

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Ивановская государственная  
медицинская академия» Минздрава Российской Федерации  
Кафедра гистология, эмбриологии, цитологии

# Реферат на тему: «Гемопоз»

Выполнили работу: студентки 10 группы педиатрического факультета

Азизова Любовь Артуровна и Кюрюглиева Эмиля Тагировна

Руководитель: доктор медицинских наук, профессор

Виноградов Сергей Юрьевич

Иваново, 2020 г.

# Содержание

---

1. *Введение*
2. *Современная модель гемопоэза. Понятие о стволовых клетках крови (СКК) и колониобразующих единицах(КОЕ). Характеристика плюрипотентных предшественников (стволовых, коммитированных клеток), унипотентных предшественников, бластных форм.*
3. *Эмбриональный гемоцитопоэз: развитие крови как ткани(гистогенез)*
4. *Постэмбриональный гемопоэз: физиологическая регенерация крови*
5. *Морфологически неидентифицируемые и морфологически идентифицируемые стадии развития клеток крови (характеристика клеток в дифферонах: эритроцитов, гранулоцитов, моноцитов, Т-лимфоцитов, В-лимфоцитов и тромбоцитов).*

# Введение

---

Клетки крови играют ключевую роль в доставке кислорода к тканям, защитных реакциях организма и гемостазе. Эритроциты живут в среднем 120 сут, тромбоциты - 7-10 сут, а гранулоциты - всего 6-8 ч. Дольше всех могут жить лимфоциты, однако лимфопоэз неэффективен - лишь около 5% клеток в процессе созревания проходят отбор в костном мозге и тимусе и попадают в кровь.

Ежедневно в организме взрослого человека весом 70 кг погибают более 0,5 триллиона дифференцированных клеток, включая 200 млрд эритроцитов и 70 млрд нейтрофилов.

В норме скорость образования клеток крови равна скорости разрушения, но в ответ на увеличение потребности один или несколько клеточных ростков гиперплазируются.

Таким образом, поддержание постоянства состава крови требует непрерывного образования новых клеток. Этот процесс называется кроветворением. Он обеспечивается стволовыми кроветворными клетками - небольшой (0,01%) фракцией костномозговых клеток, из которых возникают все клетки крови.

Гемопоэз - это процесс генерации зрелых клеток крови. Кинетика кроветворения и кроверазрушения – важнейший показатель качества работы функциональной системы крови.

Кроветворная ткань – динамическая, постоянно обновляющаяся структура, механизмы регуляции которой построены по принципу обратных связей.

Закономерная гибель клеток крови в процессе функционирования организма постоянно восполняется вновь образующимися клетками, создавая условия для поддержания гомеостаза и жизнедеятельности организма. Огромный пролиферативный потенциал кроветворной ткани обеспечивается стволовыми кроветворными клетками (СКК), или плюрипотентными стволовыми клетками (ПСК).

# СОВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ГЕМОПОЭЗА

---

Современная унитарная теория кроветворения предполагает, что родоначальница всех форменных элементов крови – стволовая кроветворная клетка. Морфологически она сходна с малыми лимфоцитами и способна к самообновлению. СКК медленно размножается и дифференцируется, образуя несколько различных типов коммитированных клеток, имеющих ограниченные потенции – коммитированы к дифференцировке в один клеточный тип, пролиферируют и (в присутствии факторов роста) дифференцируются в клетки-предшественницы (И.Л. Чертков, 1990). Существует мнение, что программирование (коммитирование) клетки на определенный путь дифференцировки происходит случайным образом. Клетки-предшественницы – клетки одной линии, начинающейся с коммитированной унипотентной клетки и завершающейся формированием зрелой клетки крови. Таким образом, в гемопоэзе участвуют СКК, коммитированные унипотентные клетки и клетки-предшественницы.

Каждая СКК при делении образует две дочерные клетки – одна из них вступает на путь пролиферации, вторая – на самоподдержание популяции СКК. Пролиферативную активность стволовых клеток модулируют колониестимулирующие факторы и интерлейкины (особенно активны ИЛ-3).

Экспериментально (на мышах) показано, что при введении смертельно облученным животным (утратившим собственные кроветворные клетки) взвеси клеток красного костного мозга или фракции, обогащенной СКК, в селезенке появляются колонии клеток - потомков одной СКК. Пролиферативную активность СКК модулируют колониестимулирующие факторы (КСФ), интерлейкины (ИЛ-3 и др.). Каждая СКК в селезенке образует одну колонию и называется *селезеночной колониеобразующей единицей* (КОЕ-С). Подсчет колоний позволяет судить о количестве стволовых клеток, находящихся во введенной взвеси клеток. Таким образом, было установлено, что у мышей на  $10^5$  клеток костного мозга приходится около 50 стволовых клеток. Исследование очищенной фракции стволовых клеток с помощью электронного микроскопа позволяет сделать вывод, что по ультраструктуре они очень близки к малым темным лимфоцитам.

Исследование клеточного состава колоний выявляет две линии их дифференцировки. Одна линия дает начало мультипотентной клетке - родоначальнику гранулоцитарного, эритроцитарного, моноцитарного и мегакариоцитарного дифферонов гемопоэза (КОЕ-ГЭММ).

Вторая линия дает начало мультипотентной клетке - родоначальнику лимфопоэза (КОЕ-Л) (рис.1). Из мультипотентных клеток дифференцируются олигопотентные (КОЕ-ГМ) и унипотентные родоначальные (прогениторные) клетки. Методом колониеобразования

определены родоначальные унипотентные клетки для моноцитов (КОЕ-М), нейтрофилов (КОЕ-Гн), эозинофилов (КОЕ-Эо), базофилов (КОЕ-Б), эритроцитов (БОЕ-Э и КОЕ-Э), мегакариоцитов (КОЕ-МГЦ), из которых образуются клетки-предшественники (прекурсорные).

Согласно современной схеме кроветворения, все клетки в зависимости от степени дифференцировки объединены в 6 классов:

I – класс полипотентных клеток-предшественников, включает стволовые кроветворные клетки;

II – класс частично детерминированных полипотентных клеток-предшественников. Его существование выявляется опосредованно. Например, при облучении в пострadiационном периоде восстановления крови происходит временный подъем количества эритроцитов и гранулоцитов. Основная масса клеток сосредоточена в костном мозге, но не исключается возможность их перемещения в пределах кроветворной системы. Содержание клеток в крови незначительное;

III – класс унипотентных клеток-предшественников, способных к ограниченному самоподдержанию (например, в течение 10-15 митозов, затем погибают). Класс формируют клетки-предшественники родоначальных клеток отдельных рядов кроветворения:

- а) эритропоэтинчувствительная клетка;
- б) колониеобразующая в культуре клеток (клетки, дающие начало гранулоцитам и макрофагам);
- в) тромбоцитопоэтинчувствительная клетка;
- г) клетки-предшественники Т- и В-лимфоцитов.

Клетки-предшественники всех уровней морфологически не идентифицируются, их характерная особенность – существование в двух структурно различных формах – бластной и лимфоцитоподобной;

IV – класс морфологически распознаваемых пролиферирующих клеток. Представлен бластными формами, дающими начало отдельным рядам кроветворения – гранулоцитам, эритроцитам, моноцитам, мегакариоцитам и лимфоцитам. При окраске по Романовскому – Гимзе ядра клеток имеют красно-фиолетовый цвет, нежно-сетчатую структуру, несколько хорошо очерченных ядрышек и ободок цитоплазмы от светлого до интенсивно-синего (базофильного) цвета. Форма ядра бластных клеток круглая, реже овальная или овально-вытянутая. Ядро расположено в центре или несколько смещено к одному из полюсов клетки.

Характерная особенность клеток – преобладание площади ядра над площадью цитоплазмы;

V – класс созревающих клеток;

VI – класс зрелых клеток с ограниченным жизненным циклом (А. И. Воробьев и соавт., 1995).

Впервые представление о родоначальных клетках крови сформулировал А. А. Максимов, он же указал на их морфологическое сходство с лимфоцитами, что нашло подтверждение и развитие в новейших экспериментальных исследованиях.

## ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ГЕМОПОЭЗ

---

Различают эмбриональный гемопоэз, который приводит к развитию крови как ткани, и постэмбриональный гемопоэз, включающий процесс физиологической регенерации крови. Наиболее полно гемопоэз изучен у млекопитающих животных и птиц. В эмбриональный период у человека и млекопитающих животных в развитии крови выделяют 3 стадии, последовательно сменяющих друг друга.

Развитие эритроцитов называют *эритропоэзом*, развитие гранулоцитов - *гранулоцитопоэзом*, тромбоцитов - *тромбоцитопоэзом*, развитие моноцитов - *моноцитопоэзом*, развитие лимфоцитов и иммуноцитов - *лимфоцито-и иммуноцитопоэзом*.

В развитии крови как ткани в эмбриональный период можно выделить три основных этапа, последовательно сменяющих друг друга:

1) *мезобластический*, когда начинается развитие клеток крови во внезародышевых органах - мезенхиме стенки желточного мешка и хориона (с 3-й по 9-ю нед. развития зародыша человека) и появляется первая генерация стволовых клеток крови;

2) *печеночный*, который начинается в печени с 5-6-й нед развития зародыша, когда печень становится основным органом гемопоэза, в ней образуется вторая генерация СКК. Кровотворение в печени достигает максимума через 5 мес и завершается перед рождением. СКК печени заселяют вилочковую железу (здесь, начиная с 7-8-й нед, развиваются Т-лимфоциты), селезенку (гемопоэз начинается с 12-й нед) и лимфатические узлы (гемопоэз отмечается с 10-й нед);

3) *медуллярный* (костномозговой) - появление третьей генерации СКК в костном мозге, где гемопоэз начинается с 10-й нед и постепенно нарастает к

рождению, а после рождения костный мозг становится центральным органом гемопоэза.

**Кроветворение в стенке желточного мешка.** У человека оно начинается в конце 2-й - начале 3-й нед эмбрионального развития. В мезенхиме стенки желточного мешка обособляются зачатки сосудистой крови, или *кровяные островки*. В них мезенхимные клетки теряют отростки, округляются и преобразуются в *стволовые клетки крови*. Клетки, ограничивающие кровяные островки, уплощаются, соединяются между собой и образуют эндотелиальную выстилку будущего сосуда. Часть СКК дифференцируются в первичные клетки крови (бласты), крупные клетки с базофильной цитоплазмой и ядром, в котором хорошо заметны крупные ядрышки (рис.2). Большинство первичных кровяных клеток митотически делятся и превращаются в *первичные эритробласты*, характеризующиеся крупным размером (мегалобласты). Это превращение совершается в связи с накоплением эмбрионального гемоглобина в цитоплазме бластов, при этом сначала образуются *полихроматофильные эритробласты*, а затем *ацидофильные эритробласты* с большим содержанием гемоглобина. В некоторых первичных эритробластах ядра подвергаются кариорексису и удаляются из клеток, в других клетках ядра сохраняются. В результате образуются безъядерные и ядродержащие *первичные эритроциты*, отличающиеся большим размером от ацидофильных эритробластов и поэтому получившие название *мегалоцитов*. Такой тип кроветворения называется *мегалобластическим*. Он характерен для эмбрионального периода, но может появляться в постнатальном периоде при некоторых заболеваниях (злокачественное малокровие).

Наряду с мегалобластическим в стенке желточного мешка начинается нормобластическое кроветворение, при котором из бластов образуются вторичные эритробласты; сначала по мере накопления в их цитоплазме гемоглобина они превращаются в полихроматофильные эритробласты, далее в нормобласты, из которых образуются вторичные эритроциты (нормоциты); размеры последних соответствуют эритроцитам (нормоцитам) взрослого человека (рис.2). Развитие эритроцитов в стенке желточного мешка происходит внутри первичных кровеносных сосудов, т.е. *интраваскулярно*. Одновременно экстраваскулярно из бластов, расположенных вокруг сосудов, дифференцируется небольшое количество гранулоцитов - нейтрофилов и эозинофилов. Часть СКК остается в недифференцированном состоянии и разносится током крови по различным органам зародыша, где происходит их дальнейшая дифференцировка в клетки крови или соединительной ткани. После редукции желточного мешка основным кроветворным органом временно становится печень.

**Кроветворение в печени.** Печень закладывается примерно на 3-4-й нед эмбрионального развития, а с 5-й нед. она становится центром

кроветворения. Кроветворение в печени происходит *экстраваккулярно*, по ходу капилляров, врастающих вместе с мезенхимой внутрь печеночных долек. Источником кроветворения в печени служат стволовые клетки крови, из которых образуются бласты, дифференцирующиеся во вторичные эритроциты. Процесс их образования повторяет описанные выше этапы образования вторичных эритроцитов. Одновременно с развитием эритроцитов в печени образуются зернистые лейкоциты, главным образом нейтрофильные и ацидофильные. В цитоплазме бласта, становящейся более светлой и менее базофильной, появляется специфическая зернистость, после чего ядро приобретает неправильную форму. Кроме гранулоцитов, в печени формируются гигантские клетки - мегакариоциты. К концу внутриутробного периода кроветворение в печени прекращается.

**Кроветворение в тимусе.** Вилочковая железа закладывается в конце 1-го мес. внутриутробного развития, и на 7-8-й нед. ее эпителий начинает заселяться стволовыми клетками крови, которые дифференцируются в лимфоциты тимуса. Увеличивающееся число лимфоцитов тимуса дает начало Т-лимфоцитам, заселяющим Т-зоны периферических органов иммунопоэза.

**Кроветворение в селезенке.** Закладка селезенки происходит в конце 1-го мес. внутриутробного развития. Из вселяющихся в нее стволовых клеток происходит экстраваккулярное образование всех видов форменных элементов крови, т. е. селезенка в эмбриональном периоде представляет собой универсальный кроветворный орган. Образование эритроцитов и гранулоцитов в селезенке достигает максимума на 5-м мес. внутриутробного развития. После этого в ней начинает преобладать лимфоцитопоэз.

**Кроветворение в лимфатических узлах.** Первые закладки лимфатических узлов у человека появляются на 7-8-й нед. эмбрионального развития. Большинство лимфатических узлов развиваются на 9-10-й нед. В этот же период начинается проникновение в лимфатические узлы стволовых клеток крови, из которых дифференцируются эритроциты, гранулоциты и мегакариоциты. Однако формирование этих элементов быстро подавляется образованием лимфоцитов, составляющих основную часть клеток лимфатических узлов. Появление единичных лимфоцитов происходит уже на 8-15-й нед. развития, однако массовое «заселение» лимфатических узлов предшественниками Т- и В-лимфоцитов начинается с 16-й нед., когда формируются посткапиллярные венулы, через стенку которых осуществляется процесс миграции клеток. Из клеток-предшественников дифференцируются лимфобласты (большие лимфоциты), а далее средние и малые лимфоциты. Дифференцировка Т- и В-лимфоцитов происходит в Т- и В-зависимых зонах лимфатических узлов.



**Кроветворение в костном мозге.** Закладка костного мозга осуществляется на 2-м мес внутриутробного развития. Первые гемопоэтические элементы появляются на 12-й нед развития; в это время основную их массу составляют эритробласты и предшественники гранулоцитов. Из СКК в костном мозге формируются все форменные элементы крови, развитие которых происходит экстравакулярно (рис.2). Часть СКК сохраняются в костном мозге в недифференцированном состоянии, они могут расселяться по другим органам и тканям и являться источником развития клеток крови и соединительной ткани. Таким образом, костный мозг становится центральным органом, осуществляющим универсальный гемопоэз, и остается им в течение постнатальной жизни. Он обеспечивает стволовыми кроветворными клетками тимус и другие органы гемопоэза.

## Постэмбриональный гемопоэз

---

Постэмбриональный гемопоэз представляет собой процесс *физиологической регенерации крови* (клеточное обновление), который компенсирует физиологическое разрушение дифференцированных клеток. Миелопоэз происходит в миелоидной ткани (*textusmyeloideus*), расположенной в эпифизах трубчатых и полостях многих губчатых костей. Здесь развиваются форменные элементы крови: эритроциты, гранулоциты, моноциты, кровяные пластинки, предшественники лимфоцитов. В миелоидной ткани находятся стволовые клетки крови и соединительной ткани. Предшественники лимфоцитов постепенно мигрируют и заселяют такие органы, как тимус, селезенка, лимфатические узлы и др.

Лимфопоэз происходит в лимфоидной ткани (*textuslymphoideus*), которая имеет несколько разновидностей, представленных в тимусе, селезенке, лимфатических узлах. Она выполняет основные функции: образование Т- и В-лимфоцитов и иммуноцитов (плазмоцитов и др.).

В лимфопоэтическом ряду выделяют унипотентные клетки - предшественники В-лимфоцитов и соответственно Т-лимфоцитов. Полипотентные (плюрипотентные и мультипотентные), олигопотентные и унипотентные клетки морфологически не различаются.

Дифференцировка полипотентных клеток в унипотентные определяется действием ряда специфических факторов - эритропоэтинов (для эритробластов), гранулопоэтинов (для миелобластов), лимфопоэтинов (для лимфобластов), тромбопоэтинов (для мегакариобластов) и др.

# Характеристика морфологически неидентифицируемых и идентифицируемых стадий развития клеток крови.

---

Морфологически неидентифицируемые стадии гемопоэза включают в себя стволовые клетки, полустволовые и унипотентные клетки.

При делении стволовых клеток образуются 2 типа клеток, которые получили название полустволовых клеток. Из клеток 1 типа (клетка-предшественник миелопоэза) образуются в дальнейшем эритроциты, гранулоциты, моноциты, тромбоциты, а из клеток 2 типа (клетка-предшественник лимфопоэза) развиваются, прежде всего, различные лимфоциты. В силу того, что направления развития полустволовых клеток несколько ограничены, по сравнению со стволовыми клетками, они называются частично детерминированными. В результате пролиферации и дифференцировки полустволовых клеток образуются унипотентные клетки, которые могут дифференцироваться только в одном направлении. В силу ограничения направления их развития такие клетки получили название строго детерминированных клеток. Кроме того, унипотентные клетки называются КОЕ или КОК. Из первой полустволовой клетки образуется 6 унипотентных клеток: для эритроцитов (КОЕ-Э), для нейтрофилов (КОЭ-н), для эозинофилов (КЭЕ-эо), для базофилов (КОЭ-б), для моноцитов (КОЭ-м) и для тромбоцитов (КОЭ-мкц). Из второй полустволовой клетки образуются унипотентные клетки: клетка-предшественник для В-лимфоцитов, клетка-предшественник для Т-лимфоцитов, унипотентная клетка для натуральных (естественных) киллеров и клетка-предшественник для дендритных клеток 2 типа.

Дифференцировка клеток в унипотентные клетки сопровождается формированием на них рецепторов к гемопоэтическим гормонам (ИЛЗ, эритропоэтин, тромбопоэтин), нейромедиаторам, катехоламинам, тиреотропному гормону, тестостерону, которые регулируют пролиферацию и дифференцировку клеток крови. Первоначально образуются бипотентные клетки (гранулоцитарно-моноцитарные, эритроцитарно-мегакариоцитарные). Дифференцировка полипотентных клеток в унипотентные определяется действием ряда специфических факторов (гемопоэтинов)- эритропоэтинов (для эритробластов), гранулопоэтинов (для миелобластов), лимфопоэтинов (для лимфобластов), тромбопоэтинов (для мегакариобластов) и др.

Морфология стволовых, полустволовых и унипотентных клеток изучена недостаточно, поэтому они практически неразличимы и составляют морфологически неидентифицируемые стадии гемопоэза. Дальнейшая дифференцировка унипотентных клеток изучена достаточно полно, так как

дифференцирующиеся клетки отличаются ярко выраженными признаками. Они составляют морфологически идентифицируемые стадии гемопоэза.

**Эритроцитопоэз**- процесс образования эритроцитов из унипотентной клетки (КОЕ-э) осуществляется под влиянием эритропоэтина, вырабатываемого в почках (90%) и печени (10%) в ответ на снижение парциального давления кислорода в крови (гипоксия) и запускающего эритроцитопоэз. Под влиянием эритропоэтина унипотентная клетка дифференцируется в проэритробласт. Проэритробласт - это крупная клетка размером 18-25 мкм, содержит крупное круглое ядро, много свободных рибосом, в которых начинается синтез гемоглобина. Цитоплазма этих базофильная. Из проэритробластов образуются базофильные эритробласты. Эта клетка 15-18 мкм, цитоплазма резко базофильная за счет накопления свободных рибосом. Базофильные эритробласты совершают 2-3 деления и превращаются в полихроматофильные эритробласты. Эти клетки размером 10-12 мкм, базофилия снижается за счет накопления гемоглобина и цитоплазма окрашивается в сиреневый цвет, число свободных рибосом уменьшается и накапливаются зерна ферритина. При делении и дифференцировке этих клеток образуются оксифильные эритробласты (нормобласты), у которых ядро сморщивается и становится пикнотичным, гемоглобина много, цитоплазма окрашивается оксифильно. Клетка небольших размеров - 8-10 мкм. На этой стадии пикнотичное ядро выталкивается из клетки. При этом, в цитоплазме сохраняются единичные органоиды (рибосомы и митохондрии). Клетка утрачивает способность к делению. В результате этих преобразований оксифильный эритробласт (нормобласт) превращается в безъядерную клетку - ретикулоцит. Эта клетка содержит в своем составе небольшое количество органоидов. В периферической крови ретикулоцит в течение 1-2 суток дифференцируется в зрелый эритроцит. Таким образом, в процессе эритроцитопоэза наблюдается уменьшение размеров клетки (приблизительно в 2 раза), происходит уплотнение и исчезновение ядра, накопление гемоглобина, что обуславливает оксифилию, уменьшение содержания РНК, клетка теряет способность к делению. Из одной стволовой клетки крови в результате 12 делений в течение 7-10 дней образуется 2048 зрелых эритроцитов.

**Гранулоцитопоэз** – процесс образования гранулоцитов из унипотентных клеток. В результате пролиферации и дифференцировки из унипотентной клетки образуются миелобласты. Это клетки крупных размеров до 18-20 мкм, содержат крупное и круглое ядро, лежащее в центре. В этих клетках хорошо развиты структуры аппарата Гольджи, лизосомы. В цитоплазме содержится много миелопероксидазы и кислой фосфатазы. Специфическая зернистость в этих клетках отсутствует. В силу большого количества свободных рибосом цитоплазма миелобластов резко базофильная. При делении этих клеток образуются промиелоциты (нейтрофильные, базофильные и оксифильные). Промиелоциты являются самыми крупными клетками (до 27 мкм). На этой

стадии в клетках начинает появляться специфическая зернистость. В результате 3 –х делений образуются миелоциты (нейтрофильные, базофильные и эозинофильные), имеющие размеры 12-18 мкм. Ядро становится слегка бобовидным. Количество органоидов увеличивается. Содержание вторичной (специфической) зернистости возрастает. В результате деления и дифференцировки эти клетки превращаются в метамиелоциты. Размеры этих клеток не превышают 8-10 мкм, ядро бобовидной или подковообразной формы, увеличивается содержание специфической зернистости, клетка приобретает способность к миграции. Эти клетки не делятся и известны под названием «юные нейтрофилы». При дифференцировке эти клетки в периферической крови превращаются в палочкоядерные, а затем в сегментоядерные гранулоциты. Таким образом, в процессе гранулоцитопоза (10-14 суток) клетка уменьшается в размерах, происходит уменьшение, уплотнение и сегментация ядра, накопление специфической зернистости, приобретение способности к миграции и к фагоцитозу, накопление органоидов, в том числе лизосом. Гранулоцитопоз регулируется интерлейкинами 3,4,5.

**Тромбоцитопоз** - процесс образования кровяных пластинок (тромбоцитов) из унипотентных клеток – (КОЕ-мкц) под влиянием тромбопоэтина. В результате дифференцировки унипотентных клеток образуются мегакариобласты. Мегакариобласты являются гигантскими клетками костного мозга, размеры которых превышают 20 мкм и составляют, как правило, 20-25 мкм. Ядро этих клеток характеризуется наличием многочисленных инвагинаций. Эти клетки способны к митозу, однако в процессе дифференцировки они утрачивают способность к митотическому делению и делятся только эндомитозом, что обуславливает плоидность и размеры ядра. В результате дифференцировки из мегакариобласта образуется промегакариоцит. Эта клетка более крупная и достигает 30-40 мкм. Ядра этих клеток полиплоидные (тетраплоидные – 4n и октоплоидные – 8n), имеются центриоли. Клетка сохраняет способность к эндомитозу. Ядра становятся бухтообразными, с многочисленными перетяжками и сегментацией. Клеточная оболочка содержит выраженные инвагинации. Из промегакариоцитов возникают мегакариоциты. Это крупные клетки размером до 80 мкм. Ядро распадается на несколько мелких ядер, которые содержат 16-32 n хромосом. Цитоплазмы в этих клетках много и в ней различают две зоны: околядерную зону, содержащую органоиды и мелкие азурофильные гранулы и наружную (эктоплазму) зону, содержащую компоненты цитоскелета и окрашивающуюся слабобазофильно. По функции различают резервные мегакариоциты и зрелые, активированные мегакариоциты, которые образуют тромбоциты. Зрелые мегакариоциты более крупные (до 100 мкм). Светлая эктоплазма образует многочисленные псевдоподии в виде тонких отростков, направленных к стенке сосудов костного мозга. В цитоплазме мегакариоцита накапливаются многочисленные микровезикулы, из которых постепенно формируются

демаркационные мембраны, разделяющие цитоплазму на отдельные участки диаметром 1-3 мкм (будущие тромбоциты). Псевдоподии мегакариоцитов проникают в полость синусоидных капилляров, где от них отделяются кровяные пластинки.

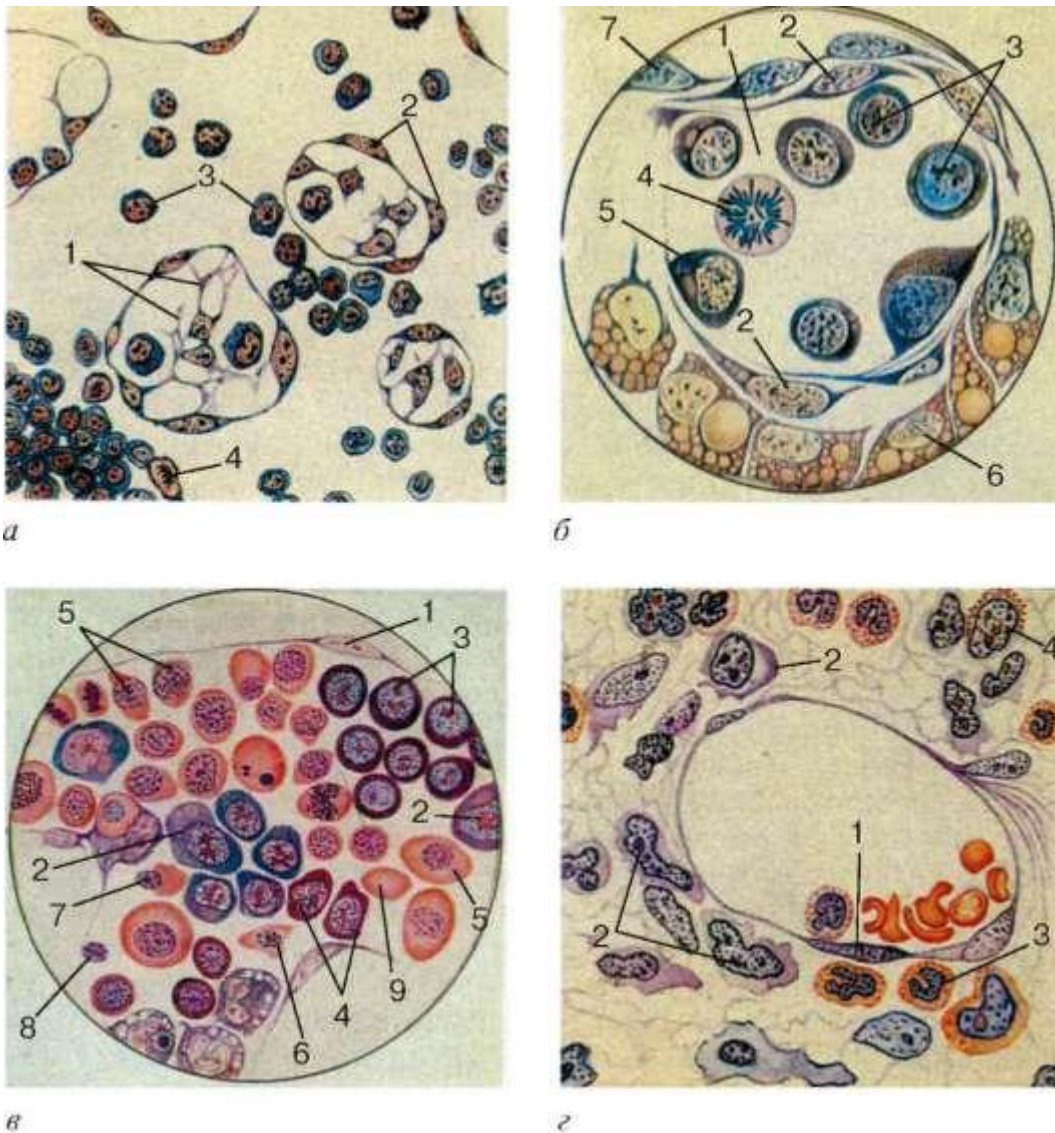
Процесс образования тромбоцитов из стволовой клетки занимает 10 суток. Из одного мегакариоцита образуется до 16000 тромбоцитов. Таким образом, тромбоциты образуются интраваскулярно в отличие от других форменных элементов крови.

**Моноцитопоэз** – процесс образования моноцитов из унипотентной клетки (КОЕ-м). Первоначально из унипотентной клетки образуется монобласт. Эта крупная клетка диаметром 18-20 мкм, ядро круглое и располагается в центре. В процессе дифференцировки монобласты превращаются в промоноциты и моноциты. В процессе дифференцировки клетка постепенно увеличивается в размерах, в ней увеличивается содержание лизосом, уменьшается базофилия, а ядро из круглого превращается в бобовидное и даже подковообразное. В периферической крови моноциты циркулируют непродолжительное время (приблизительно 30-32 часа), после чего они поступают в ткани, где превращаются в тканевые макрофаги. В роли тканевых макрофагов они существуют около 60 суток.

**Лимфоцитопоэз** проходит следующие стадии: СКК → КОЕ-Л (лимфоидная родоначальная мультипотентная клетка) → унипотентные предшественники лимфоцитов (пре-Т-клетки и пре-В-клетки) → лимфобласт (lymphoblastus) → пролимфоцит → лимфоцит. Особенность лимфоцитопоэза - способность дифференцированных клеток (лимфоцитов) дедифференцироваться в бластные формы.

Процесс дифференцировки Т-лимфоцитов в тимусе приводит к образованию из унипотентных предшественников Т-бластов, из которых формируются эффекторные лимфоциты - киллеры, хелперы, супрессоры.

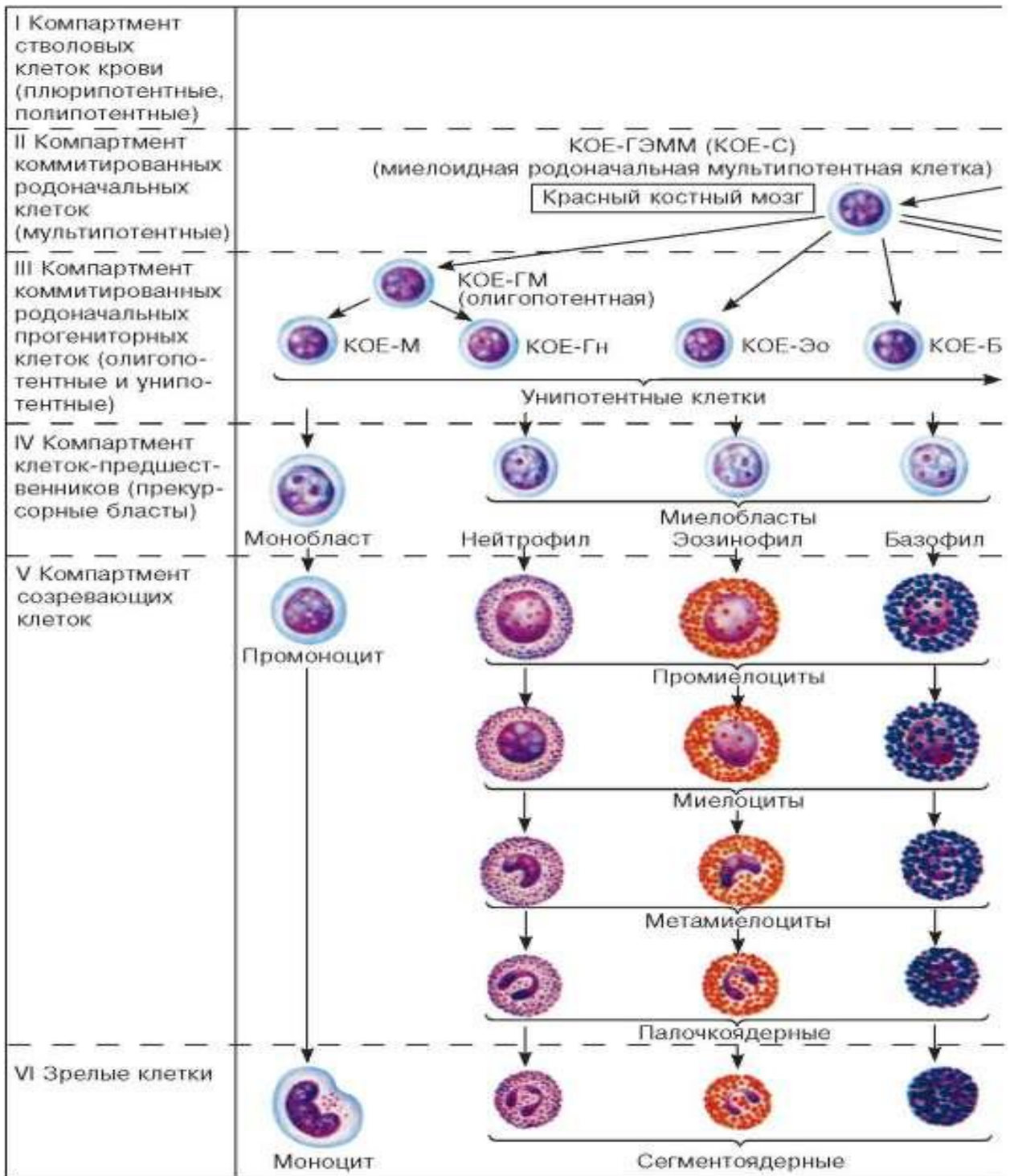
Дифференцировка унипотентных предшественников В-лимфоцитов в лимфоидной ткани ведет к образованию плазмобластов (plasmoblastus), затем проплазмоцитов, плазмоцитов (plasmocytus).

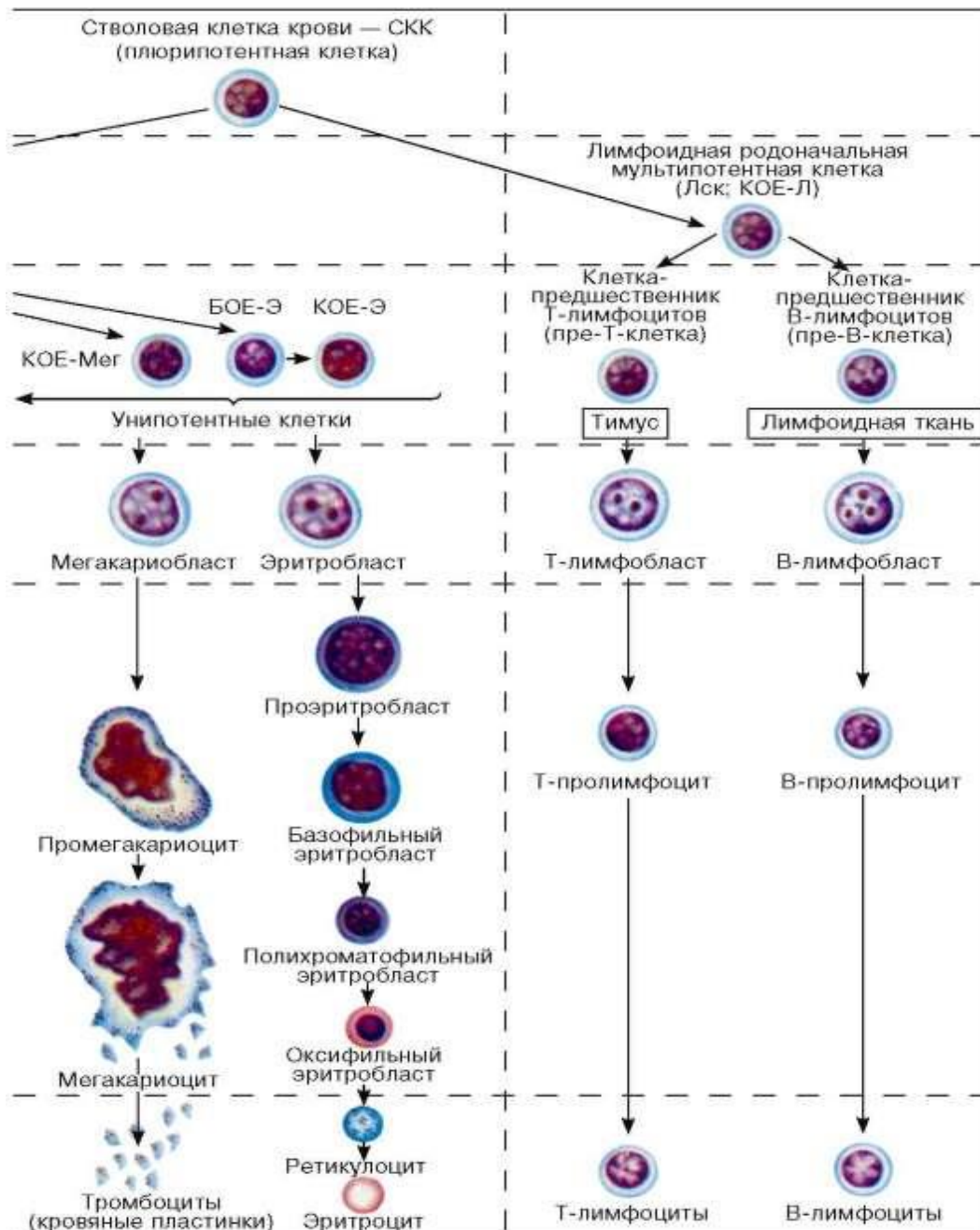


**Рис. 2.** Эмбриональный гемопоэз (по А. А. Максиму):

*а* - кроветворение в стенке желточного мешка зародыша морской свинки: 1 - мезенхимальные клетки; 2 - эндотелий стенки сосудов; 3 - первичные кровяные клетки-бласты; 4 - митотически делящиеся бласты; *б* - поперечный срез кровяного островка зародыша кролика 8,5 сут.: 1 - полость сосуда; 2 - эндотелий; 3 - интраваскулярные кровяные клетки; 4 - делящаяся кровяная клетка; 5 - формирование первичной кровяной клетки; 6 - энтодерма; 7 - висцеральный листок мезодермы; *в* - развитие вторичных эритробластов в сосуде зародыша кролика 13,5 сут.: 1 - эндотелий; 2 - проэритробласты; 3 - базофильные эритробласты; 4 - полихроматофильные эритробласты; 5 - оксифильные (ацидофильные) эритробласты (нормобласты); 6 - оксифильный (ацидофильный) эритробласт с пикнотическим ядром; 7 - обособление ядра от оксифильного (ацидофильного) эритробласта (нормобласта); 8 - вытолкнутое ядро нормобласта; 9 - вторичный эритроцит; *г* - кроветворение в костном мозге зародыша человека с копчиково-теменной длиной тела 77 мм. Экстраваскулярное развитие клеток крови: 1 - эндотелий

сосуда; 2 - бласты; 3 - нейтрофильные гранулоциты; 4 - эозинофильный миелоцит





**Рис. 1.** Постэмбриональный гемопоэз, окраска азуром II-эозином (по Н. А. Юриной). Стадии дифференцировки крови: I-IV - морфологически неидентифицируемые клетки; V, VI - морфологически идентифицируемые клетки. Б - базофил; БОЕ - бурстобразующая единица; Г - гранулоциты; Гн - гранулоцит нейтрофильный; КОЕ - колониобразующие единицы; КОЕ-С - селезеночная колониобразующая единица; Л - лимфоцит; Лск - лимфоидная стволовая клетка; М - моноцит; Мег - мегакариоцит; Эо - эозинофил; Э - эритроцит. Ретикулоцит окрашен суправитально.



## Список литературы:

---

\*Гистология, эмбриология, цитология: учебник / Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юрина, Е. Ф. Котовский и др.; под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 800 с.: ил.

\*Е.А. Липунова, М.Ю.Скоркина ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ Белгород 2007 УДК 612.11–019  
ББК 28.91 Лб1 8 страница