций.

## **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

Ядерный сдвиг лейкоцитарной формулы **влево** — увеличение содержания в крови молодых форм нейтрофилов (палочкоядерные, миелоциты, метамиелоциты). Отмечается при **инфекционных, воспалительных заболеваниях, лейкозах.**

Появление значительного количества нейтрофилов с гиперсегментированными ядрами (ядрами, содержащими более 5 сегментов) называется сдвигом формулы **вправо** и 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 отмечаются 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). Поэтому у детей в возрасте с одной недели и до 4-6 лет в отличие от взрослых в лейкоцитарной формуле преобладают лимфоциты (детский физиологический лимфоцитоз и нейтропения).

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 следующие виды лейкоцитоза:

- **Физиологический** или *перераспределительный*. К физиологическим видам лейкоцитоза относятся:
- **Пищеварительный**. После приема пищи
- **Миогенный**. Под влиянием тяжелой мышечной работы
- **Беременных**. Лейкоцитоз преимущественно местного характера (в подслизистой оболочке матки). Его значение заключается в предупреждении попадания инфекции в организм роженицы, а также в стимуляции сократительной функции матки.
- **Новорожденных** (связан с резкой активацией иммунитета при контакте с антигенами внешней среды).
- При болевых воздействиях.
- При эмоциональных воздействиях.

- **Патологический (реактивный)** — характерен для инфекционных, воспалительных заболеваний и обеспечивает повышение реактивности организма.

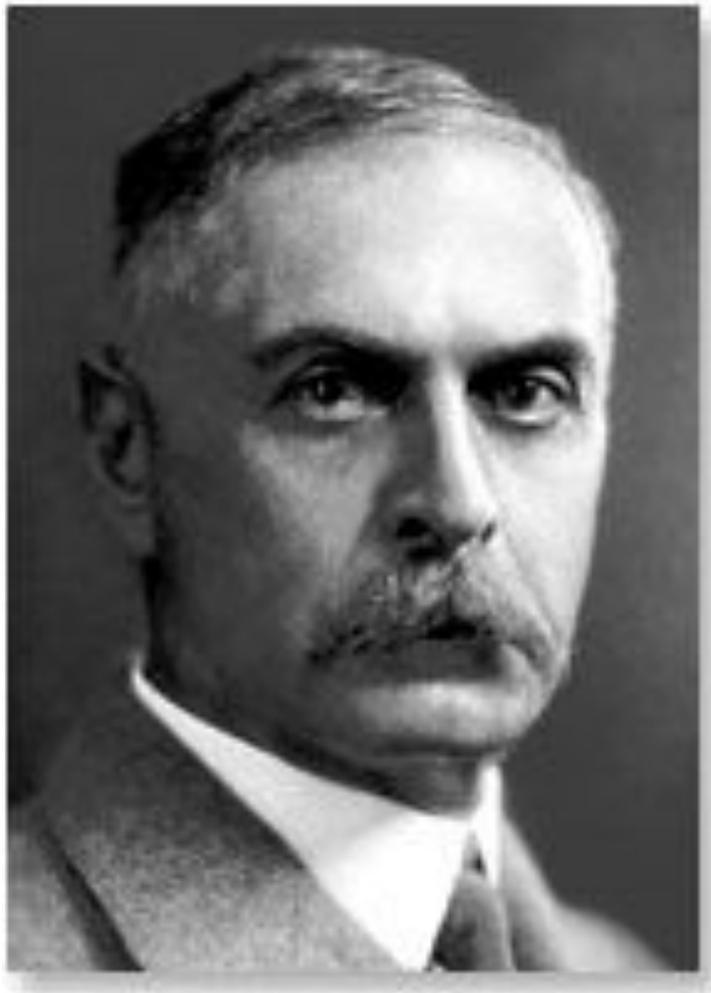
- При большинстве острых бактериальных инфекций в крови увеличивается число нейтрофилов (**нейтрофильный лейкоцитоз**). При вирусных и хронических инфекциях происходит увеличение числа лимфоцитов (**лимфоцитоз**), при паразитарных инфекциях наблюдается

## **Лейкопения (количество лейкоцитов ниже $4 \times 10^9/\text{л}$ ).**

Она возникает в результате различных причин:

- **угнетение лейкопоэза** — при *токсических и радиационных* воздействиях на костный мозг (лучевая болезнь, применение ряда *лекарственных* веществ, *метастазы* злокачественных образований в *костный мозг*);
- **интенсивное разрушение лейкоцитов** (при обширных гнойно-воспалительных процессах); продукты распада лейкоцитов стимулируют лейкопоэз, но с течением времени он становится недостаточным, чтобы восполнить убыль лейкоцитов;
- **скопление лейкоцитов в расширенных капиллярах легких, печени, кишечника** при гемотрансфузионном или анафилактическом шоке (перераспределительная лейкопения).

# Группы крови – система АВ0



**Карл Ландштайнер**

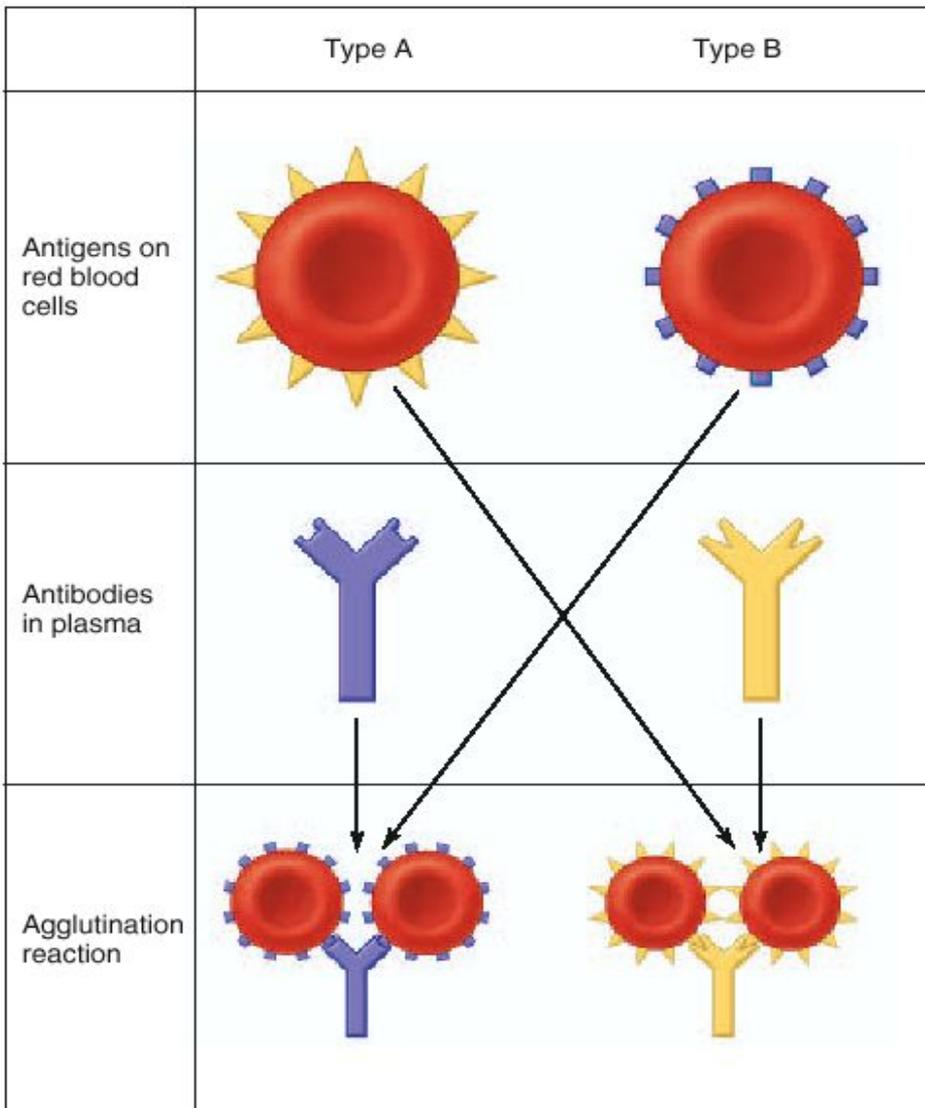


**Ян Янский**

# Группы крови системы АВО

Группы крови	Эритроциты	Плазма или сыворотка
	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)	0	$\alpha$ , $\beta$
II (A)	A	$\beta$
III (B)	B	$\alpha$
IV (AB)	AB	0

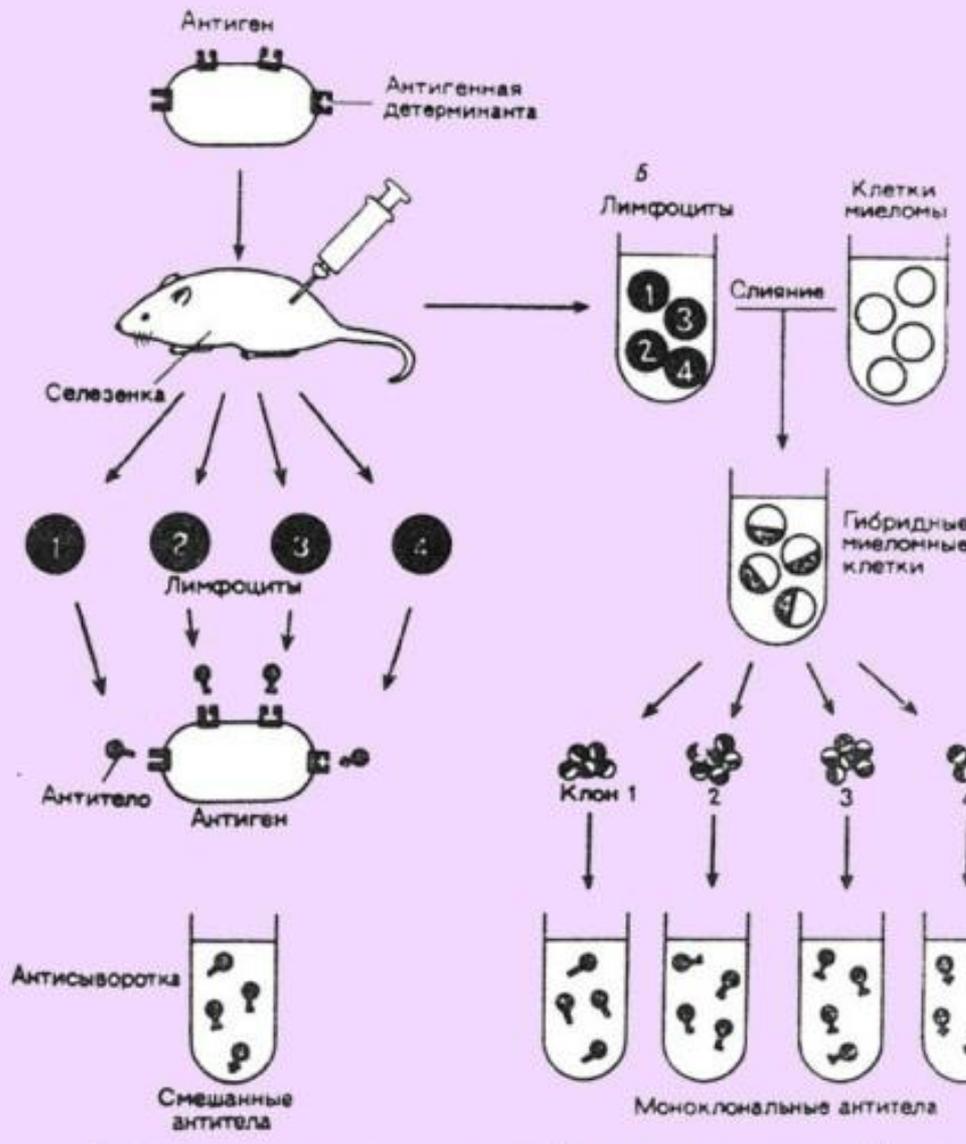
При переливании крови необходимо **предотвратить ситуацию!**, когда в крови реципиента **одновременно** будут находиться и **антигены**, и **антитела** именно к этому антигену, т.е. возникнет **ситуация несовместимости**.



Агглютинины являются  $\gamma$ -глобулинами и имеют 2 центра связывания, что обеспечивает возможность образования мостика между двумя эритроцитами и, таким образом, вызывают склеивание (агглютинацию) эритроцитов, содержащих на мембране соответствующие агглютиногены. Агглютинация эритроцитов наблюдается лишь в том случае, если встречаются одноименные агглютиноген и агглютинин: А и  $\alpha$ , В и  $\beta$

# **Существуют следующие методики определения групп крови по системе АВ0:**

- с использованием изогемагглютинирующих (стандартных) сывороток;**
- перекрестным методом, т.е. одновременно при помощи стандартных сывороток и стандартных эритроцитов;**
- с использованием МОНОКЛОНАЛЬНЫХ антител.**



Определение групп крови антителами анти-А и анти-В имеет ряд преимуществ по сравнению с определением стандартными сыворотками:

- обеспечиваются более **высокие** **качество** агглютинации,
- достоверность** **и** **надежность** результатов,
- заметно** **упрощается** процедура определения и **сокращаются** **сроки** реакции (наступает уже в первые **1–2** с).

# Определение групп крови

Группа ИК по антигену	А. Результаты реакции со стандартными сыворотками			
	$\alpha\beta$ (I)	$\beta$ (II)	$\alpha$ (III)	(IV)
I	–	–	–	–
II	+	–	+	–
III	+	+	–	–
IV	+	+	+	–
Группа ИК по антителу	Б. Результаты реакции со стандартными эритроцитами			
	0(I)	A(II)	B(III)	AB(IV)
$\alpha\beta$ (I)	–	+	+	+
$\beta$ (II)	–	–	+	+
$\alpha$ (III)	–	+	–	+
нет (IV)	–	–	–	–
Группа ИК по антигену	В. Результаты реакции с моноклональными антителами			
	анти-А		анти-В	
0(I)	–		–	
A(II)	+		–	
B(III)	–		+	
AB(IV)	+		+	

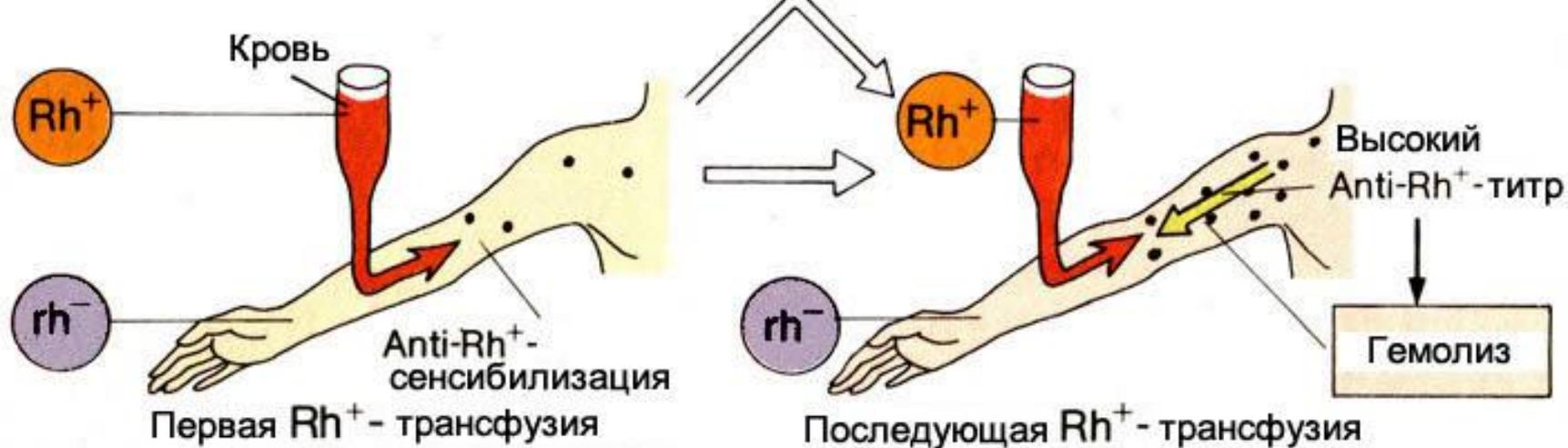
Примечание: ИК — исследуемая кровь; А — стандартные изогемагглютинирующие сыворотки; Б — стандартные эритроциты; В — моноклональные антитела; «+» — наличие реакции агглютинации, «–» — отсутствие реакции агглютинации.

В практике переливания крови (гемотрансфузия) и её компонентов **обязательная** проверка на совместимость по антигенам систем **ABO (4 группы) и Rh (2 группы)**, итого по 8 группам. Остальные системы (они известны как **редкие**, например Diego, Duffy, Kell, Kidd, MNS, OK, P и др.) к **несовместимости** по группам крови приводят значительно реже, но также должны учитываться при гемотрансфузиях и при тестировании возможности развития гемолитической болезни новорождённого.

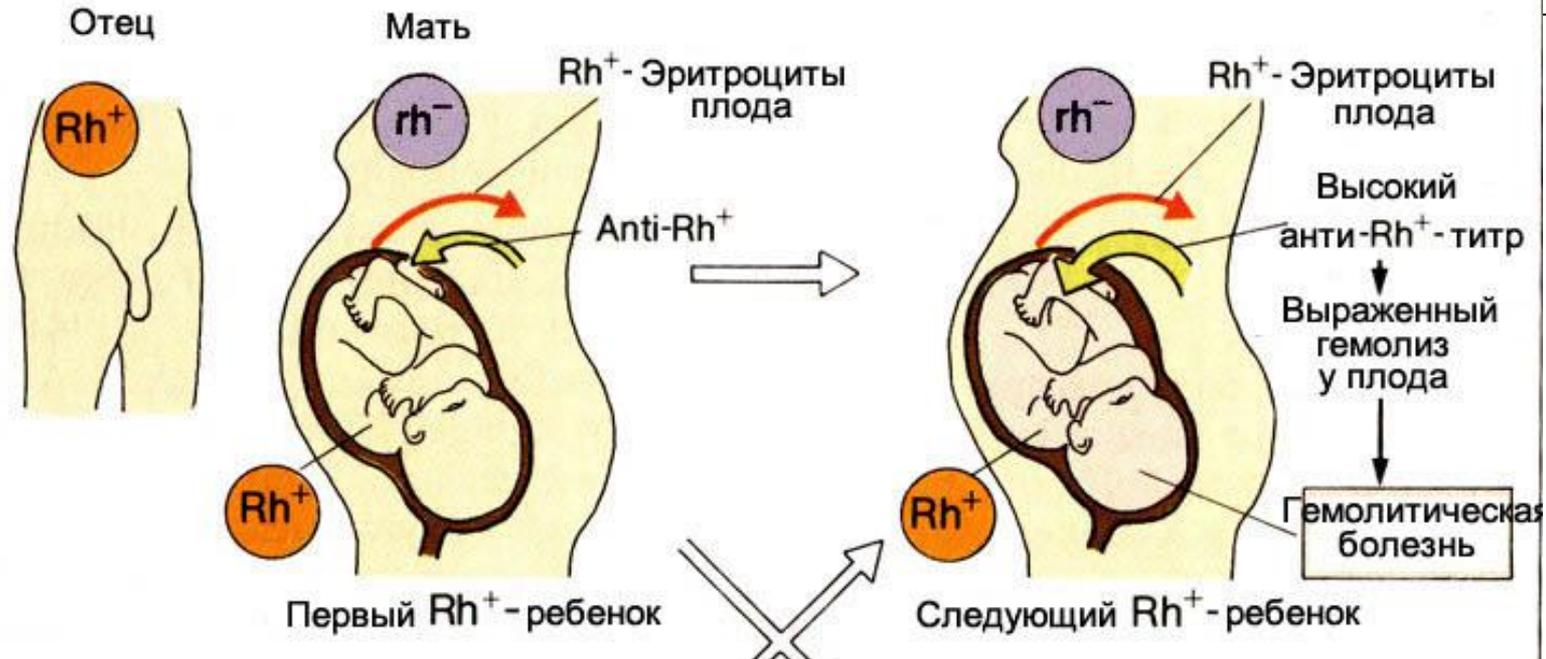
Антигенные свойства большинства этих антигенов выражены слабо, однако, эти системы имеют значение **при частых переливаниях крови**, приводящих к накоплению этих антигенов и проявлению их действия. Поэтому, **повторно переливать кровь одного и того же донора не рекомендуется!**

# Иммунологический конфликт по антигенной системе резус происходит в следующих случаях:

- а) при **повторном переливании** резус-отрицательному человеку (реципиенту) резус-положительной крови;
- б) в случаях **беременности**, когда женщина резус-отрицательна, а плод резус-положителен.



Если кровь резус-положительного донора переливать резус-отрицательному реципиенту, то в организме последнего начнут образовываться специфические по отношению к резус-фактору антитела — Rh-антитела. Образование агглютининов у такого реципиента происходит медленно (в течение нескольких месяцев). Поэтому при однократном переливании гемотрансфузионных осложнений не происходит. **При повторном** — возникает резус-конфликт с серьезными гемотрансфузионными осложнениями: образование конгломератов эритроцитов и их гемолиз, интенсивное внутрисосудистое свертывание крови, сгустками закупоривается “чудесная сеть” клубочков почек, что препятствует образованию мочи, создающее угрозу жизни.

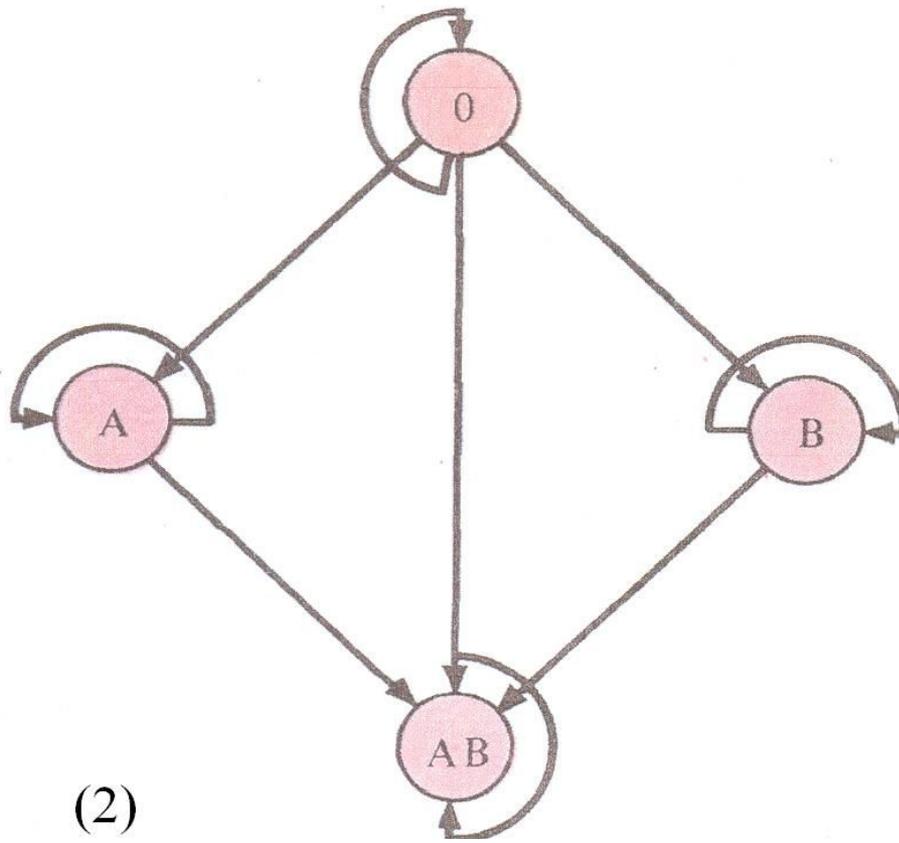


Если **мать** резус-отрицательна, а **отец** резус-положителен, то **плод** может быть **резус-положительным**. При нарушении целостности сосудистого плацентарного барьера в период беременности в организме матери могут вырабатываться антирезус-агглютинины. Это происходит вследствие того, что эритроциты Rh<sup>+</sup> крови плода попадают в Rh<sup>-</sup> кровь матери и вызывают выработку у нее Rh-антител. Последние, проникая через плаценту в кровь плода, могут вызвать агглютинацию его эритроцитов с последующим их гемолизом. В результате этого у новорожденного развивается тяжелая **гемолитическая анемия**, характеризующаяся низким содержанием гемоглобина и снижением количества эритроцитов.

**В соответствии с действующей в настоящее время инструкцией по применению «Переливание донорской крови и ее компонентов», утверждённой приказом МЗ РБ № 118–1103 от 1 декабря 2003 г.:**

- 1. Переливают компоненты, а не цельную кровь**
- 2. Компоненты крови должны переливаться только той группы системы АВ0 и той резус–принадлежности, которая имеется у реципиента.**

В исключительных случаях, при отсутствии одногруппной по системе АВ0 крови или ее компонентов и наличии экстренных показаний допускается (за исключением детей) переливание крови, эритроцитной массы, отмытых эритроцитов до **500** мл по схеме совместимости крови



# Совместимость различных групп крови

**3. Во всех без исключения случаях переливания эритроцитсодержащих компонентов крови абсолютно обязательным является проведение до начала переливания проб на индивидуальную совместимость (прямая и обратная пробы) и в начале трансфузии — биологической пробы.**

**4. Запрещается переливание компонентов крови, предварительно не исследованных на ВИЧ, гепатиты В и С, сифилис.**

# Виды гемотрансфузий

**-Внутривенное введение донорской крови или ее компонентов.**

**-Обменное переливание крови** — частичное или полное удаление крови из кровеносного русла реципиента с одновременным замещением ее адекватным или превышающим объемом донорской крови. Проводится с целью удаления вместе с кровью различных ядов (при отравлениях, интоксикациях), продуктов распада, гемолиза, антител.

**Аутогемотрансфузия** — переливание больному собственной крови. Осуществляется двумя способами: трансфузия собственной заготовленной до операции крови, и **реинфузия** крови, собранной из серозных полостей, операционных ран при массивных кровопотерях.

# Регуляция системы крови (гемопоза)

## Эритропоэз.

- *Железо*
- *Эритропоэтины*
- *Интерлейкины (ИЛ)* В особенности значение имеют ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-11 и ИЛ-12.
- *Антианемический фактор Кастла: (В<sub>12</sub> + гастромукопротеид желудка)*
- *Аскорбиновая кислота* - способствует всасыванию железа в кишечнике, переводя его из Fe<sup>+++</sup> в Fe<sup>++</sup>
- *Эритроцитарный кейлон* - вырабатывается и выделяется зрелыми эритроцитами. Оказывает ингибирующее влияние на эритропоэз.
- *Продукты распада эритроцитов*
- *Гормоны. Витамины.*

## Лейкопоз.

- 1. Стимуляция лейкопоза *продуктами распада самих лейкоцитов* (саморегуляция). Чем больше их распад, тем выше их образование.
- 2. *Стимуляция продуктами распада тканей, особенно белками тканей.*
- 3. *Стимуляция микробами и их токсинами.*
- 4. *Колониестимулирующий фактор (КСФ)*
- 5. *Интерлейкины.*
- *Гормоны.* АКТГ, адреналин, кортизол и дезоксикортикостерон вызывают лейкоцитоз за счет выброса из депо крови нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов (лейкоцитоз при стрессе, эмоциональном возбуждении).

## Тромбоцитопоз.

Тромбоцитопозетины (гамма-глобулиновая фракция)

- — *кратковременного действия* — образуются в селезенке, усиливают отшнуровку кровяных пластинок от мегакариоцитов и ускоряют их поступление в кровь;
- — *длительного действия* — способствуют переходу предшественников в зрелые мегакариоциты.



Спасибо за внимание  
До свидания