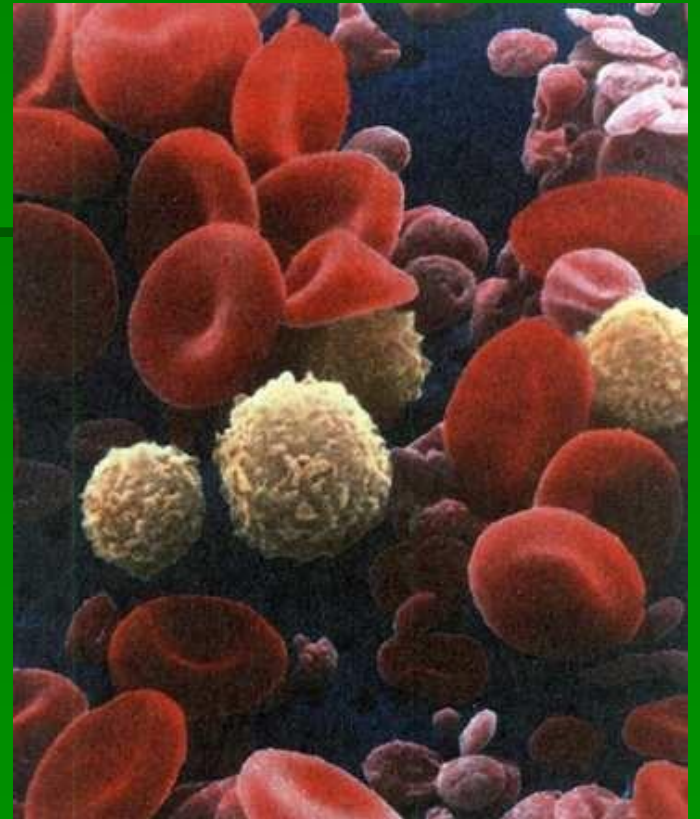


# Физиология системы крови



# Состав, константы

- В организме взрослого человека около 4-6 литров крови или 6-8% от массы тела;
- Кровь состоит из плазмы (55-58%) и форменных элементов (42-45%). Гематокрит – отношение объёма эритроцитарной массы к общему объёму крови;
- Удельный вес цельной крови 1,052-1,061 г/см<sup>3</sup>; вязкость равна 4,4-4,7; осмотическое давление 7,6 атм., онкотическое давление - 0,03 атм.

# Плазма

- Состав: 90-92% воды и 8-10% сухого остатка (минеральные в-ва – 0,9%, мочевины, креатинин, аминокислоты, глюкоза - 3,6-6,9 ммоль/л).
- Белки плазмы (7-8%):
  1. Альбумины (3,5-5%) – создают онкотическое давление, являются белковым резервом, препятствуют оседанию ФЭК, буферная система, транспортируют гормоны, желчные пигменты, ионы Са,
  2. Глобулины (2-3%) - участвуют в регуляции эритропоэза, в процессе свертывания крови, транспортируют гормоны, железо, иммуноглобулины,
  3. Фибриноген (0,3-0,4%) - является растворимым предшественником белка фибрина, из которого образуется сгусток крови тромб.

# Буферные системы крови

Буферные системы (БС) - это комплекс слабых кислоты и основания, который способен препятствовать сдвигу реакции в ту или иную сторону. В норме артериальная кровь имеет  $pH$  7,35-7,45. Общая сумма всех анионов, обладающих буферными свойствами, в стандартных условиях - 40-60 ммоль/л. Виды БС:

1. Бикарбонатная или гидрокарбонатная ( $NaHCO_3$  и  $KHCO_3$ );
2. Белковая буферная система. Амфотерность. Буферная емкость белковой системы небольшая, она играет важную роль в межклеточной жидкости;
3. Гемоглобиновая буферная система эритроцитов (восстановленный гемоглобин и калиевая соль оксигемоглобина). Наиболее сильная БС. Препятствуют ацидозу гистидин,  $NaHCO_3$  и  $KHCO_3$ , образование карбгемоглобина.
4. Физиологические механизмы поддержания кислотно-щелочного равновесия обеспечиваются легкими, почками, ЖКТ, печенью.

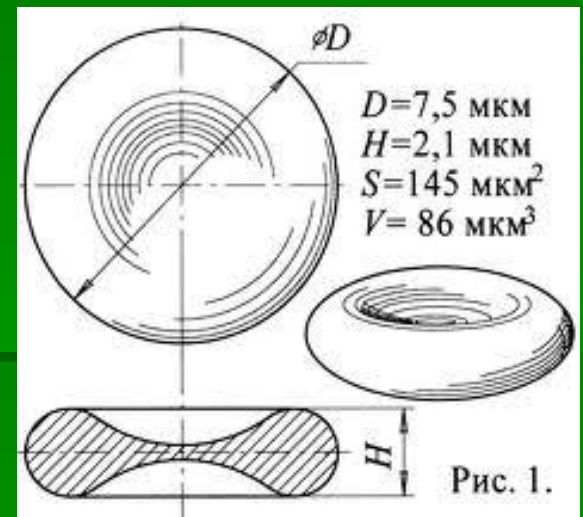
# Эритроциты. Гемоглобин

Высокоспециализированные безъядерные клетки крови. Эр. имеют форму двояковогнутого диска. В среднем их диаметр около 7,5 мкм, а толщина на периферии 2,5 мкм. Основную массу эр. составляет хемотропин гемоглобин, содержатся ферменты карбоангидраза, фосфатазы, холинэстераза и др. В одном мкл крови мужчин содержится 4,5-5,0 млн. эритроцитов ( $4,5-5,0 \cdot 10^{12}$  л). Женщин - 3,7-4,7 млн. ( $3,7-4,7 \cdot 10^{12}$  л). Гемолиз – разрушение мембраны эр. и выход гемоглобина в плазму.

**РОЭ** (реакция оседания эр.) – обусловлена потерей отрицательного заряда вне кровеносного русла и агрегацией. В норме РОЭ (СОЭ) у мужчин 2-10 мм/час, у женщин 2-15 мм/час.

## Функции эритроцитов:

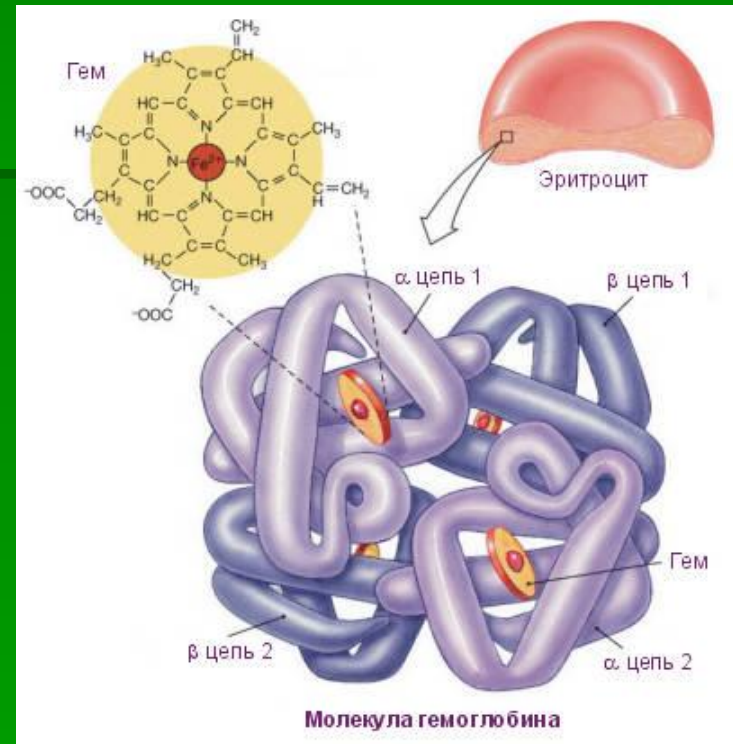
- Перенос кислорода от легких к тканям.
- Участие в транспорте  $\text{CO}_2$  от тканей к легким.
- Транспорт воды от тканей к легким, где она выделяется в виде пара.
- Участвуют в свертывании крови, выделяя эритроцитарные факторы свертывания.
- Переносят аминокислоты на своей поверхности.
- Участвуют в регуляции вязкости крови, вследствие пластичности.



# Гемоглобин

Молекула гемоглобина образуют четыре субъединицы, каждая из которых включает гем, соединенный с атомом железа, и белковую часть глобин. Содержит две альфа- и две бета-полипептидных цепи.

- В первые три месяца внутриутробного развития в эритроцитах находится гемоглобин типа **G1** и **G2** (Gover);
- В последующие периоды внутриутробного развития и в первые месяцы после рождения основную часть составляет фетальный гемоглобин (**F-гемоглобин**);
- При рождении до 50-80% гемоглобина составляет F-гемоглобин, а 20-40 % **A-гемоглобин**.



1 г Hb способен связывать 1,34 мл кислорода (оксигемоглобин, HbO<sub>2</sub>). 10 - 30% CO<sub>2</sub>, поступающего из тканей в кровь, соединяется с амидной группировкой гемоглобина (карбгемоглобин). Патологические соединения: карбоксигемоглобин (HbCO), метгемоглобин (MetHb).

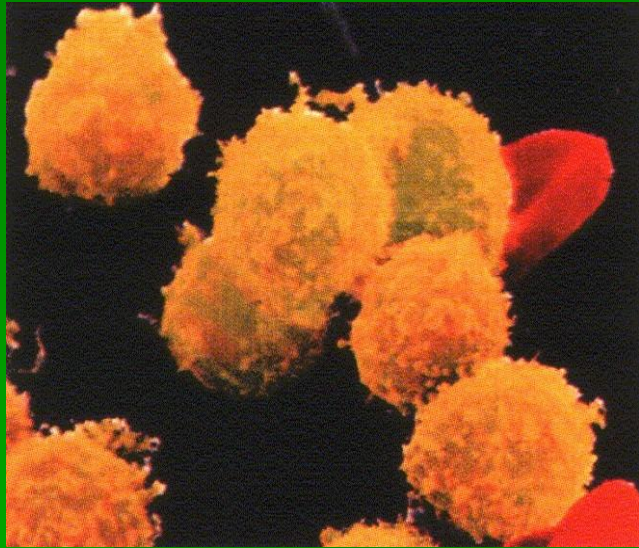
Hb образует с соляной кислотой соединение коричневого цвета - солянокислый гематин, кристаллы которого имеют видоспецифические особенности.

В норме в крови мужчин содержится 132-164 г/л (13,2-16,4 г %) гемоглобина. У женщин - 115-145 г/л (11,5-14,5 г %).

**Цветовой показатель** - отражает степень насыщения эритроцитов гемоглобином. Это отношение содержания гемоглобина в крови к количеству эритроцитов. В норме его величина составляет 0,85-1,05.

Количество гемоглобина снижается при кровопотерях, интоксикациях, нарушениях эритропоэза, недостатке железа, витамина B<sub>12</sub> и т.д.





# Лейкоциты

**Leukos** – белый, **cytos** – клетка;

Функция: защитная, чаще вне кровеносных сосудов;

6-8 тысяч/мм<sup>3</sup>, у новорожденных до 16 тысяч, количество непостоянно;

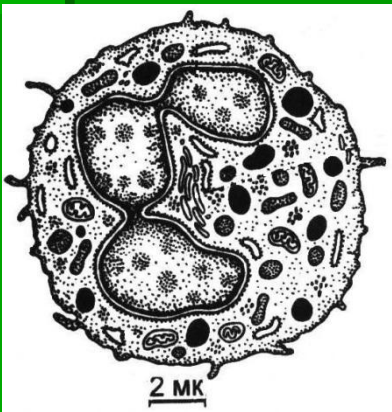
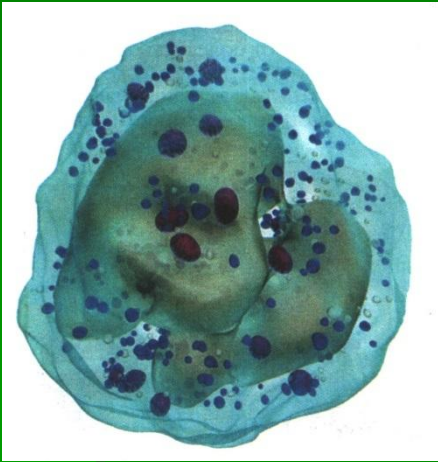
Клетки с ядрами, способны к амeboидному движению

- Делят на две группы: зернистые (гранулоциты) и незернистые (агранулоциты).

**Зернистые** - 1) содержат в своей цитоплазме специфическую зернистость; 2) ядра этих клеток сегментированы; 3) гранулоциты не способны к митотическому делению и переходу одной формы зернистого лейкоцита в другую.

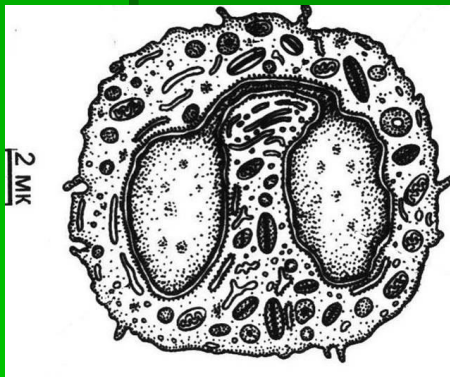
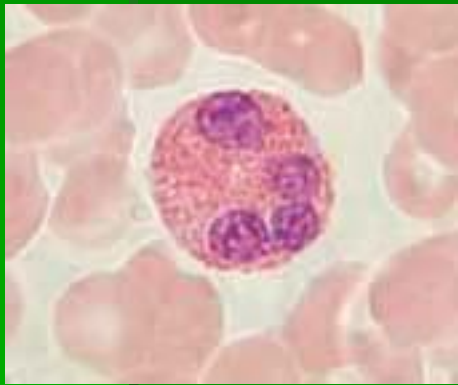
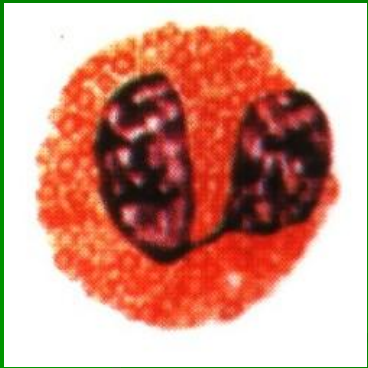
**Незернистые** - 1) они не содержат специфической зернистости; 2) имеют несегментированные ядра; 3) часть агранулоцитов способна к делению и переходу одной разновидности в другую.

# Нейтрофилы



- 60-70% от общего числа лейкоцитов;
- Форма изменчива, способны к амебоидному движению;
- Ядра расчленены на сегменты (от 4 до 6), соединенные тонкими перемычками;
- Специфичная зернистость, два-три типа гранул, содержащих лизосомальные ферменты, фосфотазы, пероксидазы гистамин и др.;
- Функция: фагоцитоз.
- И.И.Мечников – неприкрепленные фагоциты, макрофаги.

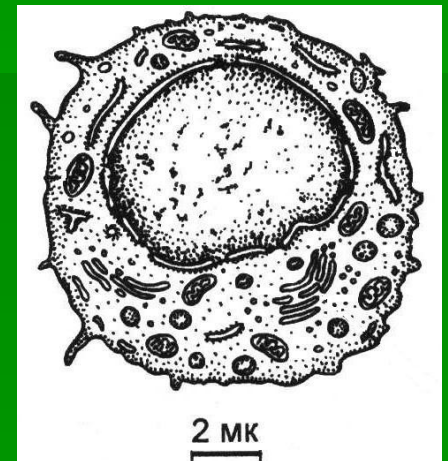
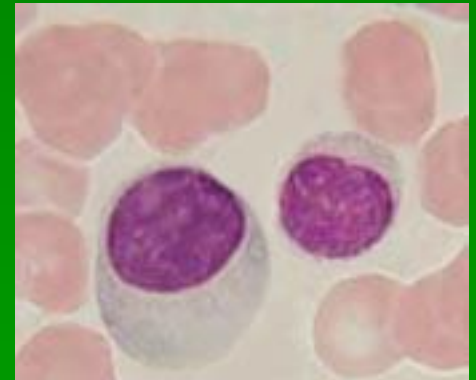
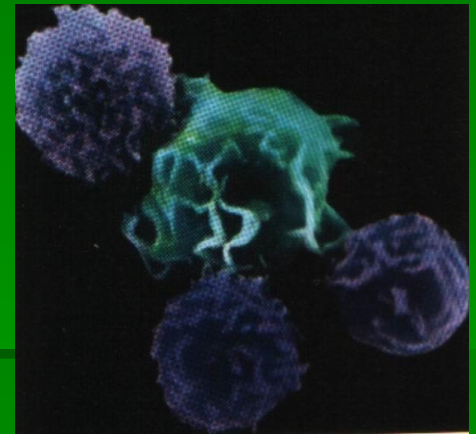
# Эозинофилы



- 2-4 % от общего числа лейкоцитов;
- Зернистость крупная, красится кислыми красителями;
- Ядро дольчатое
- Функции: связывают и нейтрализуют токсины, участвуют в аллергическом ответе.
- Количество возрастает при воспалительных процессах, онкологических заболеваниях, глистных инвазиях.

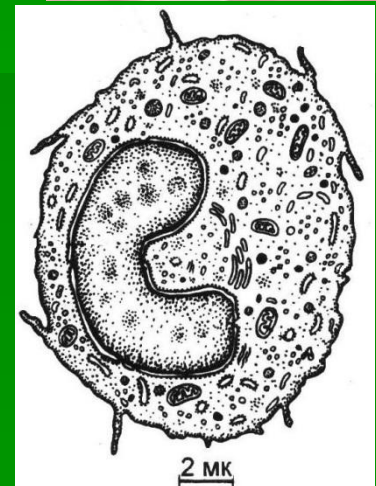
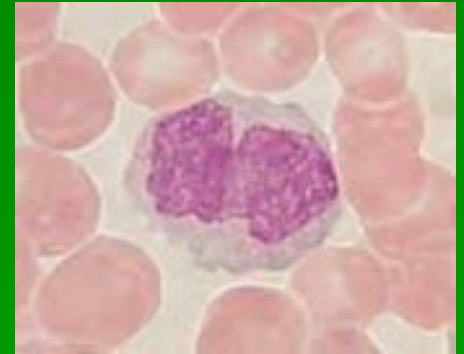
# Лимфоциты

- 24-30% от общего числа лейкоцитов, у новорожденных до 60%, у стариков – до 20%;
- Ядро плотное, сферическое, цитоплазма в виде ободка на периферии;
- По функциям и месте дозревания различают 2 вида лимфоцитов – Т и В.
- Функция: обеспечивают иммунные реакции (иммунокомпетентные клетки)



# Моноциты

- 6-8% от общего числа лейкоцитов;
- Самые крупные клетки крови;
- Ядро бобовидной формы;
- Способны к амeboидному движению и фагоцитозу;
- И.И.Мечников – прикрепленные, фиксированные в тканях фагоциты, макрофаги;
- Функция: фагоцитоз (инородных тел и некротических остатков).



# Лейкоцитоз

Виды лейкоцитозов:

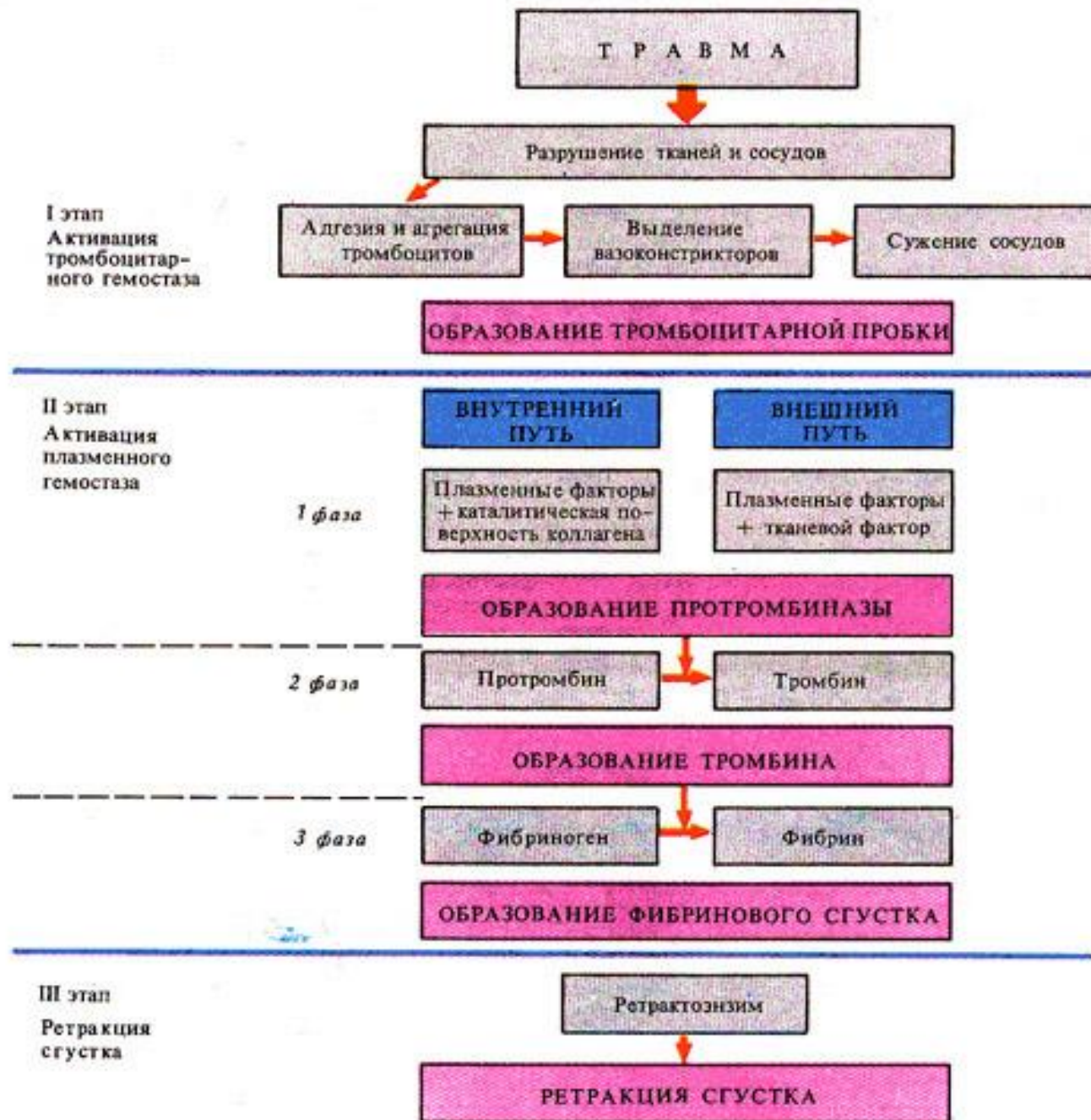
1. Пищевой (на 1-3 тыс.), перераспределительный
2. Миогенный (в 3-5 раз), перераспределительный, истинный (активация КМ-кроветворения),
3. Эмоциональный и болевой, перераспределительный,
4. При беременности, местный (предупреждение инфекции+стимулирование сократимости матки)

**Лейкопения** - острый лейкоз, лучевая болезнь.

# Система свёртывания крови (гемостаз)

- Первичный гемостаз (при повреждениях мелких сосудов) происходит за счёт сужения просвета сосуда и закупорки отверстия тромбоцитами. Остановка кровотечения за 1-3 мин;
- Вторичный гемостаз (гемокоагуляция) – ферментативный процесс образования кровяного сгустка (тромба). Суть его – переход растворённого в плазме фибриногена в нерастворимые нити фибрина. Происходит поэтапно с участием факторов свёртывания крови (ФСК).

ФСК в зависимости от местонахождения делят на плазменные, тромбоцитарные, эритроцитарные, тканевые и лейкоцитарные.





# Противосвёртывающая система.

## Фибринолиз.

Фибринолиз – этапный процесс растворения тромба, осуществляется фибринолитической системой. Этапы фибринолиза:

1. Активация неактивного фермента крови – *плазминогена в плазмин*. Активация происходит под действием *плазмокиназ* некоторых клеток, некоторыми ферментами, например *калликреин, урокиназа* и др.
2. Под действием плазмина от фибрина отщепляются белки, которые становятся растворимыми.
3. Расщепление белков пептидазами крови до аминокислот.
4. Инактивация плазмина осуществляется антиплазмином.

Противосвёртывающая система – ферментативный комплекс, препятствующий свёртыванию крови. Представлен антикоагулянтами: антитромбин III (70-80% активности), антитромбопластины, тромбомодулины и др.

Нагревание, механическое воздействие, ионы кальция – ускоряют гемостаз, охлаждение, воздействие цитратов, антикоагулянтов – замедляют свёртывание крови.

# Регуляция свёртывания крови

Гиперкоагуляция (кровопотеря, гипоксия, мышечная работа, боль, стресс) = активация фибринолиза

## 1. Усиление коагуляции:

1) повышение тонуса симпатической нервной системы (СНС), (активация фактора Хагемана, запуск механизма образования протромбиназы, усиление образования тромбопластина, отрыв клеточных мембран от эндотелия), 2) повышение тонуса парасимпатической нервной системы (выброс тромбопластина и активаторов плазминогена из эндотелия сердца и сосудов.

## 2. Усиление фибринолиза

- 1) Повышение тонуса СНС или ПНС (выделение из эндотелия сосудов урокиназы, простагландинов),
- 2) Вторичный фибринолиз (естественный расход тромбоцитов, образование вторичных антикоагулянтов),
- 3) Рефлекторный выброс гепарина и антитромбина в ответ на фактор Па

# Регуляция эритропоэза

Эритрон (У. Касл) – масса Er, циркулирующих в крови

Красный костный мозг – ретикулоцит (1-2%) – (кровоток) – нормоцит

Для нормального эритропоэза необходимы: железо (от разрушаемых Er), аскорбиновая к-та (способствует всасыванию железа), трансферрин (белки-переносчики железа в кишечнике), ферритин (белок-переносчик, в котором молодые Er накапливают железо), медь (синтез гемоглобина, включение железа в гем), В12, В7 (синтез глобина) и др.

**Активация эритропоэза** (гормоны гипофиза, щитовидной, паращитовидной желёз, тестостерон). **Эритропоэтины** – специфические в-ва, синтезируемые в печени, селезёнке, ККМ, почках. Стимулируют рост клеток-предшественниц эритроидного ряда. **Интерлейкины (ИЛ)**– соединения, синтезируемые моноцитами, макрофагами, лимфоцитами. Способствуют дифференцировке стволовых клеток. *Макрофаги выделяют ИЛ-1 и ФНО, стимулирующих эритропоэз.*