

КРОВЬ

КРОВЕТВОРЕНИЕ

КРОВЬ – ткань внутренней среды с жидким межклеточным веществом (плазмой), в котором находятся разнообразные клетки и постклеточные элементы.

Эта ткань имеет **мезенхимное** происхождение.

Общий объем крови у человека составляет 6-8% от массы его тела. В среднем – **4–6 л.**

До 1 л крови находится в **депо**, преимущественно в **селезенке**.

Функции крови:

- 1) **Транспортная** – наиболее универсальная функция, связанная с переносом различных веществ (газы, питательные вещества, гормоны и др.);
- 2) **Гомеостатическая** – обеспечение постоянства внутренней среды (кислотно-щелочное, осмотическое равновесие, водный баланс тканевых жидкостей);
- 3) **Защитная** – нейтрализация антигенов специфическими и неспецифическими механизмами.

Форменные элементы крови

✓ К форменным элементам крови относятся:

❖ эритроциты

❖ лейкоциты

❖ тромбоциты

1. Эритроциты

- – самые многочисленные клетки крови, утратившие в процессе дифференцировки ядро и практически все органеллы.
- \emptyset нормоцитов = 7-8 мкм, (у микроцитов $\emptyset=4-6$ мкм, у макроцитов $\emptyset>8$ мкм)
- Большинство эритроцитов (75-85 %) имеют форму двояковогнутого диска для обеспечения большей площади поверхности, способности к обратимой деформации при прохождении через капилляры.
- При нарушении осмотического равновесия или целостности цитоскелета изменяется форма эритроцита, что может свидетельствовать о старении клетки или патологии.
- Продолжительность жизни эритроцита = 120 суток

- **Пойкилоцитоз** – наличие в крови эритроцитов различной формы: сфероциты, эхиноциты (с выростами), куполообразные, гребневидные клетки и другие формы.
- **Анизоцитоз** – наличие в крови эритроцитов различных размеров: нормоциты (7-8 мкм), макроциты (более 9 мкм), микроциты (менее 6 мкм).



- Цитоплазма эритроцитов **оксифильна** и обладает высокой электронной плотностью.
- На 66% она состоит из воды, 33% приходится на гемоглобин, 1% составляет белки (в основном ферменты, их более 140), липиды, глюкоза, АТФ.
- Гемоглобин располагается в виде гранул 4-5 нм.
- В разные периоды *онтогенеза* в эритроцитах можно наблюдать *различные типы гемоглобина*, которые различаются строением цепей глобина (белковой части) и уровнем сродства к кислороду.

Виды гемоглобина:

- 1) ***эмбриональный*** (обнаруживается у 19-дневного зародыша и сохраняется в течение 3-6 месяцев эмбриогенеза);
- 2) ***фетальный*** (составляет 95% гемоглобина плода и сохраняется после рождения до 8 месяцев);
- 3) ***дефинитивный*** (сменяет фетальный и составляет 98% от гемоглобина эритроцитов взрослого).

Функции эритроцитов:

- 1. Перенос газов (преимущественно кислорода) с помощью гемоглобина;
- 2. Перенос других веществ на своей поверхности (иммуноглобулинов, гормонов, биологически активных веществ и др.).

Ретикулоциты – молодые формы эритроцитов.

- Созревание ретикулоцитов происходит в течение двух суток после выхода из красного костного мозга и заключается в завершении синтеза гемоглобина и разрушении остатков органелл, которые выявляются в ретикулоцитах при специфической окраске.
- В норме ретикулоциты составляют до 1% всех эритроцитов.

Лейкоциты

- – полиморфная группа клеток, их классификация основана на наличии или отсутствии гранул в цитоплазме.

Классификация лейкоцитов:

- 1) *Гранулоциты*: нейтрофилы, базофилы, эозинофилы;
- 2) *Агранулоциты*: моноциты, лимфоциты.

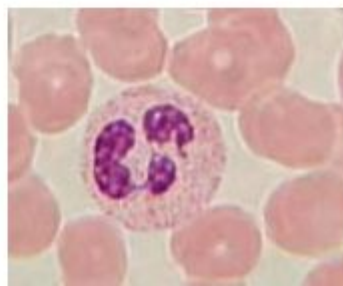
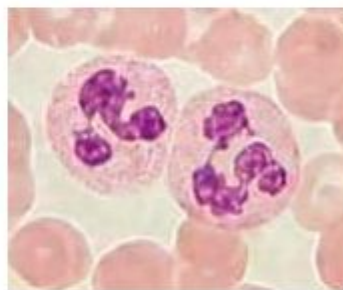
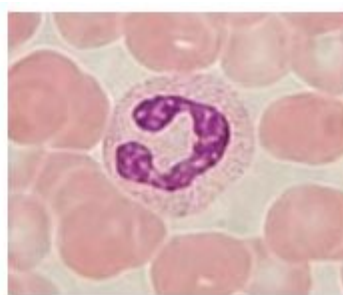
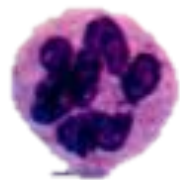
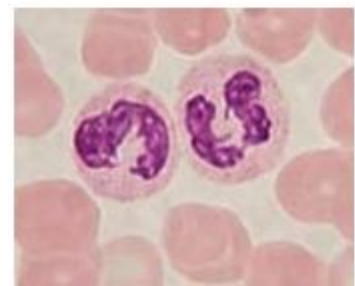
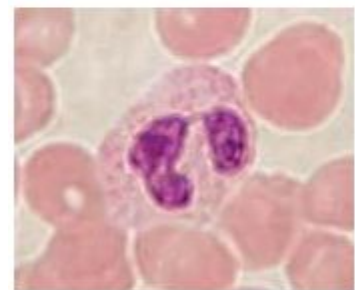
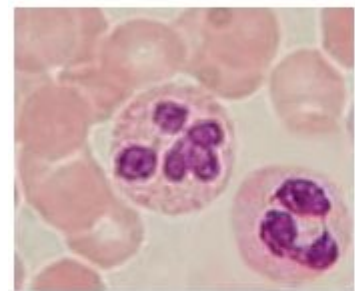
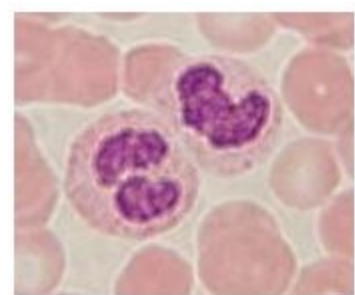
Лейкоцитарная формула – процентное соотношение различных форм лейкоцитов (приведена в таблице).

Всего 100% – $4-8 \times 10^9/\text{л}$.

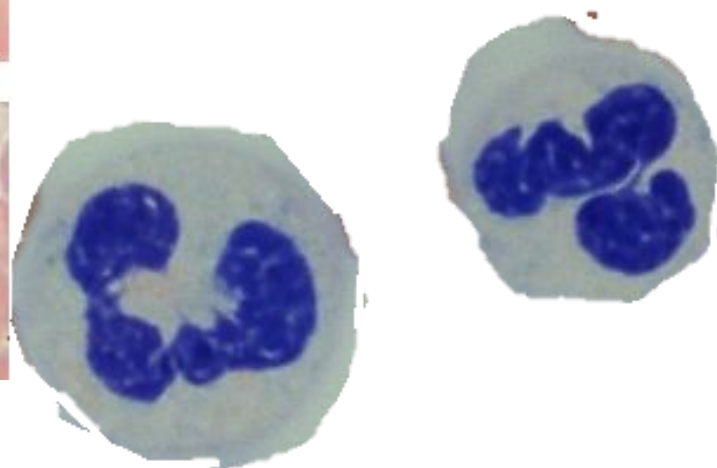
Формы лейкоцитов	Содержание лейкоцитов	
	%	абсолютные значения ($\times 10^9/\text{л}$)
Нейтрофилы палочко-ядерные	1–6	0,04–0,3
Нейтрофилы сегментоядерные	47–72	2,0–5,5
Эозинофилы	0,5–5	0,02–0,3
Базофилы	0–1	0,0–0,065
Лимфоциты	19–37	1,2–3,0
Моноциты	3–11	0,09–0,6

Нейтрофилы

- – гранулярные лейкоциты 12-13 мкм в диаметре.
- Являются самой многочисленной группой лейкоцитов и представлены клетками с разным уровнем дифференцировки.
- *Юные нейтрофилы* имеют ядро бобовидной формы со светлым содержимым. Составляют 0-1% от всех гранулоцитов.
- *Палочкоядерные нейтрофилы* имеют ядро в виде палочки или подковы, с большим содержанием гетерохроматина. Составляют 3-5% от всех гранулоцитов.
- *Сегментоядерные нейтрофилы* – наиболее зрелые формы, содержат дольчатое ядро, состоящее из 2-7 сегментов, соединенных перетяжками. Составляют 47-72% от всех гранулоцитов.
- У 3% нейтрофилов женщин выявляется дополнительный сегмент в виде барабанной палочки (тельце Барра).
- Продолжительность жизни нейтрофилов = 8 суток (8 часов циркулируют в крови, затем через стенки капилляров мигрируют в соединительную ткань, где до конца своей



Нейтрофил



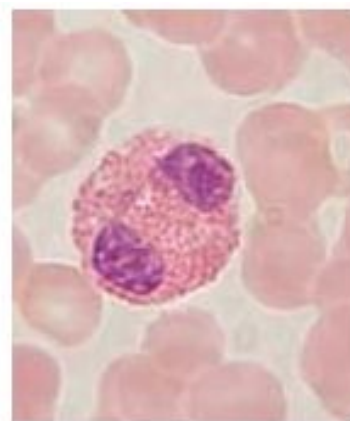
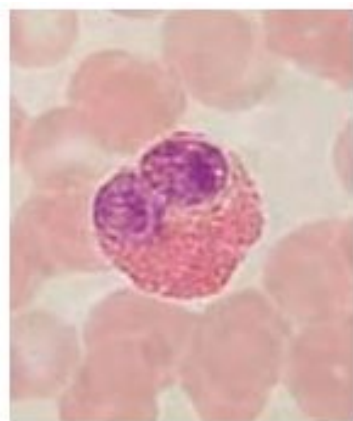
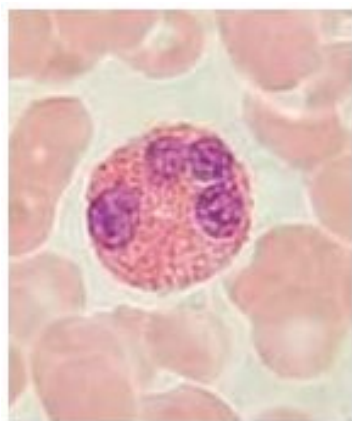
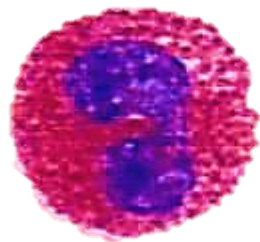
Функции нейтрофилов:

- 1) Повреждающее воздействие на микробы (катепсин, лизоцим и др.);
- 2) Фагоцитоз микроорганизмов, поврежденных клеток – одна из основных функций нейтрофилов, поэтому их еще называют *микрофагами*;
- 3) Участие в специфических иммунных реакциях: вырабатывают биологически активные вещества (цитокины) и регулируют кооперацию клеток при иммунном ответе.

Эозинофилы

- – гранулярный лейкоцит 13-15 мкм в диаметре, содержит бобовидное, палочковидное или сегментированное (обычно два сегмента с перемычкой) ядро, хорошо развитые органеллы в цитоплазме и гранулы.
- Из кровотока мигрируют в основном в рыхлую соединительную ткань органов, контактирующие с внешней средой (слизистая дыхательных, мочеполовых путей, кишечника). В рыхлой соединительной ткани эозинофилов в 200 раз больше, чем в крови.
- Составляют 1-6% от всех гранулоцитов в крови.
- Продолжительность жизни составляет несколько суток (в крови циркулируют только первые 4-8 часов)

Эозинофил



Функции эозинофилов:

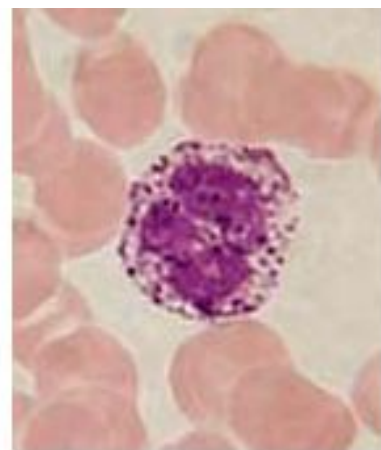
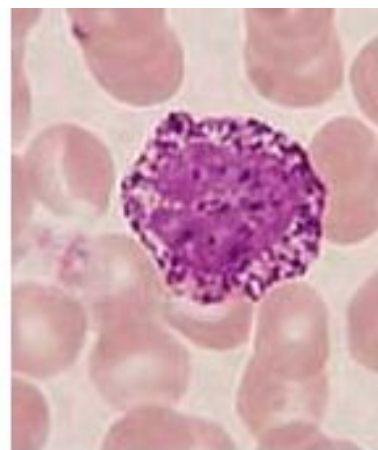
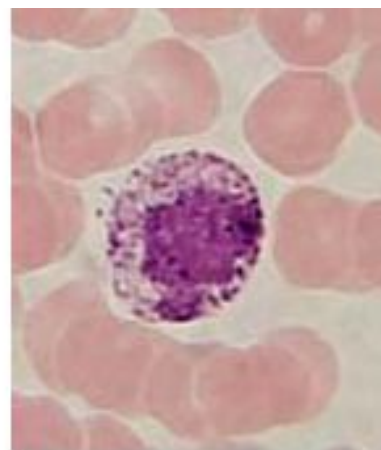
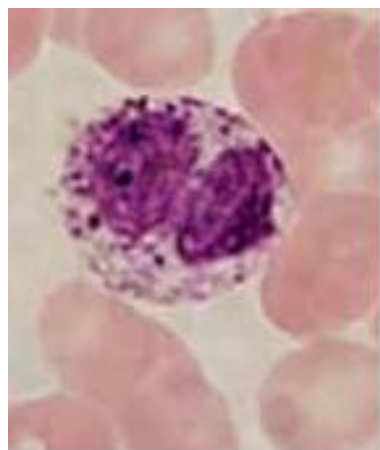
- 1) инактивация гистамина при помощи фермента гистаминазы, его фагоцитоза или захвата гистамина при помощи рецепторов и удерживания его на своей поверхности. Так же эозинофилы выделяют фактор, блокирующий выход гистамина из базофильных гранулоцитов.
- 2) уничтожение паразитов (гельминтов и простейших) нефагоцитарным путем.
- 3) Слабовыраженный фагоцитоз.
- 4) Ограничивают область иммунной реакции, создавая препятствие распространению антигенам и медиаторам воспаления, разрушая их.

Базофилы

- – гранулярный лейкоцит 11-12 мкм в диаметре, аналогичный тучной клетке, но отличаются друг от друга по соотношению и составу гранул.

Базофил содержит S – образное трехдольное ядро, **слабооксифильную** цитоплазму, в которой находятся все органеллы в умеренном количестве, липидные капли, гликоген и два типа гранул:

- 1) *неспецифические азурофильные* – аналогичны лизосомам;
- 2) *специфические* гранулы – плотные гранулы округлой или овальной формы, содержащие *гепарин* – антикоагулянт, *гистамин* – вещество, расширяющее сосуды, увеличивающее их проницаемость, а также факторы хемотаксиса нейтрофилов и эозинофилов и другие факторы.

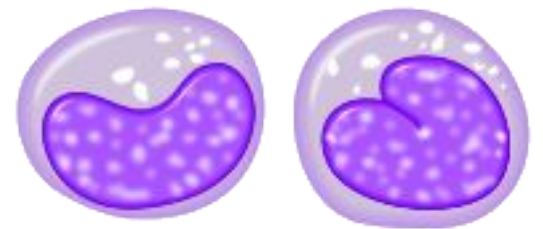
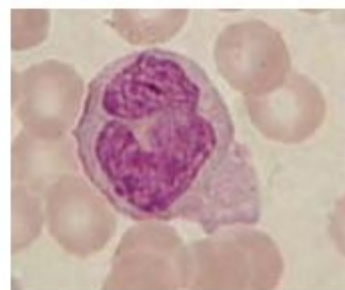
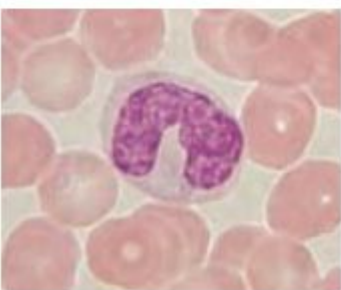
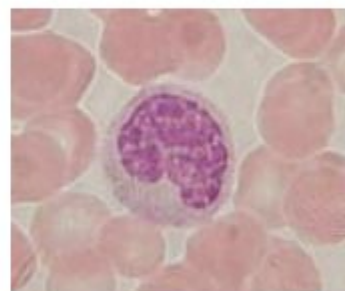
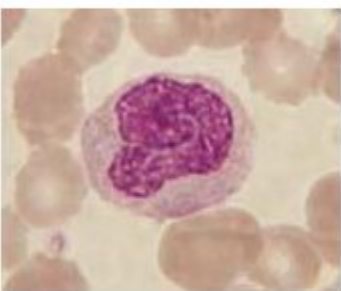
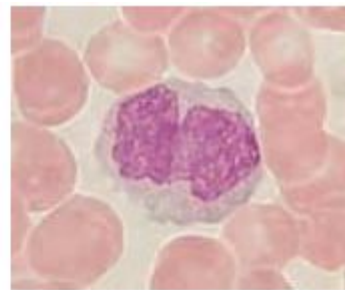
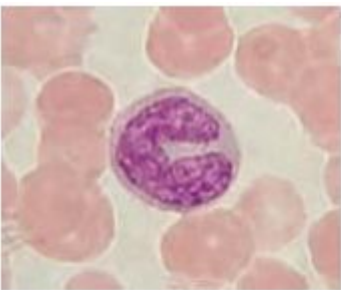
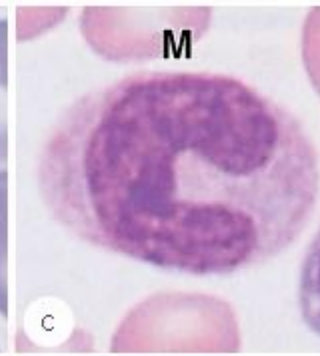
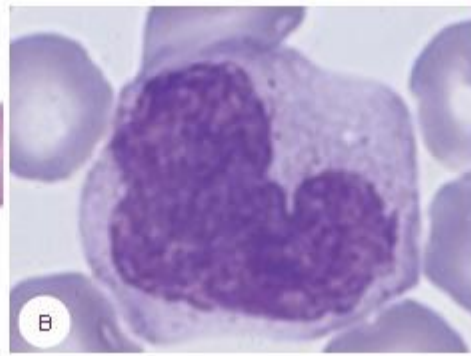
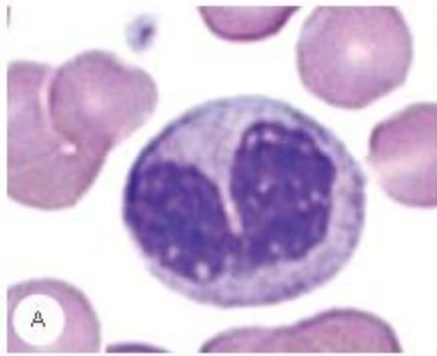


Функция базофилов:

- Участие в защитных реакциях организма (в первую очередь при аллергических и воспалительных реакциях): базофилы выделяют локально в большом количестве биологически активные вещества гранул, привлекают ряд других клеток (эозинофилы, нейтрофилы и др.)
- Слабовыраженный фагоцитоз.

Моноциты

- – агранулярные лейкоциты диаметром 18-20 мкм.
- Составляют 3-11% всех лейкоцитов.
- В крови находятся транзитом (36-104 часа) по пути следования в органы и ткани, где будут функционировать, из красного костного мозга.
- Совокупность всех потомков моноцитов крови в тканях называется *системой мононуклеарных (одноядерных) фагоцитов*:
 - макрофаги (гистиоциты) соединительной ткани,
 - дендритные клетки кроветворных органов,
 - альвеолярные макрофаги легких, селезенки и красного костного мозга,
 - макрофаги (клетки Купфера) печени,
 - остеокласты костной ткани,
 - перитонеальные макрофаги,
 - макрофаги (клетки Хофбауэра) плаценты
 - микроглия нервной ткани.

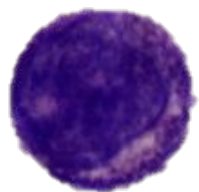
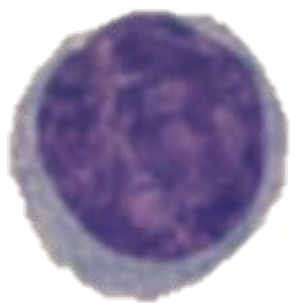
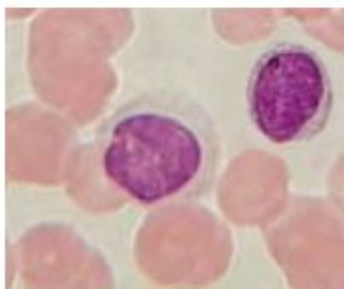
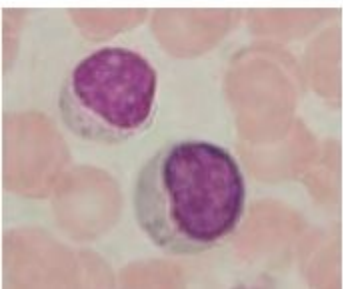
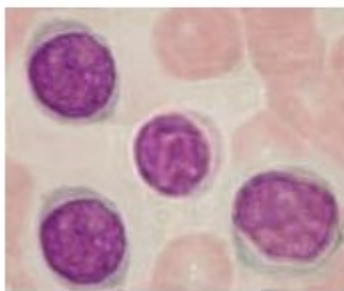
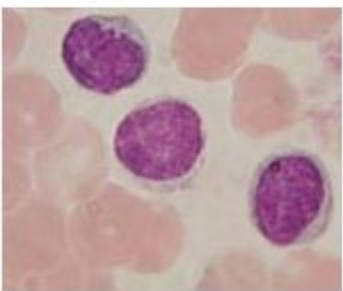
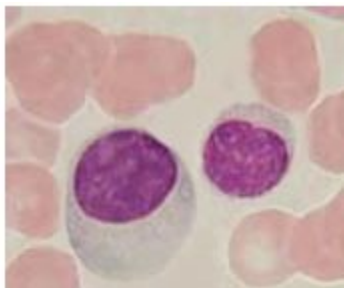
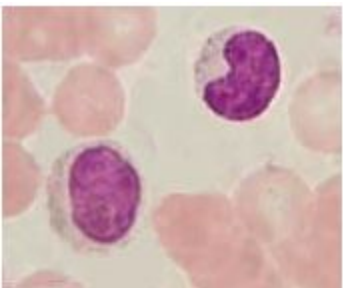


Функции моноцитов:

- 1) фагоцитоз и эндоцитоз;
- 2) участие в кооперации клеток при иммунном ответе, являясь антигенпредставляющими клетками, а также выделяют биологически активные вещества, регулирующие гемопоэз и хемотаксис других участников иммунных реакций.

Лимфоциты

- – агранулярные лейкоциты со средним диаметром 8-10 мкм (малые $\varnothing < 7$ мкм, большие $\varnothing > 10$ мкм), составляют 19-37% от всех лейкоцитов.
- Рециркуляция – способность лимфоцитов выходить из крови в ткани, затем снова возвращаться в кровь через лимфу.
- В крови находится лишь 2% лимфоцитов, 98% рассредоточено по другим органам и тканям.
- Лимфоциты – округлые клетки с крупным ядром, занимающим до 90% объема клетки. Цитоплазма **слабобазофильная**. Все органеллы представлены в умеренном количестве, кроме цитоскелета, который хорошо развит.



Виды лимфоцитов:

- 1) *по размерам клетки различают:*

- Малые (Ø7-8 мкм)
- Средние (8-12 мкм)
- Большие (7-8 мкм)

- 2) *по функции выделяют:*

- Т-лимфоциты
- В-лимфоциты
- 0-лимфоциты

Отличия T- и B-лимфоцитов:

<u>Признак</u>	<u>T-лимфоциты</u>	<u>B-лимфоциты</u>
По месту антигеннезависимой дифференцировки	Тимус	Лимфоидная ткань органов
По выполняемым функциям	Обеспечивают преимущественно клеточный иммунитет	Обеспечивают гуморальный иммунитет
По содержанию в крови	70-80%	10-20%

Функция лимфоцитов:

участие и обеспечение иммунных реакций.

Тромбоциты

(кровяные пластинки)

- – это овальные, двояковыпуклые тельца, являющиеся фрагментами цитоплазмы мегакариоцитов красного костного мозга.
- Центральная часть тромбоцита – *грануломер*, содержащий азурофильные зерна; наружная часть – *гиаломер*, имеющий гомогенную консистенцию и бледно-голубую окраску, здесь располагается краевое кольцо из элементов цитоскелета, образуя жёсткий каркас тромбоцита, а также подмембранный аппарат, позволяющий тромбоцитам перемещаться.

Функции тромбоцитов:

- 1. Восстановление целостности сосудистой стенки при повреждении (первичный гемостаз).
- 2. Свертывание крови, в совместной реакции с эндотелием и плазмой крови (вторичный гемостаз) путем прилипания агрегатов тромбоцитов к месту повреждения.
- 3. Участие в иммунных реакциях (вырабатывают факторы хемотаксиса клеток иммунной системы).

Плазма крови

- – межклеточное вещество, состоящее из воды (90-93%), органических веществ (6-7,5%), главным образом белков (более 200 видов: альбумины, глобулины, коагулянты, антикоагулянты, белки системы комплемента и др.), неорганических веществ (1%).
- рН составляет 7,36 (стабильность рН обеспечивает буферная система плазмы крови).

ГЕМОГРАММА

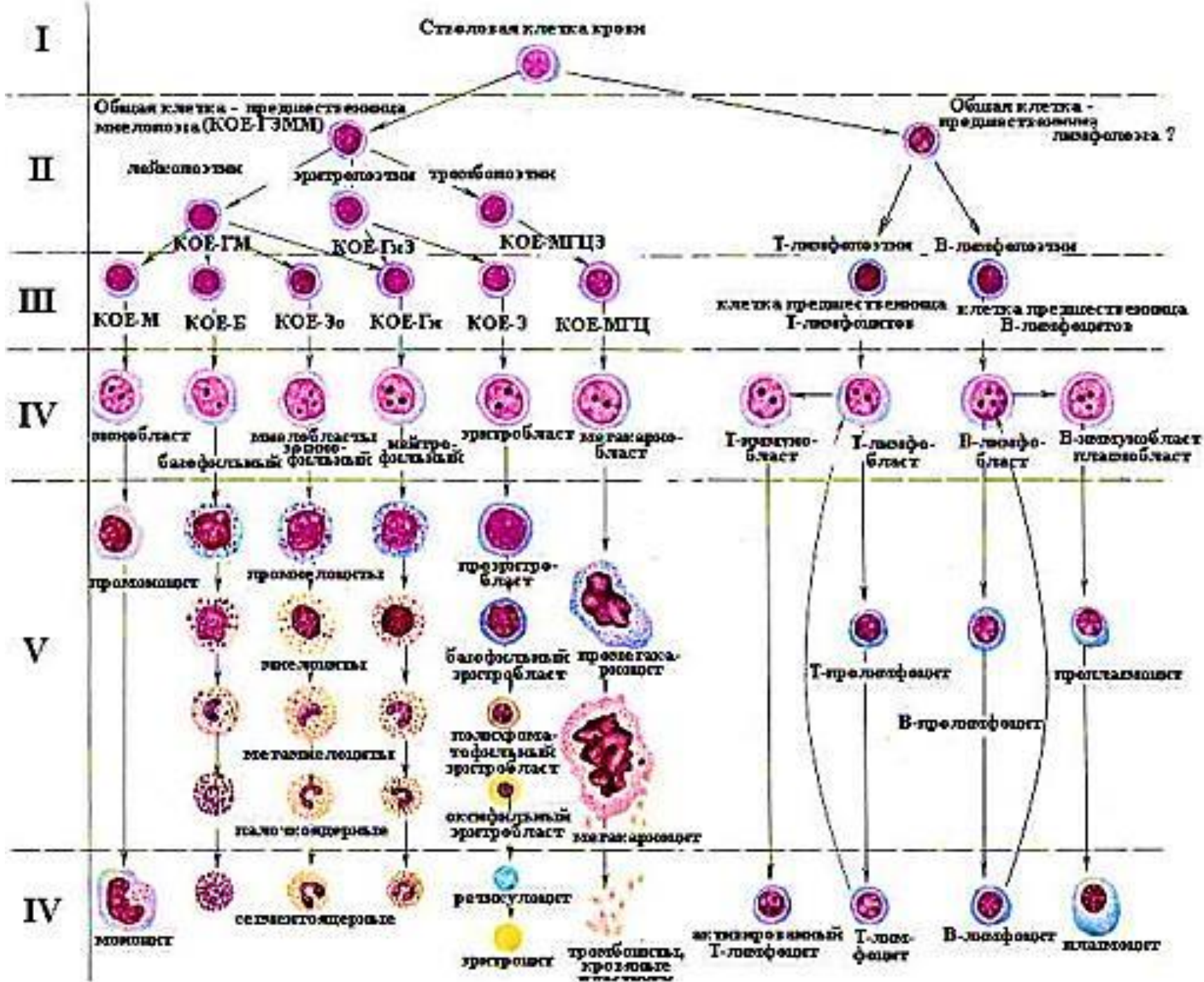
взрослого человека

Эритроциты (млн/мкл)	Ретикулоциты (%)	Тромбоциты (тыс./мкл)	Лейкоциты (тыс./мкл)
4-5,5	0,2-1	200-400	4-8

Гемопоз

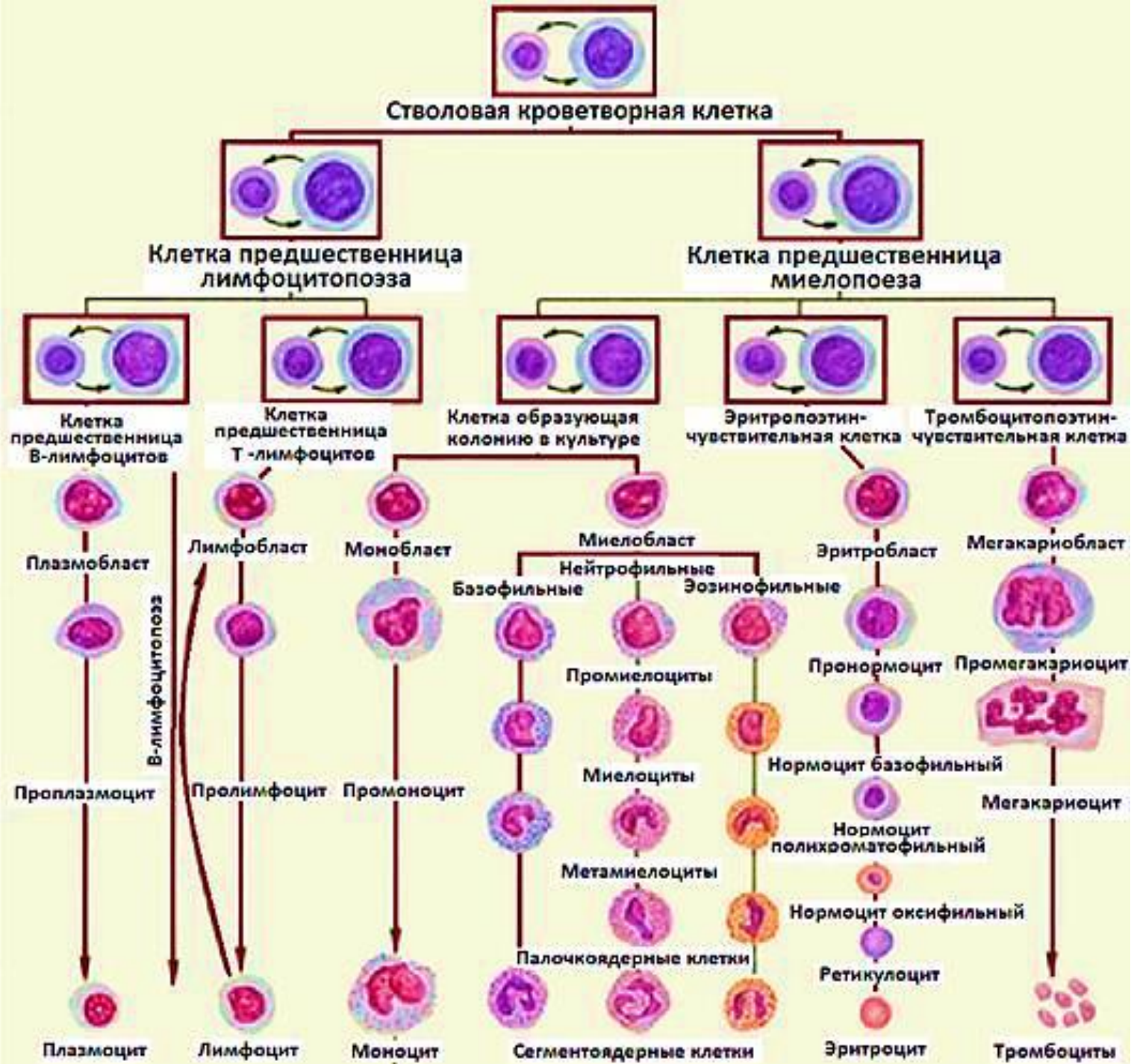
(крововетворение)

- — процесс образования крови, включает в себя:
 - ✓ эритропоз (образование эритроцитов),
 - ✓ Гранулоцитопоз/миелоцитопоз (образование гранулярных лейкоцитов),
 - ✓ моноцитопоз (образование моноцитов),
 - ✓ тромбоцитопоз (образование кровяных пластинок),
 - ✓ лимфоцитопоз (образование лимфоцитов и иммуноцитов).
- Выделяют
 - эмбриональный гемопоз, обеспечивающий гистогенез крови (образование крови как ткани)
 - постэмбриональный гемопоз – процесс физиологической регенерации крови.



КОСТНЫЙ МОЗГ

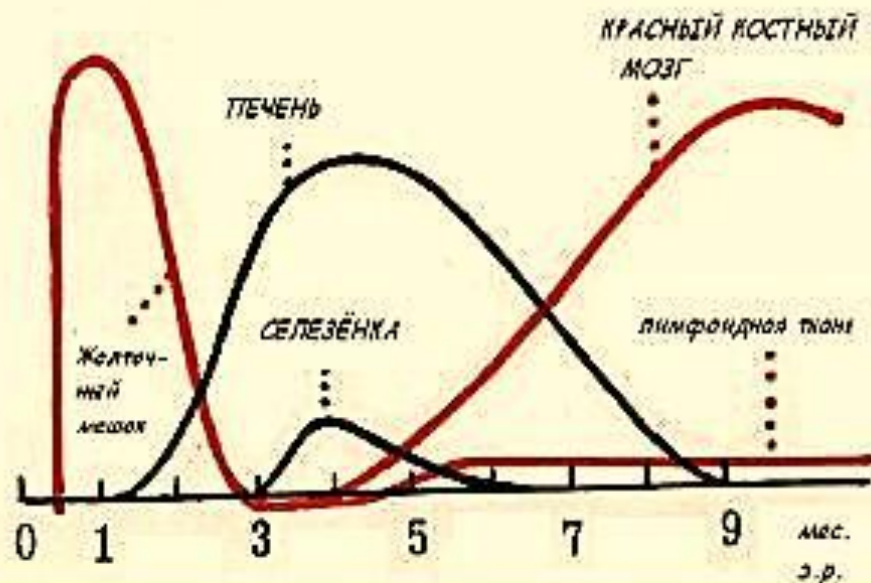
I
II
III
IV
V
VI



Эмбриональный гемопоэз

включает три этапа:

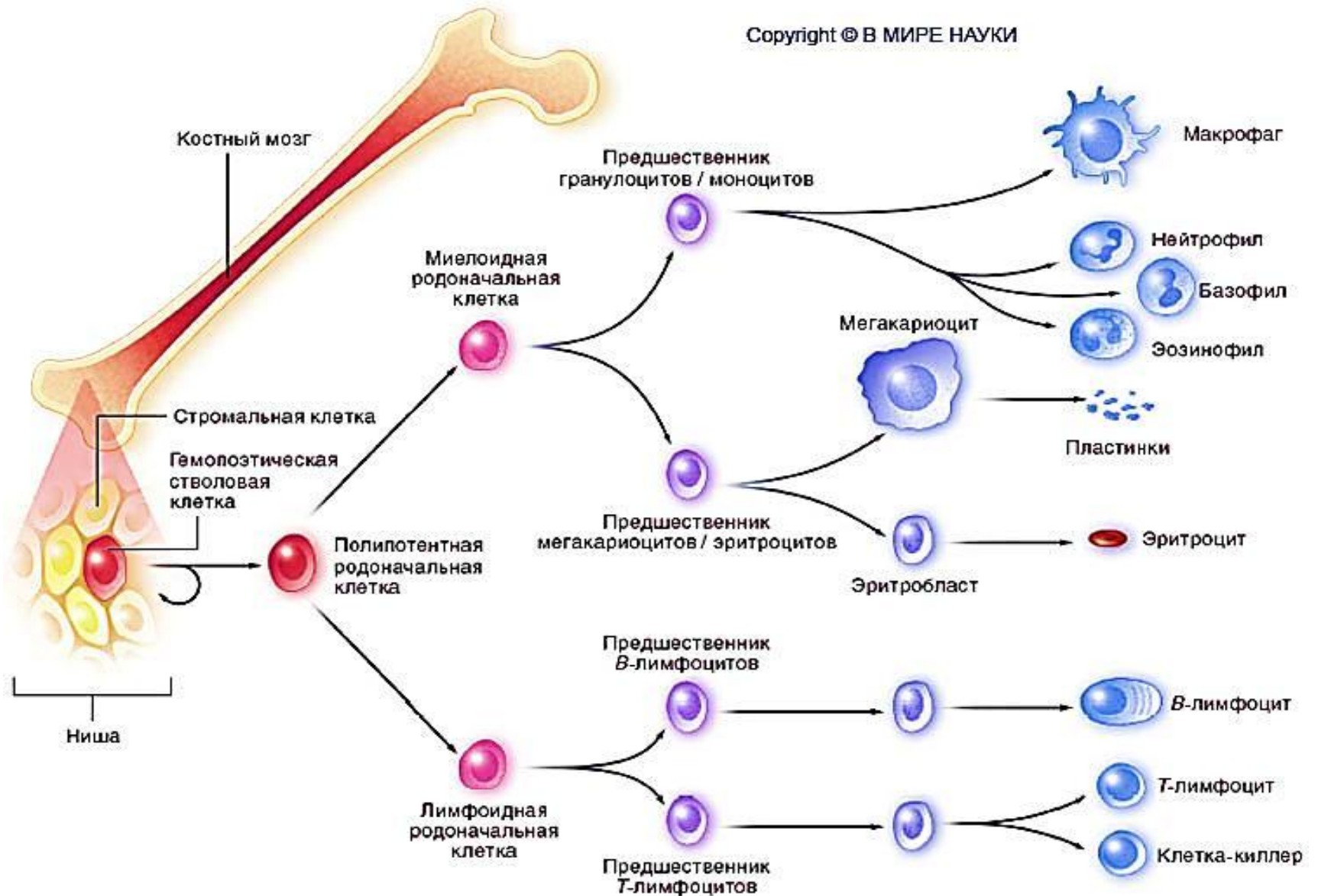
- **Мезобластический:** на этом этапе происходит образование первой генерации стволовых клеток крови (СКК). Процесс происходит интраваскулярно (внутри сосудов) в мезенхиме желточного мешка (внезародышевый провизорный орган) на 3-10 неделе внутриутробного периода. Из желточного мешка СКК мигрируют в другие кроветворные органы.
- **Гепатолиенальный (кроветворение в печени и селезенке):** этап протекает, начиная с 5-6 недели, достигая максимальной активности на втором месяце, когда на кроветворение на 80% обеспечивается печенью, а на 20% селезенкой. В этих органах дифференцировка клеток крови из СКК протекает экстраваскулярно (вне сосуда). В печени образуются преимущественно эритроциты, гранулоциты, кровяные пластинки. В селезенке первоначально образуются все виды форменных элементов крови, а во второй половине внутриутробного развития начинает преобладать лимфоцитопоэз.
- **Медуллярный (тимо-медулло-лимфоидный) гемопоэз:** образование форменных элементов крови в тимусе, лимфоидной ткани и красном костном мозге (ККМ), начинается



Эмбриональный гемопоэз делится на три периода в зависимости от времени и места протекания. Это периоды в определенной степени перекрываются:

- **мегалобластический** (внезародышевый) период - 1-2-й месяцы эмбриогенеза;
- **гепато-тимо-лиенальный** период - 2-5-й месяцы эмбриогенеза;
- **медулло-тимо-лимфатический** период – 5-10-й месяцы эмбриогенеза.





Полипотентная стволовая клетка → Коммитированные родоначальные клетки и клетки-предшественники → Дифференцированные клетки

Самообновление

Полиферативный потенциал

Степень дифференцировки