NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-10]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

03.00.00-BIOLOGIYA
journal.namdu.uz
BIOLOGICAL

УДК 612.1

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ В НОРМЕ: СОСТАВ, ФУНКЦИИ И МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОМЕОСТАЗА

Мирзаева Ю.Т.
Университет Alfraganus
Махмудов А.С.
[1]Университет Alfraganus
Алланиязова З.Д.
Институт биофизики и биохимии при Национальном университете Узбекистана
e-mail: Ymirzayeva@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6593-1533

Аннотация: *Кровь является особой жидкой соединительной тканью, которая осуществляет перенос газов, нутриентов, гормонов и метаболитов, обеспечивает иммунную защиту организма, участвует в процессах свёртывания и поддерживает постоянство внутренней среды. Цель исследования заключалась в систематизации актуальных данных о физиологии крови в норме. Проведён описательный анализ учебной и научной литературы. Изучены состав плазмы, свойства эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, механизмы эритропоэза и гемостаза. Установлено, что физиологические параметры крови определяются согласованной работой костного мозга, почек, печени, лёгких и эндотелия сосудов.*

Ключевые слова: *кровь; плазма; эритроциты; гемоглобин; лейкоциты; тромбоциты; гемостаз; гомеостаз.*

ME'YORDAGI QON FIZIOLOGIYASI:TARKIBI, FUNKSIYALARI VA GOMEOSTAZNI SAQLASH MEXANIZMLARI

Annotatsiya: *Qon — gazlar, oziq moddalar, gormonlar va almashinuv mahsulotlarini tashiydigan, immun himoyani ta'minlovchi, gemostazda ishtirok etuvchi hamda ichki muhit doimiyligini saqlashga xizmat qiluvchi maxsus suyuq biriktiruvchi to'qimadir. Tadqiqot maqsadi — qonning normal fiziologiyasi haqidagi zamonaviy bilimlarni tizimlashtirish. O'quv va ilmiy manbalar asosida narrativ sharh bajarildi. Plazma tarkibi, eritrotsitlar, leykotsitlar, trombotsitlar xususiyatlari, eritropoez va gemostaz mexanizmlari tahlil qilindi. Qonning fiziologik ko'rsatkichlari suyak ko'migi, buyraklar, jigar, o'pka va tomir endoteliysining o'zaro bog'liq faoliyati natijasida shakllanishi aniqlandi.*

Kalit so'zlar: *qon; plazma; eritrotsitlar; gemoglobin; leykotsitlar; trombotsitlar; gemostaz; gomeostaz.*

NORMAL BLOOD PHYSIOLOGY: COMPOSITION, FUNCTIONS, AND MECHANISMS OF HOMEOSTASIS MAINTENANCE

Abstract: *Blood is a specialized fluid connective tissue responsible for the transport of gases, nutrients, hormones and metabolic waste products. It also provides immune defence, participates in hemostasis and helps maintain internal environment stability. The purpose of this work was to systematise current concepts of normal blood physiology. A narrative review of educational and scientific literature was performed. Plasma composition, erythrocyte, leukocyte and platelet properties, erythropoiesis and haemostasis mechanisms were analysed. Normal blood parameters were shown to result from the coordinated activity of bone marrow, kidneys, liver, lungs and vascular endothelium.*

Keywords: *blood; plasma; erythrocytes; hemoglobin; leukocytes; platelets; hemostasis; homeostasis.*

Введение. Кровь относится к ключевым функциональным системам организма. Циркулируя по сосудистому руслу, она объединяет органы в единый обменный контур. Среди её основных ролей выделяют транспортную, защитную, регуляторную и гомеостатическую [1, с. 1132; 2, с. 1350]. Практическая значимость темы связана с широким применением общего анализа крови и коагулограммы в клинике. Однако корректная интерпретация полученных значений невозможна без понимания физиологических механизмов, формирующих норму. Один и тот же параметр способен меняться под влиянием физической нагрузки, стресса, смены положения тела, дефицита жидкости или беременности [1, с. 1132; 3, с. 432].

Цель работы — обобщить и структурировать современные научные данные о составе, свойствах и многообразных функциях крови в физиологических условиях. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: детально описать морфофункциональные особенности плазмы и клеточных элементов крови; изучить механизмы эритропоэза, его регуляцию и молекулярные основы переноса кислорода; охарактеризовать вклад различных популяций лейкоцитов во врождённый и приобретённый иммунитет; раскрыть последовательность физико-химических процессов гемостаза и поддержания жидкого состояния крови; выявить взаимосвязи между базовыми физиологическими процессами и стандартными лабораторными показателями.

Материалы и методы. Исследование выполнено в формате нарративного (описательного) обзора литературы по нормальной физиологии, патофизиологии и гематологии. Источниковую базу составили фундаментальные руководства по медицинской физиологии, учебники по гематологии и клинической лабораторной диагностике, а также нормативные документы Всемирной организации здравоохранения. Указанные референсные интервалы носят ориентировочный характер, иллюстрируют физиологическую норму и не заменяют значения, установленные конкретной клинико-диагностической лабораторией.

Результаты. Кровь включает плазму и форменные элементы. В состав плазмы входят вода, электролиты, белки, питательные вещества, гормоны и продукты метаболизма. Клеточную часть представляют эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Гематокрит характеризует долю клеточного компонента и варьирует в зависимости от пола, возраста и объёма плазмы [1, с. 1132]. Эритроциты — безъядерные клетки, приспособленные к транспорту кислорода. Их двояковогнутая форма увеличивает площадь поверхности и облегчает прохождение через узкие капилляры. Средняя продолжительность жизни эритроцита составляет примерно 120 суток, после этого стареющие клетки фагоцитируются макрофагами селезёнки и печени [1, с. 1132; 3, с. 432]. Молекула гемоглобина состоит из белковой части (глобина) и гемовой группы, содержащей атом железа. В лёгких гемоглобин присоединяет кислород, а в периферических тканях отдаёт его. Образование эритроцитов (эритропоэз) происходит в красном костном мозге и контролируется преимущественно эритропоэтином. Кривая диссоциации оксигемоглобина имеет S-образную форму, что отражает кооперативное связывание кислорода четырьмя субъединицами гемоглобина (P50 около 26–27 мм рт. ст.). Снижение pH и повышение pCO_2 сдвигают кривую вправо и облегчают отдачу кислорода тканям -эффект Бора. Аналогичный эффект оказывает 2,3-бисфосфоглицерат (2,3-БФГ), который образуется в эритроцитах при гликолизе и связывается с β-цепями дезоксигемоглобина, снижая его сродство к кислороду. Содержание 2,3-БФГ возрастает при хронической гипоксии, в том числе при подъёме на высоту. Для полноценного эритропоэза необходимы железо, витамин B_{12} и фолиевая кислота [1, с. 1132; 2, с. 1350; 4, с. 433; 5, с. 2528]. Железо транспортируется трансферрином и депонируется в виде ферритина. Ключевой регулятор — гепсидин, пептидный гормон печени. Он связывается с ферропортином и вызывает его деградацию, что снижает всасывание железа в кишечнике и его выход из макрофагов. Синтез гепсидина повышается при избытке железа и воспалении, а снижается при дефиците железа, гипоксии и усиленном эритропоэзе. В 2024 году ВОЗ обновила рекомендации по пороговым значениям гемоглобина. Эритропоэтин синтезируют преимущественно перитубулярные клетки почек. При гипоксии стабилизируется фактор, индуцируемый гипоксией (HIF), и усиливается транскрипция гена эритропоэтина. В условиях нормального содержания кислорода HIF гидроксилируется и разрушается. Эритропоэтин поддерживает выживание и пролиферацию эритроидных предшественников в костном мозге. Для взрослых небеременных женщин ориентиром служит уровень ниже 120 г/л, для мужчин — ниже 130 г/л; при интерпретации следует учитывать возраст, пол, наличие беременности и популяционные особенности [4, с. 432].

Скорость оседания эритроцитов зависит от степени их агрегации, которая определяется содержанием фибриногена и глобулинов в плазме. Ориентировочная норма по методу Вестергрена: у мужчин до 15 мм/ч, у женщин до 20 мм/ч (значения зависят от возраста и методики лаборатории).

Объём и буферные системы, объём крови составляет около 7% массы тела (примерно 5 л у взрослого мужчины), из них плазма занимает около 55%. Постоянство pH артериальной крови (7,35–7,45) обеспечивают бикарбонатная, гемоглобиновая, белковая и фосфатная буферные системы.

Лейкоциты обеспечивают как врождённую, так и адаптивную защиту. Ориентировочные значения у взрослых: нейтрофилы 40–70%, лимфоциты 20–40%, моноциты 2–8%, эозинофилы 1–4%, базофилы 0–1%. Нейтрофилы первыми приходят в очаг бактериального воспаления и осуществляют фагоцитоз. Лимфоциты обеспечивают специфический иммунный ответ, моноциты превращаются в тканевые макрофаги. Нейтрофилы быстро реагируют на бактериальную инфекцию, эозинофилы участвуют в противопаразитарных и аллергических реакциях, базофилы выделяют медиаторы воспаления. Моноциты способны дифференцироваться в тканевые макрофаги. Среди лимфоцитов различают Т-клетки, В-клетки и NK-клетки [4, с. 433; 5, с. 2528]. Тромбоциты образуются из мегакариоцитов костного мозга. При повреждении сосудистой стенки они прикрепляются к

субэндотелиальным структурам, активируются и агрегируют. Одновременно запускается плазменный каскад коагуляции: образуется тромбин, а фибриноген превращается в фибрин [4, с. 432; 6, с. 904].

Ориентировочные показатели

Показатель	Ориентир у взрослых	Функция
Гемоглобин	Мужчины: 130–170 г/л; женщины: 120–160 г/л	Перенос кислорода
Гематокрит	Мужчины: 42–52%; женщины: 36–46%	Клеточная доля крови
Лейкоциты	4–11 × 10^9/л	Иммунная защита
Тромбоциты	150–400 × 10^9/л	Первичный гемостаз
MCV (средний объём эритроцита)	80–100 фл	Размер эритроцитов
MCH (среднее содержание гемоглобина)	27–33 пг	Гемоглобин в одном эритроците
MCHC (средняя концентрация гемоглобина)	320–360 г/л	Насыщенность эритроцита гемоглобином
Нейтрофилы / лимфоциты / моноциты / эозинофилы / базофилы	40–70% / 20–40% / 2–8% / 1–4% / 0–1%	Врождённый и адаптивный иммунитет
Протромбиновое время / МНО	11–15 с / 0,8–1,2	Внешний путь коагуляции
АЧТВ	25–40 с	Внутренний путь коагуляции
Фибриноген	2–4 г/л	Субстрат фибринового сгустка

Нормальный гемостаз поддерживается балансом между образованием тромба, действием естественных антикоагулянтов и системой фибринолиза. Неповреждённый эндотелий препятствует активации тромбоцитов, тогда как повреждение сосуда инициирует локальную защитную реакцию [1, с. 1132; 4, с. 432; 6, с. 904]. Белки плазмы выполняют транспортную и регуляторную функции. Альбумин поддерживает коллоидно-осмотическое давление и переносит различные вещества. Иммуноглобулины обеспечивают гуморальный иммунитет, а фибриноген участвует в свёртывании. Электролиты и белковые буферные системы поддерживают осмолярность и кислотно-щелочное равновесие [1, с. 1132; 2, с. 1350].

Обсуждение. Физиология крови опирается на интеграцию нескольких органов и систем. Костный мозг обеспечивает продукцию клеток крови, почки регулируют эритропоэз, лёгкие определяют оксигенацию, печень синтезирует белки плазмы и факторы свёртывания, а эндотелий контролирует взаимодействие крови с сосудистой стенкой [1, с. 1132; 2, с. 1350; 4, с. 432]. При обезвоживании концентрации гемоглобина и гематокрита могут возрастать из-за снижения объёма плазмы, хотя абсолютная масса эритроцитов остаётся прежней. Поэтому любой показатель следует оценивать только в клиническом контексте [1, с. 1131; 8, с. 1080]. Гемостаз нельзя сводить исключительно к результатам коагулограммы. Первичный гемостаз определяется тромбоцитами и эндотелием, вторичный — плазменными факторами, а ограничение роста тромба — антикоагулянтными и фибринолитическими механизмами [4, с. 432; 6, с. 904; 7, с. 2346]. Ограничением настоящей работы является её нарративный характер: собственный эксперимент и метаанализ не выполнялись. Приведённые интервалы служат учебными ориентирами и должны сопоставляться с референсными значениями конкретной лаборатории.

Выводы. Кровь выполняет транспортную, защитную, регуляторную и гомеостатическую функции, а её физиологические показатели формируются согласованной работой костного мозга, почек, печени, лёгких и эндотелия сосудов. Транспорт кислорода определяется свойствами гемоглобина: сродство к кислороду отражает S-образная кривая диссоциации оксигемоглобина, а её положение зависит от pH, pCO_2 и содержания 2,3-бисфосфоглицерата (эффект Бора). Эритропоэз контролируется преимущественно эритропоэтином, синтез которого в почках усиливается при гипоксии через HIF-зависимый механизм. Для его полноценного течения необходимы достаточные запасы железа, витамина B_{12} и фолатов, а обмен железа регулируется гепсидином. Лейкоциты обеспечивают врождённый и адаптивный иммунитет, а их относительное содержание отражает

лейкоцитарная формула. Гемостаз является результатом согласованного взаимодействия сосудистой стенки, тромбоцитов, факторов коагуляции, антикоагулянтов и системы фибринолиза. Постоянство внутренней среды поддерживается плазменными белками, электролитами и буферными системами крови, которые удерживают pH, осмолярность и объём циркулирующей крови. Лабораторные показатели (гемоглобин, гематокрит, лейкоцитарная формула, СОЭ, коагулограмма) необходимо интерпретировать с учётом физиологического состояния пациента, пола, возраста и референсных интервалов конкретной лаборатории.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hall J.E., Hall M.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.

2. Boron W.F., Boulpaep E.L. Medical Physiology. 4th ed. Philadelphia: Elsevier; 2026.

3. World Health Organization. Guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations. Geneva: WHO; 2024. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240088542

4. Hoffbrand A.V., Moss P.A.H. Hoffbrand's Essential Haematology. 8th ed. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2019.

5. Kaushansky K., Lichtman M.A., Prchal J.T., et al. Williams Hematology. 10th ed. New York: McGraw-Hill; 2021.

6. Rodak B.F., Keohane E.M., Fritsma G.A. Hematology: Clinical Principles and Applications. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2020.

7. Greer J.P., Arber D.A., Glader B., et al. Wintrobe's Clinical Hematology. 14th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.

8. McKenzie S.B., Williams J.L. Clinical Laboratory Hematology. 4th ed. Pearson; 2020.