

ОГЛАВЛЕНИЕ

Авторы	7
Список сокращений и условных обозначений	8
Введение	10
Глава 1. Исследование периферической крови	13
Общие вопросы кроветворения	13
Методика забора крови	23
Скорость оседания эритроцитов	28
Определение количества гемоглобина	35
Определение гематокрита	39
Определение количества эритроцитов	40
Определение цветового показателя	48
Определение количества ретикулоцитов	50
Определение количества лейкоцитов	52
Исследование мазка крови	57
Изменения морфологии эритроцитов в мазке крови	75
Изменения морфологии лейкоцитов в мазке крови	79
Определение количества тромбоцитов	80
Изменения периферической крови при анемиях	84
Изменения периферической крови при лейкозах	89
Изменения периферической крови при воспалительных заболеваниях	93
Исследование крови при помощи гематологических анализаторов	94
Концентрация гемоглобина	95
Количество эритроцитов в единице объема крови	96
Гематокрит	97
Средний объем эритроцита	97
Среднее содержание гемоглобина в эритроците	98
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците	99
Коэффициент анизотропии эритроцитов	100
Количество лейкоцитов (белые клетки крови)	102
Количество тромбоцитов	104
Средний объем тромбоцитов	104
Контрольные вопросы и задачи к главе 1	105
Глава 2. Исследование мочи	110
Определение физических свойств мочи	110

Проба Зимницкого	120
Химическое исследование мочи	124
Микроскопическое исследование осадка мочи	144
Трехстаканная проба	147
Количественные методы исследования осадка мочи	153
Метод Каковского—Аддиса	154
Метод Нечипоренко	155
Определение автоматическим анализатором	157
Анализ мочи в домашних условиях	
с помощью тест-полосок	161
Контрольные вопросы и задачи к главе 2	163
Глава 3. Исследование мокроты	167
Определение физических свойств мокроты	167
Микроскопическое исследование мокроты	169
Исследование окрашенных препаратов	172
Контрольные вопросы и задачи к главе 3	174
Глава 4. Исследование жидкостей из серозных полостей	176
Проба Ривальта	178
Микроскопическое исследование осадка жидкости	
из серозных полостей	179
Контрольные вопросы и задачи к главе 4	179
Глава 5. Исследование секреторной функции желудка	181
Метод непрерывной аспирации тонким зондом	181
Исследование желудочного содержимого	185
Микроскопическое исследование желудочного	
содержимого	193
Микроскопия биоптата желудка	195
<i>Helicobacter pylori</i>	195
Суточная рН-метрия (внутрижелудочная рН-метрия)	196
Суточная рН-метрия желудка	200
Беззондовые методы	203
Контрольные вопросы к главе 5	205
Глава 6. Исследование дуоденального содержимого	208
Зондирование тонким зондом (начало зондирования)	208
Трехфазный метод	211
Фракционный (многокомпонентный) метод	212
Микроскопическое исследование желчи	213

Исследование на простейшие и гельминты	215
Биохимическое исследование желчи	215
Определение содержания панкреатических ферментов в крови и моче	216
Оценка экзокринной функции поджелудочной железы ...	219
Контрольные вопросы к главе 6	221
Глава 7. Исследование кала	223
Макроскопическое исследование кала	223
Микроскопическое исследование	225
Обнаружение простейших и яиц гельминтов	231
Химическое исследование кала	231
Исследование кала на скрытую кровь (проба Грегерсена)	232
Определение активности эластазы-1 в кале с помощью иммуноферментного анализа	234
Определение активности панкреатической липазы	236
Дыхательный тест	236
Определение воспалительных маркеров (кальпротектина) в кале	237
Анализ кала на антиген <i>H. pylori</i>	238
Принцип действия теста	239
Подготовка образцов стула	239
Процедура анализа	240
Контрольные вопросы к главе 7	241
Тесты	244
Ответы на тесты	254
Список литературы	255
Электронные издания	258
Рекомендуемые ссылки	260
Приложение	261

Глава 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ

Функциональная система крови включает в свой состав органы кроветворения, кроверазрушения, синтеза белков плазмы, подачи воды, электролитов. Объединение компонентов системы крови избирательно, оно не зависит от принадлежности их к различным анатомическим структурам и определяется только жизненно необходимым для организма результатом.

Исполнительные механизмы регуляции количества и качества клеточных элементов крови связаны с процессами депонирования крови, изменениями скорости кровотока, сосудистого тонуса, объема кроветворения и кроверазрушения. Кинетика кроветворения и кроверазрушения является важнейшим показателем качества работы функциональной системы крови.

Кроветворная ткань представляет собой динамическую, постоянно обновляющуюся систему, механизмы регуляции которой действуют в основном по принципу обратной связи. Любое отклонение этой системы от состояния динамического равновесия, в котором она находится, ведет к тяжелым последствиям для всего организма.

Эмбриональное кроветворение проходит несколько стадий, каждая из которых характеризуется определенным местом преимущественного кроветворения. Вначале гемопоэз проходит в желточном мешке, затем в печени и перед рождением — в костном мозге, который в норме остается единственным органом кроветворения на протяжении всей жизни человека.

Первая волна пролиферативной активности стволовых гемопоэтических клеток в печени приходится на 9–10-ю неделю гестации. Второй пик концентрации гранулоцитарно-моноцитарных предшественников приходится на 18–20-ю неделю гестации. В этот период отмечается резкое увеличение их содержания в костном мозге. Полное затухание печеночного кроветворения происходит перед рождением — на 40-й неделе.

Гемопоэтические клетки отличаются большим разнообразием как по ультраструктуре, функциональным свойствам, так и по степени зрелости. Такие функции, как транспорт кислорода, гемостаз, фагоцитоз и иммунная защита осуществляются клетками различных линий дифференцировки. В каждой из этих линий можно выделить несколько классов клеток.

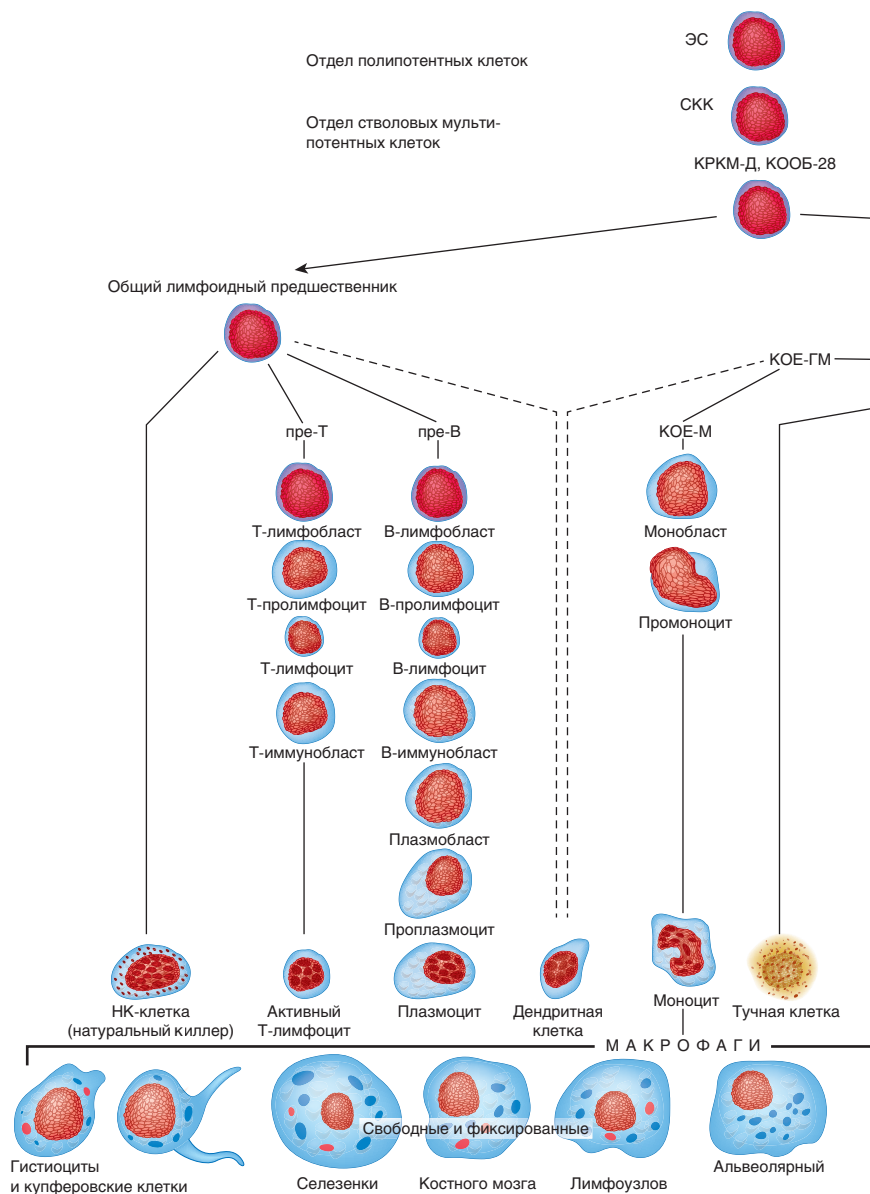
В настоящее время различают 11–12 линий дифференцировки кроветворных клеток. Схема кроветворения (рис. 2) начинается с единственного члена отдела тотипотентных предшественников — эмбриональной стволовой клетки. Эта клетка способна к образованию клеток всех тканей организма. Эмбриональные стволовые клетки выделяют из внутренней массы бластоциста на стадии примерно 100–120 клеток. В эмбриогенезе эти клетки быстро переходят на следующие стадии дифференцировки. Эмбриональные стволовые клетки образуются только в условиях остановки созревания клеток бластоциста вне организма, например при культивировании в определенных условиях. Дифференцировка клеток бластоциста блокируется, и они способны пролиферировать практически бесконечно (больше 120 удвоений) без дифференцировки, малигнизации, изменений кариотипа и др. Снятие блока приводит к беспорядочной дифференцировке эмбриональной стволовой клетки. И хотя до разумного клинического применения эмбриональных стволовых клеток еще далеко, уже сейчас целесообразно поместить этот предшественник на вершину кроветворной иерархии.

Собственно кроветворение начинается с клеток стволового отдела. Популяция стволовых кроветворных клеток (СКК) немногочисленна и крайне гетерогенна. Клетки этого отдела находятся в состоянии дифференцировки и созревания, продвигаясь вниз по кроветворной иерархии. Никакого набора одинаковых

клеток даже в суботделах СКК не существует, нет дискретных отделов, разделенных четкими границами. Отдел стволовых клеток включает предшественников, способных к мультипотентным дифференцировкам по всем линиям кроветворных клеток и обладающих высоким пролиферативным потенциалом. Этот отдел пока включает три члена. Первый и наиболее ранний из них — простволовые кроветворные клетки. Эта клетка, видимо, близка к промежуточным элементам, расположенным между тотипотентными эмбриональными клетками и ранними кроветворными предшественниками. Про-СКК находятся в состоянии глубокого покоя, они не пролиферируют в культуре в ответ на цитокины, не образуют колоний в селезенке *in vivo* или в полутвердых средах *in vitro*, при трансплантации начинают образовывать миелоидные клетки только через 8 мес, а лимфоидные — только после 10 мес. Неясно, участвуют ли вообще простволовые кроветворные клетки в нормальном кроветворении или существуют в качестве резерва для особых ситуаций.

Второй член стволового отдела — клетка, способная длительно репопулировать облученное животное. Главная ее характеристика — высокий пролиферативный потенциал. Одна такая клетка может обеспечить поддержание мультилинейного кроветворения в течение всей жизни животного. Она даже способна восстановить кроветворение при пассаже ко вторично-облученному реципиенту. Стволовая кроветворная клетка (СКК), способная длительно репопулировать, активно функционирует при трансплантации кроветворных тканей. Именно она обеспечивает эффекты, определяемые термином «трансплантация костного мозга». Стволовые клетки кроветворения человека имеют фенотип Lin-c-Kit+CD34+CD38-.

Последний член отдела — клетка, способная кратковременно репопулировать облученное животное. Ее отличие от стволовой кроветворной клетки, способной длительно репопулировать, только количественное: она способна полностью мультилинейно репопулировать облученный организм, однако эффект кратковременный, и через 4–6 нед ее кроветворные способности исчерпываются.



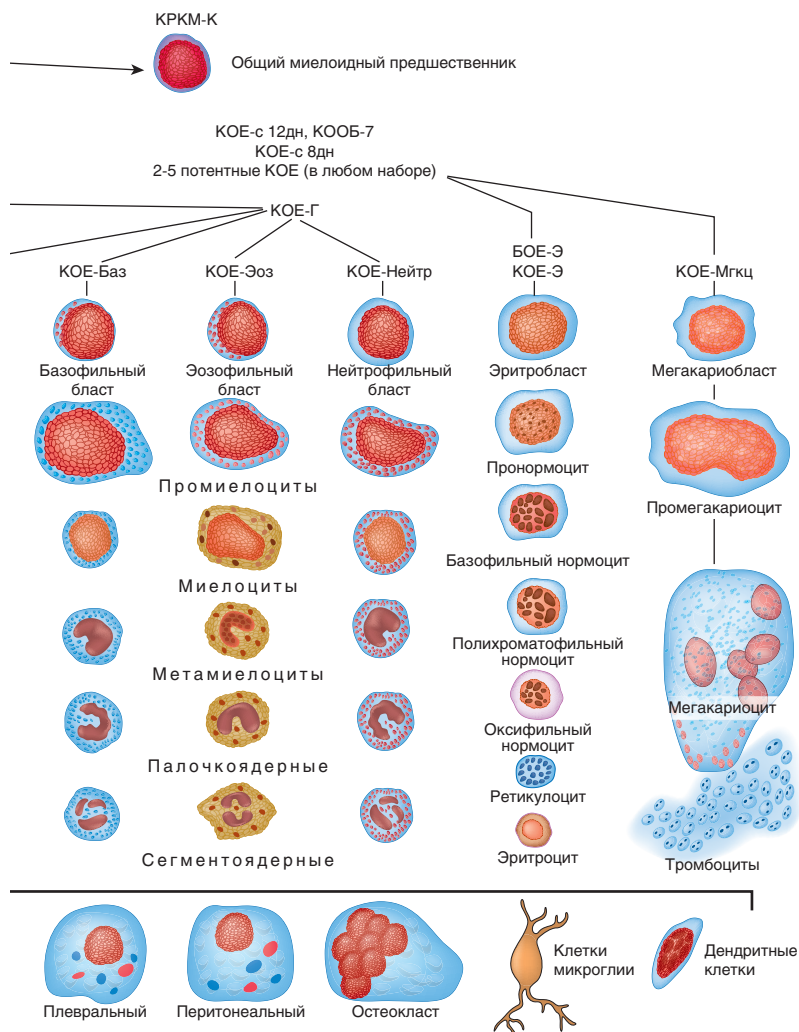


Рис. 2. Схема кроветворения человека

Очень близок к клеткам стволового отдела мультипотентный предшественник (МПП): эти клетки не способны длительно поддерживать кроветворение, хотя они мультипотентны и сохраняют весь набор кроветворных дифференцировок.

Клетки всей кроветворной иерархии представляют собой континуум клеток, пролиферативный потенциал которых постепенно снижается, а степень дифференцировки нарастает. В отделе стволовых клеток возможно движение не строго в одном направлении: СКК, способная кратковременно репопулировать, и даже МПП могут вернуться к свойствам стволовой кроветворной клетки, способной длительно репопулировать, или остановиться в этом движении, возвращаясь к состоянию глубокого покоя.

Следующий отдел — полипотентные коммитированные предшественники. Выделены две популяции предшественников.

- ▶ Общий лимфоидный предшественник (ОЛП) — способен только к лимфоидным дифференцировкам без промежуточных стадий.
- ▶ Общий миелоидный предшественник (ОМП) — дифференцируется только по миелоидным направлениям.

Они не способны к сколько-нибудь длительному поддержанию кроветворения без подсева из стволового отдела.

Дифференцировка общего миелоидного предшественника включает ряд промежуточных стадий:

- ▶ общий предшественник гранулоцитов и макрофагов;
- ▶ гранулоцитарно-моноцитарную колониобразующую единицу, из которой дифференцируются монопотентные предшественники:
 - моноцитарная колониобразующая единица;
 - гранулоцитарная колониобразующая единица;
 - общий предшественник эритроцитов и мегакариоцитов, который дает начало эритроидному и тромбоцитарному росткам в костном мозге.

В схему кроветворения всегда включали только паренхиму костного мозга, то есть кроветворные клетки, производные стволовой клетки кроветворения. Между тем, в костном мозге существует еще одна стволовая клетка — мезенхимальная стволовая клетка (МСК), которая строит «дом» для кроветворных клеток, строю костного

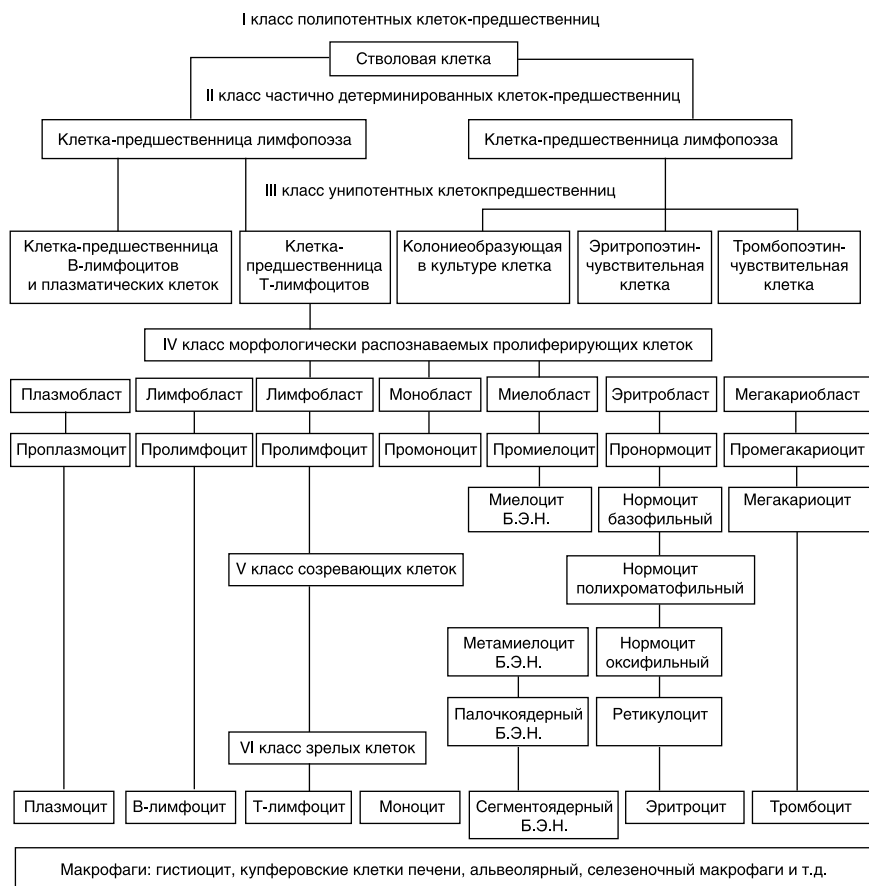
мозга. В схему иерархии кроветворных клеток входит иерархическое дерево мезенхимальных стволовых клеток, обеспечивающих не только поддержание кроветворения, но и в значительной степени его регуляцию (Моисеев В.С. и соавт., 2018).

В адаптированном виде современные представления о кроветворении могут быть представлены следующим образом. В основе лежит умеренно унитарная теория, по которой клетка крови каждого вида происходит из собственной родоначальной клетки, имеющей, в свою очередь, общего предшественника с родоначальными клетками других видов. Родоначальными клетками, общими для всех ростков кроветворения, считаются специальные клетки, морфологически не отличимые от зрелых лимфоцитов. Эти клетки составляют класс клеток — класс полипотентных клеток-предшественниц, которые называются также колониеобразующими единицами селезенки и **стволовыми клетками** (табл. 1).

После дифференциации стволовых клеток и потери ими возможности развития в ином («соседнем») направлении образуются две группы клеток: клетки-предшественницы лимфо- и миелопоэза. Они составляют II класс клеток — класс частично детерминированных полипотентных клеток-предшественниц и называются также **полустволовыми клетками**. Клетки I и II классов способны к самоподдержанию, то есть размножению без притока клеток извне. После дальнейшей дифференцировки образуется III класс — класс унипотентных клеток-предшественниц, чувствительных к гуморальным факторам — индукторам кроветворения (эритропоэтину, колониестимулирующему фактору, гормонам и т.д.). Они могут трансформироваться только в определенный клеточный вид. Находясь вне митотического цикла (деления), клетки-предшественницы всех трех перечисленных классов морфологически представляют собой мелкие лимфоидные клетки, не отличимые от зрелых лимфоцитов. Среди каждых 100 лимфоцитов костного мозга две клетки являются стволовыми. Подготавливаясь к делению, стволовые клетки приобретают морфологические черты, характерные для бластных клеток. В соответствии с современными представлениями, их принято называть **«недифференцируемые бласты»**. IV класс — это класс морфологически распознаваемых пролиферирующих клеток. К ним относятся

бласты — родоначальники специфических видов клеток и способные к пролиферации другие клеточные элементы (например, для гранулоцитарного ряда — это миелобласты, промиелоциты, миелоциты). V класс — **класс созревающих клеток**. Они утратили способность к делению, но сохранили способность к созреванию (в уже рассмотренном ряду это метамиелоциты и палочкоядерные гранулоциты). VI класс — **класс зрелых клеток**. Именно они обычно составляют периферическую кровь.

Таблица 1. Схема кроветворения по И.Л. Черткову и А.И. Воробьеву



Различают два типа лимфоцитов: обеспечивающие гуморальный иммунитет — В-лимфоциты (от *bursa* — сумка) и обеспечивающие клеточный иммунитет — Т-лимфоциты (от *thymus* — вилочковая железа). Дифференцировка клеток-предшественниц лимфоцитов происходит в костном мозге, после чего они поступают в периферические лимфоидные органы. Морфологически различить В- и Т-лимфоциты невозможно. Они дифференцируются по разным иммуноглобулиновым рецепторам и участию в реакциях бласттрансформации.

Производные кроветворных клеток — потомки моноцитов — объединяются в систему фагоцитирующих мононуклеаров. В крови эти клетки циркулируют в качестве моноцитов, а в тканях имеют вид макрофагов — свободных и фиксированных (тканевые макрофаги): гистиоцит соединительной ткани, купферовские клетки печени, альвеолярный макрофаг легких, свободные и фиксированные макрофаги селезенки, костного мозга и лимфатических узлов. Ретикулярные клетки, наряду с другими элементами, составляют строуму кроветворных органов и входят в так называемое индуцирующее кроветворение микроокружение, которое играет большую роль в дифференцировке стволовых клеток.

Еще раз отметим, что III класс составляют неспособные к делению клетки-предшественники, которые созревают, подвергаясь морфологическим изменениям. В эритроидном ряду — это ортохромные эритробласты, нормобласты и ретикулоциты, а в гранулоцитарном — юные и палочкоядерные формы. После созревания клетки покидают очаг кроветворения (у взрослого человека — костный мозг) и попадают в кровеносное русло, где находятся, в зависимости от вида клетки, от нескольких часов до нескольких месяцев. Основную свою функцию эритроциты и тромбоциты осуществляют, находясь в кровеносном русле.

Функционирование костного мозга как органа зависит от многих факторов, среди которых основная роль принадлежит: наличию и концентрации витамина B_{12} и фолиевой кислоты, железа для синтеза гемоглобина (естественно, вместе с белками, жирами и сахарами), состоянию микроокружения, пролиферации родоначальных клеток, регуляции специфическими (эритропоэтины и другие поэтины, колониестимулирующий фактор и т.д.)

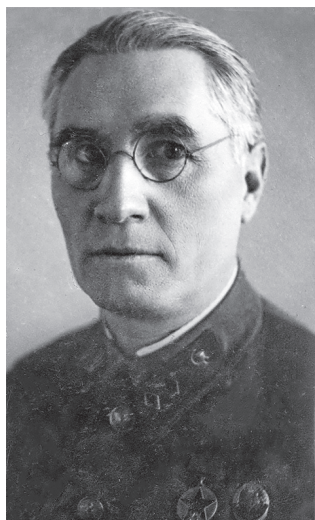


Рис. 3. М.И. Аринкин
(1876–1948)

и неспецифическими (андрогены и др.) гормонами; уровня контроля обратных связей (количество нейтрофилов, лимфоцитов, тромбоцитов, концентрация кислорода и др.). Отношение числа клеток-предшественников в костном мозге к зрелым клеткам периферической крови остается постоянным всю жизнь.

Первое описание костного мозга было дано Р. Вирховым, который выделил в костном мозге по внешнему виду красный, жировой и желатинообразный костный мозг. В 1868 г. Нейман, а затем в 1889 г. В.П. Образцов показали значение костного мозга, как органа кроветворения. Детальное изучение клеточного состава и структуры костного мозга в норме и патологии практически началось с внедрением М.И. Аринки-

ным (рис. 3) в 1927 г. в клиническую практику метода стеральной пункции, а затем прижизненного гистологического исследования подвздошной кости с помощью трепанобиопсии.

Ретикулярная строма костного мозга заселяется стволовыми кроветворными клетками еще в эмбриогенезе. Образуется своеобразная гемопоэтическая ниша, структуру которой составляют ретикулярные клетки, кровеносные сосуды, нервные окончания, костная капсула, эндостальные и периостальные клетки. Не исключено, что в эмбриональном периоде закладывается определенное количество ранних кроветворных предшественников, которые в течение жизни дифференцируются по мере потребности организма в том или ином направлении.

Микроэкологические факторы и прежде всего расположение и взаимоотношение васкулярной и нервной системы, а также костной капсулы не позволяют изменяться объему ткани.

Масса красного костного мозга примерно равняется 50% общей массы всей костномозговой субстанции и составляет 1400 г, что соответствует весу печени. Для поддержания клеточного состава на должном уровне в организме человека весом 70 кг ежедневно

должно нарабатываться 2×10^{11} эритроцитов, 45×10^9 нейтрофилов, 25×10^9 моноцитов, 175×10^9 тромбоцитов. Время от стволовой клетки, вставшей на путь дифференцировки, до выхода зрелой клетки из костного мозга в эритроидном ряду составляет около 12 сут, в гранулоцитарном — 13–14 сут. За это время клетки эритроидного роста проделывают 11–12 делений, а клетки гранулоцитарного — 15–20. У здоровых людей эти показатели стабильны, хотя в условиях повышенной потребности (острая кровопотеря, инфекция) процессы созревания костномозговых предшественников ускоряются.

Образующиеся в костном мозге клетки равномерно поступают по мере созревания в кровеносное русло, причем время циркуляции клеток различного типа также постоянно: эритроциты находятся в кровотоке 120 сут, тромбоциты — 10 сут, а нейтрофилы — 10 ч. В обычных условиях костномозговое кроветворение не только покрывает потребности организма, но и производит довольно большой запас клеток: зрелых нейтрофилов в костном мозге человека содержится в 10 раз больше, чем в кровеносном русле. Что касается ретикулоцитов, то в костном мозге имеется их трехдневный запас. В среднем у человека за 70 лет жизни (при весе 70 кг) нарабатывается 460 кг эритроцитов, 5400 кг гранулоцитов, 40 кг тромбоцитов и 275 кг лимфоцитов.

МЕТОДИКА ЗАБОРА КРОВИ

В понятие «**общеклиническое исследование крови**» входят:

- ▶ определение концентрации гемоглобина;
- ▶ подсчет количества эритроцитов;
- ▶ определение цветового показателя;
- ▶ подсчет количества лейкоцитов;
- ▶ определение скорости оседания эритроцитов;
- ▶ подсчет лейкоцитарной формулы;
- ▶ описание особенностей морфологии клеток.

В необходимых случаях дополнительно определяют время свертывания крови, длительность кровотечения, количество ретикулоцитов и тромбоцитов.

Исследование рекомендуется производить утром натощак или через 1 ч после легкого завтрака. В лабораторной практике исследуют главным образом **капиллярную кровь**. Для клиническо-

го исследования при одновременном назначении биохимических или серологических анализов можно использовать **венозную кровь** (также взятую натошак).

Не рекомендуется брать кровь после физической и умственной нагрузки, применения медикаментов, особенно при внутримышечном или внутривенном введении их, воздействия рентгеновских лучей и после физиотерапевтических процедур. Повторные исследования необходимо проводить в одни и те же часы, так как морфологический состав крови подвержен колебаниям на протяжении суток. Если эти правила не выполняются, результаты исследования будут не сравнимы между собой и могут привести к ошибочному заключению.

Без помощи современных вакутейнеров, то есть капиллярную кровь, берут из боковой поверхности мякоти концевой фаланги четвертого пальца левой руки (рис. 4, А), ориентируя плоскость ланцета перпендикулярно плоскости пальца, рассекая кожу поперек дактилоскопических линий. Палец предварительно протирают спиртом, потом эфиром. Первую каплю крови убирают сухой ватой, следующие используют для анализа. Укол нужно делать сбоку, где капиллярная сеть гуще, на глубину 2–3 мм в зависимости от толщины кожи, чтобы кровь вытекала свободно, так как при сильном надавливании будет примешиваться тканевая жидкость, что может исказить результаты анализа.

Взятие крови с помощью вакуумных систем. Для взятия крови, в зависимости от **вен пациента**, применяются иглы разных типов и размеров (по длине и диаметру). Обычно используются двусторонние иглы стандартные. Одна сторона иглы вводится в вену пациента, другой прокалывается эластичная пробка пробирки (рис. 4, Б). Кроме этого, могут использоваться иглы-бабочки и стандартные иглы с люеровским соединением. В этом случае необходим люер-адаптер. Игла-бабочка, снабженная выступами, применяется при тонких и труднодоступных венах.

Держатели бывают трех видов: стандартные, удлиненные и автоматически сбрасывающие иглу.

Вакутейнер имеет тот же принцип действия, что и обычный шприц. Кровь набирается за счет создания вакуума в пробирке, в результате чего возникает перепад давления, который и играет роль поршня.



Рис. 4. Забор крови: А. Забор капиллярной крови. Б. Забор венозной крови с помощью вакуумной системы. Вакуумные системы делают забор венозной крови комфортным и безопасным для медика и пациента

Вакуумные системы имеют ряд существенных **преимуществ** перед привычным методом забора венозной крови. Среди них:

- ▶ безопасность и комфорт как для пациента, так и для лаборанта;
- ▶ менее выраженные болевые ощущения;
- ▶ вакуумные пробирки герметичны и не бьются;
- ▶ время процедуры — около 10 с;
- ▶ точное соблюдение соотношения объема крови и реагента;
- ▶ за короткий промежуток времени можно набрать материал в несколько пробирок, при этом не нужно еще раз вводить в вену иглу;
- ▶ надежная и простая маркировка пробирок: для каждого вида анализа — пробирка с крышкой определенного цвета, что исключает ошибку при ее выборе;
- ▶ удобство при перевозке и центрифугировании;
- ▶ система полностью закрыта, доступ воздуха к крови отсутствует;
- ▶ не нужно переливать полученный материал в другие емкости;
- ▶ нет прямого контакта с кровью;
- ▶ не нужно открывать крышку пробирки при работе с анализаторами;
- ▶ возможность индивидуального подхода к пациентам: в комплекте есть набор разных игл, которые используются в зависимости от состояния вен;
- ▶ простота конструкции и применения;
- ▶ экономия на реагентах и утилизации пробирок.

Пробирки вакуумные прозрачные, изготовлены из пластика. Крышки состоят из пластикового корпуса и резиновой пробки. Они обеспечивают герметичность и стерильность, поддерживают состояние вакуума на срок до двух лет. Чтобы отличать пробирки разного назначения, пластиковый корпус имеет определенный цвет, в зависимости от состава наполнителя: красный, зеленый, голубой, фиолетовый, черный, серый. Существует международный стандарт по цветовому кодированию реактивов, которому должны соответствовать все применяемые в вакуумных системах цвета.

- ▶ Пробирки с красной крышкой содержат активатор свертывания или не имеют наполнителя. Они предназначены для проведения биохимического анализа, бактериологического, иммунохимического для определения группы крови.

- ▶ Пробирка с этилендиаминтетраацетатом (ЭДТА) имеет фиолетовый колпачок. Предназначена для общего анализа, генодиагностики, иммунохимии.
- ▶ Голубая крышка свидетельствует о том, что в пробирке — натрия цитрат. Используется для проверки коагуляции.
- ▶ В пробирке с зеленой крышкой находится гепарин. С его помощью проводят биохимический и иммунохимический анализы.
- ▶ Черная крышка свидетельствует о том, что реагент — натрия цитрат, а предназначена она для определения скорости оседания эритроцитов (СОЭ).
- ▶ В пробирке с серым колпачком находится стабилизатор глюкозы и антикоагулянт, используют для определения уровня глюкозы.

В настоящее время большинство показателей выполняют на автоматических гематологических анализаторах, которые в состоянии одновременно определять от 5 до 24 параметров, что, однако же, не отменяет значения данных, полученных вручную с помощью светооптической микроскопии. Из них основными являются концентрация гемоглобина, гематокрит, количество эритроцитов, средний объем эритроцита, средняя концентрация гемоглобина в эритроците, среднее содержание гемоглобина в эритроците, полуширина распределения эритроцитов по размерам, количество тромбоцитов, средний объем тромбоцита, количество лейкоцитов. В основе работы автоматических счетчиков крови лежит принцип прерывания постоянного электрического и светового потока отдельными форменными элементами крови.

Это осуществляется двумя методами:

- ▶ Электрический импеданс. Клетки крови, будучи плохими проводниками электричества, выходя из точечного отверстия — апертуры, кратковременно снижают проводимость электрического поля, создаваемого в электролите между двумя электродами, расположенными по обе стороны апертуры. При этом амплитуда возникающего сигнала пропорциональна объему замещенного электролита, что дает возможность подсчитать количество клеток и объем каждой проходящей через апертуру клетки.

- ▶ Принцип оптической детекции. В приборах оптический поток создается лазерами. При прохождении клетки через световой поток происходит отражение, поглощение и рассеяние световых лучей, преобразующихся специальным детектором в электрические импульсы. Амплитуда этих импульсов зависит не только от размеров частиц и их объема, но и от поверхностных свойств и структуры клеток.

Существуют и определенные **недостатки** автоматических анализаторов крови.

- ▶ Большинство автоматических счетчиков не определяет молодые формы лейкоцитов, нормобласты и ретикулоциты — эти данные можно получить только вручную.
- ▶ Увеличение числа лейкоцитов более $50 \times 10^9/\text{л}$ может завысить показатель эритроцитов (эритроциты определяются без лизиса лейкоцитов).
- ▶ Нормоциты завышают показатели лейкоцитов.
- ▶ Мутность раствора (лейкоцитоз, гиперлипидемия) завышает показатель гемоглобина.

Скорость оседания эритроцитов

СОЭ¹ — это процесс разделения свежевыпущенной крови с примесью антикоагулянтов на два слоя: нижний — эритроциты, верхний — плазма и лейкоциты. СОЭ выявляет изменения в соотношении белковых компонентов плазмы крови, а также числа и объема эритроцитов при различных заболеваниях².

¹ Изложение материала представлено в последовательности, в которой в обычной клинической практике проводят общий анализ крови.

² Первым связь скорости оседания эритроцитов в смешанной с антикоагулянтом крови с клинической патологией заметил Эдмунд Биернацки (Biernacki) (1866—1912). В 1897 г. он впервые отметил повышенную скорость оседания эритроцитов у пациентов и предположил, что это было вследствие изменения белкового состава крови. В связи с этим в Польше «реакция» оседания эритроцитов до сих пор называется реакцией Бернацкого.

В 1918 г. шведские клинические патологи (специальность, во многих странах объединяющая две наших — патанатомию и лабораторное дело) Faohraeus (Фор'эус) и Westergren (В'естергрэн) разработали клинический метод измерения скорости оседания эритроцитов, который с тех пор является мировым стандартом; в англоязычных странах он называется просто методом Вестергрена (на том основании, что именно Вестергрэн изобрел пробирку для измерения).

Определение СОЭ по Панченкову (рис. 5).

Методика определения:

- ▶ Капилляр Панченкова промывают 5% раствором натрия цитрата.
- ▶ В пробирку наливают 5% раствор натрия цитрата в объеме 1/4 части капилляра.
- ▶ Кровь из пальца забирают до верхней метки — цифры «0» (буква «К» — кровь) капилляра.
- ▶ Кровь выдувают из капилляра в пробирку и смешивают с натрия цитратом.
- ▶ Полученную смесь набирают в капилляр до верхней метки и ставят вертикально в аппарат Панченкова при температуре 18–22 °С (при более низкой температуре оседание замедляется, а при более высокой — ускоряется).
- ▶ Через 1 ч отмечают величину образовавшегося столбика плазмы в миллиметрах.

Характеристика метода Панченкова:

Достоинства:

- ▶ Отсутствие необходимости венепункции (нужно всего 200 мкл крови).
- ▶ Может использоваться как стабилизированная антикоагулянтом капиллярная, так и венозная кровь.

Недостатки:

- ▶ Более высокая вариабельность результатов.

Причины:

- ▶ Влияние «массажа» места забора крови (механическое разрушение агрегированных эритроцитов).
- ▶ Меньшая длина капилляра.
- ▶ Высокая возможность технической ошибки.

В последние годы активно используется международный метод определения СОЭ — **метод Вестергрена** (рис. 6).

Метод Вестергрена отличается от метода Панченкова характеристиками используемых пробирок и калибровкой шкалы результатов. Результаты, получаемые этим методом, в области нормальных значений совпадают с результатами, получаемыми методом Панченкова, но метод Вестергрена более чувствите-