

АНАЛИЗЫ

АКТУАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
ПОД РУКОЙ

УДК 616-07
ББК 53.4
А64

Над книгой работали

*О. Л. Ананьев, О. В. Ананьева, Е. В. Герасина, к.м.н. Г. Р. Колоколов,
А. Ю. Полянина, С. Ю. Шашлова, к.м.н. В. Н. Шилов,
к.м.н. Л. В. Алешина, к.м.н. И. В. Гамова, С. В. Дворников,
М. П. Молчанов, И. А. Пивоварова, д.м.н. Ю. Ю. Елисеев.*

А64 **Анализы.** Актуальные сведения по лабораторным исследованиям под рукой / под редакцией Ю. Ю. Елисеева. — Москва : Эксмо, 2024. — 672 с. — (Плюс один здоровый человек. Книги о медицине от ведущих экспертов).

ISBN 978-5-04-181935-4

Полный справочник, содержащий актуальные сведения по лабораторным анализам. Авторы, врачи и ученые, приводят современные данные, основанные на последних достижениях медицинской науки и здравоохранения. В книге вы найдете методики проведения лабораторных исследований, расшифровку показателей при норме и патологиях, рекомендации по подготовке к анализам, а также характеристику заболеваний, сопровождающихся изменениями в составе крови.

Издание будет полезно врачам-лаборантам, практикующим врачам всех специальностей, а также студентам медицинских вузов и училищ и всем, кто внимательно относится к своему здоровью.

УДК 616-07
ББК 53.4

© ИП Макеев А. В., текст, 2022
© Оформление. ООО «Издательство
«Эксмо», 2024

ISBN 978-5-04-181935-4

Оглавление

Глава 1. Исследование крови	8
Взятие крови	8
Общий анализ крови	10
Гемоглобин	10
Эритроциты	16
Лейкоциты	26
Лимфоциты	38
Тромбоциты	39
Гематологические анализаторы	44
Изменения картины крови при патологии	50
Исследование физико-химических свойств крови	56
Исследование коагуляции	59
Исследование фибринолиза	66
Анализаторы свертывания крови	68
Иммунологические реакции	69
Иммуногематологические анализаторы	75
Глава 2. Биохимические методы исследования в клинической лабораторной диагностике	76
Техническое оснащение биохимических методов исследования в клиничко-диагностических лабораториях	76
Характеристика абсорбциометрических приборов	77
Средства подготовки проб	79
Методы исследования показателей белкового обмена	82
Методы исследования мочевины сыворотки крови	95
Методы исследования креатинина сыворотки крови	102
Методы исследования мочевой кислоты сыворотки крови	107
Методы исследования пигментного обмена	110
Методы исследования показателей липидного обмена	116
Методы исследования углеводного обмена	128
Методы исследования активности ферментов	134
Биохимические анализаторы	158

Оглавление

Глава 3. Исследование водно-солевого обмена	164
Натрий	165
Калий	166
Кальций	174
Фосфор и фосфорсодержащие вещества	180
Магний	189
Хлориды	193
Микроэлементы	197
Железо	197
Медь	205
Йод	206
Глава 4. Исследование гормонального статуса	208
Железы внутренней секреции и гормоны	208
Современные методы исследования гормонального статуса	225
Глава 5. Исследование желудочного содержимого	228
Зондовые методы исследования	229
Беззондовые методы исследования	231
Исследование кислотообразующей функции	232
Нормальные показатели секреции желудочного сока.	236
Исследование ферментообразующей функции желудка	238
Микроскопическое исследование желудочного содержимого	239
Исследование на элементы злокачественного новообразования	241
Изменения желудочного содержимого при патологии	241
Глава 6. Исследование содержимого двенадцатиперстной кишки	246
Дуоденальное зондирование	246
Комплексное гастродуоденальное зондирование с холецистографией (по В. Е. Медведеву)	251
Физические свойства желчи	252
Химическое исследование желчи	253
Микроскопическое исследование	256
Глава 7. Исследование мочи	260
Физические свойства мочи	260
Химическое исследование мочи.	267

Микроскопическое исследование осадка мочи	297
Бактериологическое и бактериоскопическое исследования мочи	326
Анализаторы мочи	331
Глава 8. Исследование кала	332
Подготовка больного к исследованию.	332
Физические свойства.	334
Макроскопическое исследование	336
Микроскопическое исследование	338
Химическое исследование кала	341
Бактериологические исследования.	347
Особенности кала детей грудного возраста	348
Исследование кала на простейшие	350
Исследование кала на гельминты.	360
Глава 9. Исследование выделений половых органов	373
Исследование эякулята	373
Исследование секрета предстательной железы	375
Исследование выделений из влагалища и шейки матки	377
Исследование с целью определения функционального состояния яичников	380
Исследование отделяемого молочных желез.	391
Глава 10. Исследование мокроты	394
Сбор и обезвреживание материала	394
Физические свойства мокроты	395
Макроскопическое исследование мокроты	397
Микроскопическое исследование	399
Бактериоскопическое исследование на микобактерии туберкулеза	405
Изучение грибковой флоры в мокроте	408
Химическое исследование	409
Глава 11. Исследование спинномозговой жидкости	412
Правила получения ликвора	412
Макроскопическое исследование	413
Микроскопическое исследование	413
Морфология клеточных элементов в спинномозговой жидкости	416

Оглавление

Бактериоскопическое исследование на микобактерии туберкулеза	417
Химическое исследование	418
Определение крови в спинномозговой жидкости	423
Биохимические методы исследования.	424
Микробиологическое исследование	427
Глава 12. Исследование экссудатов и трансудатов	434
Виды пунктатов	434
Пункция плевральной полости	442
Физико-химические свойства полостных жидкостей	443
Микроскопическое исследование	446
Бактериоскопическое исследование	450
Дифференциальная диагностика полостных жидкостей	450
Характеристика ферментативного экссудата при остром панкреатите	462
Гнойные экссудаты	462
Глава 13. Исследование костного мозга	471
Развитие, строение, кровоснабжение и иннервация костного мозга	471
Методы исследования костного мозга.	476
Морфология клеток костного мозга	484
Глава 14. Исследование лимфатических узлов	497
Развитие, строение, кровоснабжение и иннервация лимфатических узлов.	497
Методы исследования лимфатических узлов	501
Изменения лимфатических узлов при патологии	504
Глава 15. Современные методы лабораторной диагностики	515
Виды лабораторных исследований	515
Глава 16. Характеристики заболеваний, сопровождающихся нарушением в составе крови	521
Анемии.	521
Лейкозы	557
Внекостномозговые гемобластозы — гематосаркомы и лимфомы (лимфоцитомы)	569
Парапротеинемические гемобластозы	572
Лимфогранулематоз	576

Лейкемоидные реакции	580
Лучевая болезнь	588
Геморрагические диатезы и синдромы	599
Тромбофилии гематогенные	622
Синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания (ДВС-синдром)	625
Коронавирусная инфекция COVID-19	628
Оспа обезьян	633
Глава 17. Основные показатели лабораторных анализов и диагностирование заболеваний	635
Исследование крови	635
Исследование мочи	642
Исследование кала	645
Приложение	647
Полезная информация	647
Виды и структуры лабораторий	647
Проблемы современной клинической диагностики	648
Структура клиничко-диагностической лаборатории (КДЛ)	649
Международная система единиц (СИ)	651
Список сокращений	659
Предметный указатель	660

ГЛАВА 1

Исследование крови

ВЗЯТИЕ КРОВИ

Подготовка к сдаче анализа крови включает ряд особенностей:

- 1) оптимальное время сдачи анализа — утро;
- 2) забор крови производится натощак (через 8–12 ч после приема пищи);
- 3) рекомендуется исключить из рациона алкоголь за 1–2 дня до исследования;
- 4) необходимо не менее чем за 1 ч до сдачи крови исключить курение;
- 5) не рекомендуется перед сдачей крови проведение различных медицинских обследований, прием лекарственных препаратов;
- 6) не рекомендуется перед сдачей крови проведение диагностических (эндоскопическое и лучевое исследование, глубокая пальпация, общий массаж, биопсия, пункция), функциональных (зондирование, введение контрастных веществ) и лечебных процедур;
- 7) необходимо избегать физической нагрузки;
- 8) желательно сдавать кровь в одной лаборатории.

В лабораторной практике исследуют капиллярную кровь, которую получают путем укола в мякоть IV пальца левой руки или мочки уха, или венозную кровь из локтевой вены (при работе на автоанализаторах).

Для забора капиллярной крови используют иглы-скарификаторы, которые после употребления моют и кипятят в стерилизаторе или помещают на 2 ч в сушильный шкаф при температуре 180 °С.

Кожу на месте укола протирают ватным тампоном, смоченным сначала спиртом, затем эфиром. Укол лучше производить сбоку, где более густая капиллярная сеть, на глубину 2–3 мм. Также могут быть использованы автоматические скарификаторы, способствующие снижению травматичности и соблюдению требуемой глубины прокола, в зависимости от типа скарификатора.

Кровь из ранки должна вытекать свободно, так как при сильном надавливании на палец возможно перемешивание тканевой жидкости.

Венозная кровь считается оптимальным материалом для клинического исследования крови. Забор крови осуществляется из кубитальной вены. Наложение жгута допустимо не более чем на 1 мин, кулак следует разжать при попадании в пробирку первых капель крови. При более длительном наложении жгута могут быть получены завышенные результаты общего белка, альбуминов и пр. При длительном сжатии кулака может быть повышен уровень калия в плазме на 15–25%.

Применяемые в настоящее время гематологические анализаторы в большинстве случаев сертифицированы и стандартизированы для работы с венозной кровью. Калибровочные и контрольные материалы для калибровки гематологических анализов предназначены для венозной крови. Забор крови посредством вакуумных систем характеризуется некоторыми преимуществами, в частности, данный метод обеспечивает высокое качество пробы и способствует предотвращению контакта с кровью. Вакуумные системы представляют собой сочетание трех элементов: стерильной одноразовой пробирки с крышкой и дозированным содержанием вакуума, стерильной иглы-бабочки или одноразовой двусторонней иглы, закрытой защитными колпачками с обеих сторон, и иглодержателя. Кровь втягивается непосредственно в пробирку из вены через иглу под действием вакуума.

Из пальца забор крови производится:

- 1) при ожогах, имеющих большую площадь;
- 2) при наличии мелких или малодоступных вен;
- 3) при выраженном ожирении;
- 4) при склонности к венозному тромбозу;
- 5) у новорожденных.

ОБЩИЙ АНАЛИЗ КРОВИ

Таблица 1

Основные показатели общего анализа крови в состоянии нормы

Показатель	Женщины	Мужчины
Гемоглобин	120–140 г/л	130–160 г/л
Гематокрит	34,3–46,6%	34,3–46,6%
Тромбоциты	180–360×10 ⁹	180–360×10 ⁹
Эритроциты	3,7–4,7×10 ¹²	4–5,1×10 ¹²
Лейкоциты	4–9×10 ⁹	4–9×10 ⁹
СОЭ	2–15 мм/ч	1–10 мм/ч
Цветовой показатель	0,85–1,15	0,85–1,15
Ретикулоциты	0,2–1,2%	0,2–1,2%
Тромбокрит	0,1–0,5%	0,1–0,5%
Эозинофилы	0–5%	0–5%
Базофилы	0–1%	0–1%
Лимфоциты	18–40%	18–40%
Моноциты	2–9%	2–9%
Средний объем эритроцитов	78–94 fl	78–94 fl
Среднее содержание гемоглобина в эритроцитах	26–32 пг	26–32 пг
Палочкоядерные гранулоциты	1–6%	1–6%
Сегментоядерные гранулоциты	47–72%	47–72%

ГЕМОГЛОБИН

Строение гемоглобина

Гемоглобин — основной компонент эритроцитов, благодаря которому осуществляется перенос кислорода. Он относится к хромопротеинам и имеет в своем составе белок (глобин) и железосодержащую группу (гем).

Гем — комплексное соединение железа и протопорфирина IX, состоящего из четырех пиррольных колец, соединенных СН-мостиками. Железо, находящееся в центре протопорфирина, соеди-

нено с четырьмя атомами азота пиррольных колец двумя главными и двумя дополнительными связями. Одна из двух оставшихся связей (координационное число железа равно 6) используется для соединения с глобином, другая — с кислородом. Гем одинаков для всех видов гемоглобина животных.

Глобин — тетраметр, состоящий из двух пар полипептидных цепей, различие аминокислотного состава которых определяет гетерогенность молекулы гемоглобина человека. В целом молекула гемоглобина содержит 574 аминокислоты. Каждая полипептидная цепь глобина соединена с гемом (на 1 глобин приходится 4 гема).

Гемоглобин взрослого человека имеет 2 α - и 2 β -полипептидные цепи (табл. 2). Фетальный гемоглобин, содержащийся в крови новорожденного (HbF), имеет в своем составе 2 α - и 2 γ -полипептидные цепи.

Гематокрит представляет собой совокупность всех фракций клеток крови, в которых содержится гемоглобин. Показатель гипоксии — кислородного голодания — снижение гематокрита ниже нормы. Повышение гематокрита может указывать на наличие онкологических заболеваний крови.

Таблица 2

**Содержание гемоглобина взрослого и фетального типа
в различные возрастные периоды
(в процентах от общего гемоглобина)**

Возраст	Фетальный гемоглобин	Гемоглобин взрослого типа
1–7 дней	71	25
8–21 день	65,4	29
22–30 дней	60	34,6
1–2 месяца	56,1	43,4
3–5 месяцев	22,5	75,3
6–9 месяцев	9,1	88,2
9–12 месяцев	4,3	92,8
1–3 года	1,6	94,9
3–7 лет	0,8	94,9
7–14 лет	0,7	94,9
Взрослые	до 1,5	94,9

Глава 1. Исследование крови

Гемоглобин может находиться в эритроцитах в виде:

- 1) оксигемоглобина: при присоединении железа к гему;
- 2) карбаминооксигемоглобина: при присоединении углекислого газа к свободным аминным группам глобина;
- 3) метгемоглобина: при окислении железа гема.

Повышение содержания карбоксигемоглобина регистрируется при гемолитических анемиях, повышении в атмосферном воздухе оксида углерода, у курильщиков.

Метгемоглобин повышается при врожденном и приобретенном снижении активности метгемоглобинредуктаз, повышении содержания в пище нитратов, кишечных интоксикациях, наличии аномального гемоглобина М. Определение содержания гликированных гемоглобинов имеет диагностическое значение, особенно при сахарном диабете. Содержание гликозилированного гемоглобина находится у здоровых в пределах 3–6% от общего гемоглобина.

Определение концентрации гемоглобина

Важнейшие из методов определения концентрации гемоглобина — колориметрические, инвазивные. Они широко применяются на практике ввиду их простоты и доступности.

Гематитовый метод (метод Сали). Основан на превращении гемоглобина при прибавлении к крови хлористо-водородной кислоты в хлоргемин (хлорид гематита) коричневого цвета, интенсивность окраски которого пропорциональна содержанию гемоглобина. Полученный раствор хлорида гематита разводят водой до цвета стандарта, соответствующего известной концентрации гемоглобина. Данный метод в настоящее время сравнительно редко применяется в лабораторной практике, поскольку существуют точные автоматические методы.

Определение проводят в упрощенном колориметре — геометре Сали. Этот прибор состоит из пластмассового штатива с 3 вертикальными гнездами. В боковых гнездах находятся 2 запаянные пробирки со стандартной жидкостью. В среднее гнездо геометра вставляют открытую сверху градуированную стеклянную пробирку того же диаметра, что и цветные стандарты. Градуированная пробирка имеет шкалу с делениями, показывающую количество гемоглобина в граммах на 100 мл крови, т. е. грамм-процентах (г%). При геоме-

тре имеются специальная пипетка для воды и стеклянная палочка для перемешивания.

В градуированную пробирку наливают до деления, помеченного цифрой «2 г%» (нижняя круговая метка) 0,1 г% раствора хлористо-водородной кислоты. Затем набирают кровь в капиллярную пипетку до метки «0,02 мл», всасывая ее ртом через резиновую трубку (необходимо, чтобы столбик крови кончался точно на уровне метки и не разрывался пузырьками воздуха). Обтерев кончик пипетки снаружи ватой, опускают ее в пробирку с 0,1 г% раствором хлористо-водородной кислоты и осторожно выдувают кровь. Повторными всасываниями и выдуваниями верхнего слоя жидкости пипетку ополаскивают. Пробирку несколько раз встряхивают и, заметив время, ставят в штатив. Для полного превращения гемоглобина в хлорид гематита требуется не менее 5 мин. Через 5 мин геометр поднимают до уровня глаз и сравнивают цвет испытуемой жидкости с цветом стандартов. Обычно (за исключением случаев крайне тяжелой анемии) он темнее, чем в стандартных пробирках. С помощью неградуированной пипетки к испытуемому раствору добавляют по каплям дистиллированную воду, перемешивают стеклянной палочкой и сравнивают со стандартами. Как только цвет исследуемой жидкости станет одинаков с цветом стандартов, отмечают, какому делению шкалы соответствует уровень жидкости (по нижнему мениску) в пробирке.

Промышленность выпускает геометры, содержащие грамм-процентную шкалу. За идеальную норму принимают концентрацию гемоглобина в крови, равную 16,67 г%, или 166,7 г/л.

При соблюдении всех правил работы с геометром у одного и того же больного при определении гемоглобина в разных порциях крови получают расхождение результатов в пределах $\pm 0,3$ г% (3 г/л).

Цианметгемоглобиновый метод наиболее точен, принят в большинстве стран как стандартный.

Он основан на превращении гемоглобина в цианметгемоглобин при добавлении к крови реактива. Концентрацию цианметгемоглобина измеряют фотометрически. В качестве реактива употребляют раствор Драбкина (NaHCO_3 — 1 г, KCN — 0,05 г, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ — 0,2 г, дистиллированной воды — до объема 1 л) или какой-нибудь другой с подобным действием.

Под влиянием железисто-синеродистого калия гемоглобин окисляется до метгемоглобина (гемоглобина), который затем пре-

Глава 1. Исследование крови

вращается при помощи цианида калия в цианметгемоглобин (гемоглобцианид). Наиболее употребительное разведение крови в реактиве Драркина — 1 : 250 (0,02 мл крови и 5 мл реактива). Через 20 мин, необходимых для полного превращения гемоглобина в гемоглобцианид, измеряют экстинкцию при длине волны 540 нм и толщине слоя в 1 см против воды на спектрофотометре СФ-4 или на ФЭК-М и ему подобном фотоэлектроколориметре.

В настоящее время созданы прочные цианометгемоглобиновые стандарты в ампулах, соответствующие точно определенной концентрации гемоглобина. Полученные растворы исследуют на фотоэлектроколориметре и вычерчивают калибровочную кривую, откладывая показатели оптической плотности со шкалы прибора (красные цифры барабана) на оси ординат, а концентрацию гемоглобина в граммах на литр — на оси абсцисс. На основании калибровочной кривой создают рабочую таблицу, указывающую, какая концентрация гемоглобина соответствует данному показанию ФЭК.

Существуют колориметры, специально разработанные для определения гемоглобина, — гемоглобинометры. В большинстве из них используется цианметгемоглобиновый метод. Гемоглобинометры могут работать независимо или в комплексе со счетчиками частиц. Так, гемоглобинометр «Культер» (Франция), который можно применять самостоятельно, дает прямые показания гемоглобина в граммах на 100 мл. Прибор имеет высокую точность и воспроизводимость $\pm 0,1\%$ (1 г/л).

Цветовой показатель

Определение среднего содержания гемоглобина в одном эритроците производят делением концентрации гемоглобина (Hb) на число эритроцитов в одинаковом объеме крови (1 мкл). Практически среднее содержание гемоглобина в одном эритроците представляет частное от деления Hb (г/л) на число эритроцитов в миллионах.

Величину 33 пг (пикограмм — 1×10^{-12}), составляющую норму содержания гемоглобина в одном эритроците, условно принимают за 1 и обозначают как цветовой показатель. Вычисление цветового показателя производят путем деления тройного значения Hb (г/л) на 3 первые цифры числа эритроцитов в миллионах. В норме цветовой показатель колеблется от 0,86 до 1,1. В практической работе для подсчета цветового показателя используют пересчетные таблицы, а также номограммы.

Определение гемоглобина в крови методом спектрального анализа представляет собой один из наиболее информативных методов определения гемоглобина и его составляющих. Для проведения анализа данным способом применяются спектрофотометры. Основа анализа — изучение оптической плотности пробы крови. В организме гемоглобин вступает в химическую реакцию с газами, такими как кислород, окись углерода, образуя производные. Каждое из производных гемоглобина характеризуется особыми оптическими свойствами.

Пробирка с пробой крови, разведенной дистиллированной водой в пропорции 1 : 100, размещается перед спектроскопом. Проходя через призму спектрофотометра, луч белого света разлагается на спектральную гамму. При прохождении светового луча через исследуемый материал на спектральной линии проявляются полосы поглощения. Спектрофотометры, осуществляя спектральную оценку, выделяют свет одной волны. Результаты фиксируются с помощью фотоэлемента. В частности, для оксигемоглобина характерны 2 полосы поглощения в желтой и зеленой частях спектра. Аналогичны результаты для карбоксигемоглобина, но он не восстанавливается под действием химических веществ-восстановителей. Метгемоглобин проявляется в 4 полосах поглощения, наиболее четкая из которых расположена в красной части спектра. Восстановленный гемоглобин проявляется одной широкой полосой в центральной части спектра.

Со-оксиметрия представляет собой анализ газового состава крови и относится к спектроскопическому методу. Данный анализ дает возможность количественного измерения параметров крови, таких как оксигенированный, деоксигенированный гемоглобин, карбоксигемоглобин, метгемоглобин, в процентах от общей концентрации гемоглобина в крови. Данные параметры крови измеряются спектрометром на пропускание/поглощение 380—780 нм.

Современные приборы для измерения гемоглобина

Фотоэлектрические гемоглобинометры измеряют концентрацию гемоглобина, сразу выдавая на дисплее показания в г/100 или 1000 мл. В зависимости от задействованного метода, приборы калибруются растворами гемиглобинцианида или гемихрома.

Фотометры со светофильтрами применяются для измерения оптической плотности пробы крови. В них используются свето-