

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

УДК 616.155.194-053.2(470)

**БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ АНЕМИИ
У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА:
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ**

Кашевская В.М., Полехина Н.Н.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,

Орел, e-mail: lera.kashevskaya@yandex.ru

Анемия – одна из наиболее распространенных патологий, требующих своевременной диагностики. Целью статьи является исследование роли биохимических маркеров в диагностике анемии у детей раннего возраста, выявление их значимости для раннего обнаружения патологии и оценка перспектив их применения в клинической практике. Проведен анализ научной литературы последних десяти лет, взятый из баз данных PubMed, Scopus, Web of Science и РИНЦ. Особое внимание уделено таким маркерам, как ферритин, трансферрин, гемоглобин и общий железосвязывающий потенциал сыворотки крови. В обзор включались публикации с размером выборки не менее 50 детей до 5 лет. Результаты анализа подтвердили высокую информативность ферритина и трансферрина для выявления ранних, в том числе латентных, форм железодефицита. Отмечена важность оценки коэффициента насыщения трансферрина и общего железосвязывающего потенциала сыворотки для дифференциальной диагностики анемии. Установлено, что комбинация данных биохимических маркеров превосходит традиционные методы диагностики, основанные лишь на уровне гемоглобина. В заключении подчеркнута необходимость внедрения комплексных диагностических подходов, что позволит минимизировать ошибки диагностики, повысить эффективность терапии анемии у детей раннего возраста, предотвратить развитие осложнений, обеспечить нормальное развитие ребенка.

Ключевые слова: анемия, биохимические маркеры, ферритин, трансферрин, гемоглобин, железо, общий железосвязывающий потенциал сыворотки крови (ОЖСС), лабораторная диагностика

**BIOCHEMICAL MARKERS OF ANEMIA IN YOUNG CHILDREN:
MODERN APPROACHES TO DIAGNOSIS**

Kashevskaya V.M., Polekhina N.N.

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, e-mail: lera.kashevskaya@yandex.ru

Anemia is one of the most common pathologies that require timely diagnosis. The aim of the article is to study the role of biochemical markers in diagnosing anemia in young children, to determine their significance for early detection of pathology, and to evaluate the prospects for their use in clinical practice. An analysis of scientific literature published in the last ten years was conducted, sourced from PubMed, Scopus, Web of Science, and RINC databases. Particular attention was paid to markers such as ferritin, transferrin, hemoglobin, and the total iron-binding capacity of serum. Publications included in the review had sample sizes of at least 50 children under the age of 5. The analysis confirmed the high informativeness of ferritin and transferrin in detecting early and latent forms of iron deficiency. The importance of evaluating transferrin saturation coefficient and total iron-binding capacity for the differential diagnosis of anemia was noted. It was established that the combination of these biochemical markers surpasses traditional diagnostic methods based solely on hemoglobin levels. The conclusion emphasizes the need to introduce comprehensive diagnostic approaches to minimize diagnostic errors, improve the effectiveness of anemia therapy in young children, prevent the development of complications, and ensure the normal development of the child.

Keywords: anemia, biochemical markers, ferritin, transferrin, hemoglobin, iron, total serum iron-binding potential (TSIP), laboratory diagnosis

Введение

Анемия у детей раннего возраста представляет собой одну из наиболее значимых медицинских и социальных проблем в педиатрической практике. Данное состояние характеризуется снижением уровня гемоглобина и/или числа эритроцитов, что приводит к гипоксии тканей и нарушению биохимических реакций основных процессов организма человека [1]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), анемия затрагивает до 40% детей в возрасте до пяти лет, особенно в странах с низким и средним уровнем дохода [2, с. 143].

В последние годы наблюдается рост частоты данной патологии и в экономически развитых странах, что обусловлено изменением пищевых привычек, дефицитом железа и других микроэлементов, а также рядом хронических заболеваний [3].

Основные причины развития анемии в детском возрасте включают алиментарный дефицит железа, витамина В₁₂ и фолиевой кислоты, врожденные аномалии кроветворной системы, хронические воспалительные процессы, а также повышенные потребности организма в период интенсивного роста [4]. Анемия, развивающаяся в первые годы жизни, оказывает значительное влия-

ние на когнитивное и физическое развитие ребенка, что делает раннюю диагностику и коррекцию данной патологии крайне важной задачей [5].

Важную роль в диагностике и мониторинге анемии играют биохимические маркеры. Они позволяют не только оценить наличие и степень тяжести анемического синдрома, но и провести дифференциальную диагностику его причин [6, с. 347]. Наиболее значимыми среди них являются уровень ферритина, как маркера «депо» железа в организме, трансферрина, отражающего транспорт доступного железа, и гемоглобина, характеризующего уровень кислородной емкости крови. Использование этих показателей в клинической практике способствует своевременному выявлению нарушений, что особенно актуально для предотвращения осложнений анемии [7].

Несмотря на достигнутые успехи в диагностике анемии, остаются нерешенными вопросы, связанные с ранним выявлением латентных форм дефицита железа, повышением чувствительности и специфичности лабораторных тестов, а также их доступностью в условиях повседневной педиатрической практики [8]. Изучение современных подходов к применению биохимических маркеров в диагностике анемии у детей раннего возраста представляется актуальным и значимым для повышения эффективности медицинской помощи детям [9].

Цель исследования – проанализировать роль биохимических маркеров в диагностике анемии у детей раннего возраста, выявить их значимость для раннего обнаружения патологии и оценить перспективы применения в клинической практике при сочетанной лабораторной диагностике патологии.

Материалы и методы исследования

Для исследования был проведен анализ научной литературы, опубликованной за последние 10 лет, с акцентом на биохимические маркеры анемии у детей раннего возраста. Источники включали статьи из баз данных PubMed, Scopus, Web of Science и РИНЦ. Поиск проводился в период с 2013 по 2023 г. с использованием ключевых слов «анемия у детей», «биохимические маркеры», «гемоглобин», «ферритин», «трансферрин», «общий железосвязывающий потенциал» и «дети раннего возраста». Всего было проанализировано 116 источников, из них 25 включены в итоговый список литературы. Основное внимание уделялось уровням ферритина, трансферрина, гемоглобина, а также общему железосвязывающему потенциалу сыворотки крови.

Критерии отбора: включались работы с данными о чувствительности и специфичности маркеров, исследования с выборкой ≥ 50 чел., статьи, посвященные диагностике анемии у детей до 5 лет. Исключались публикации с недостаточными данными или фокусом на взрослую популяцию. Методы анализа: изучались подходы к интерпретации биохимических анализов, использование референсных значений, а также современные методы, такие как хемилюминесцентный и иммуноферментный анализ.

При проведении анализа руководствовались современными принципами подготовки систематических обзоров в соответствии с протоколом Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [10]. Результаты обобщались с помощью описательной статистики. Данный подход позволил выделить наиболее информативные биохимические маркеры для диагностики анемии в педиатрии.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании проведенного анализа выявлены ключевые биохимические маркеры, которые имеют первостепенное значение в диагностике анемии у детей раннего возраста. Рассмотрение их диагностической и прогностической ценности позволяет сформировать теоретическую основу для разработки более точных и чувствительных методов выявления данного состояния [11].

Ферритин, как один из центральных маркеров, отражает уровень запасов железа в организме. Его значение особенно важно для диагностики латентных форм дефицита железа, которые не сопровождаются клиническими симптомами. У детей раннего возраста, особенно в первые месяцы жизни, уровень ферритина тесно связан с запасами железа, накопленными во внутриутробном периоде. Нормальные показатели ферритина в этой возрастной группе варьируются в пределах 30–100 мкг/л [12]. Снижение уровня ниже 15 мкг/л позволяет диагностировать железодефицитное состояние, даже при нормальном уровне гемоглобина. Однако ферритин является острофазовым белком, и его уровень может быть повышен при воспалительных процессах, что существенно затрудняет интерпретацию результатов. Таким образом, для повышения точности диагностики рекомендуется оценивать ферритин в сочетании с другими маркерами [13].

Трансферрин, белок, ответственный за транспорт железа, также важен в диагностике анемии. Повышение уровня трансфер-

рина, особенно в сочетании с низким коэффициентом насыщения ($< 16\%$), указывает на дефицит железа. Это связано с компенсаторным увеличением синтеза в условиях недостатка железа. При этом нормальные значения коэффициента насыщения трансферрина составляют 20–45% [14]. Снижение данного показателя часто сопровождается железодефицитную анемию и позволяет диагностировать ее даже на доклинической стадии. Комбинация анализа уровня трансферрина и ферритина увеличивает чувствительность диагностики, что делает этот

подход оптимальным для использования в педиатрической практике [15, с.76].

Гемоглобин традиционно остается основным маркером диагностики анемии, так как диагностика возможной анемии начинается с обнаружения снижения этого показателя в сыворотке крови при лечении вирусного или инфекционного заболевания у ребенка [16]. Однако его значение ограничивается поздними стадиями заболевания, когда снижение уровня гемоглобина (< 110 г/л у детей до 5 лет) уже свидетельствует о развившемся анемическом синдроме.

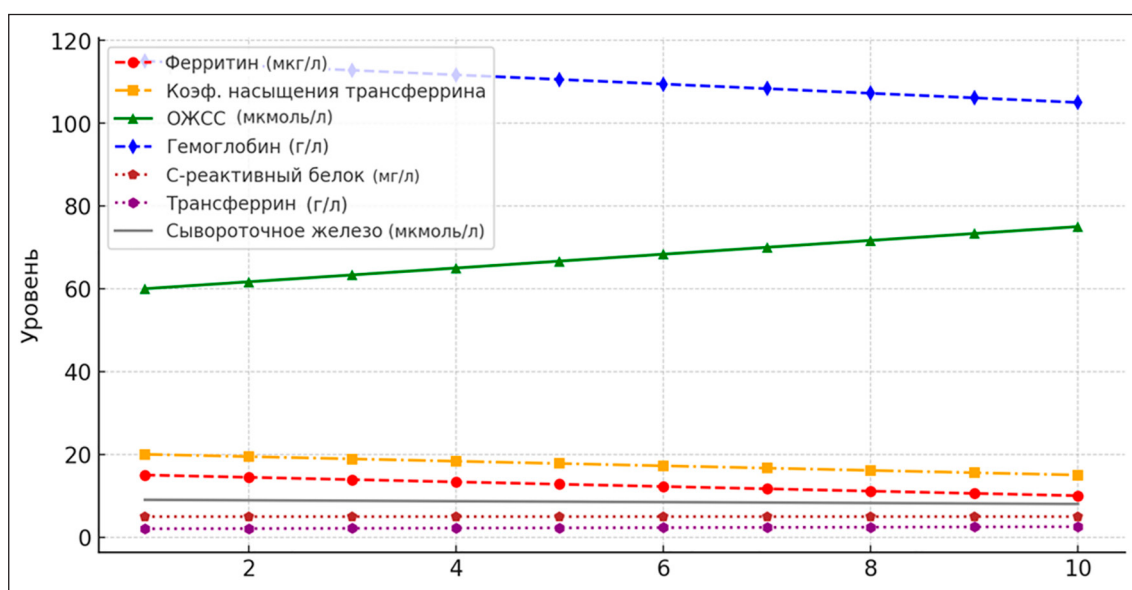


Рис. 1. Профиль патологии – Железодефицитная анемия
Источник: составлено авторами на основе [23]

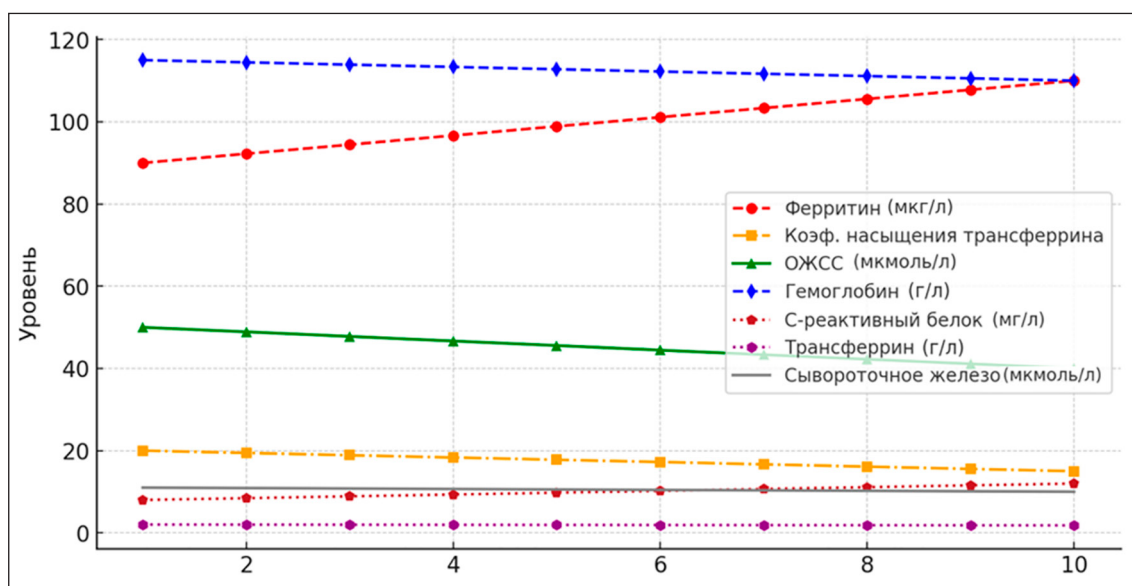


Рис. 2. Профиль патологии – Анемия хронического заболевания
Источник: составлено авторами на основе [24]

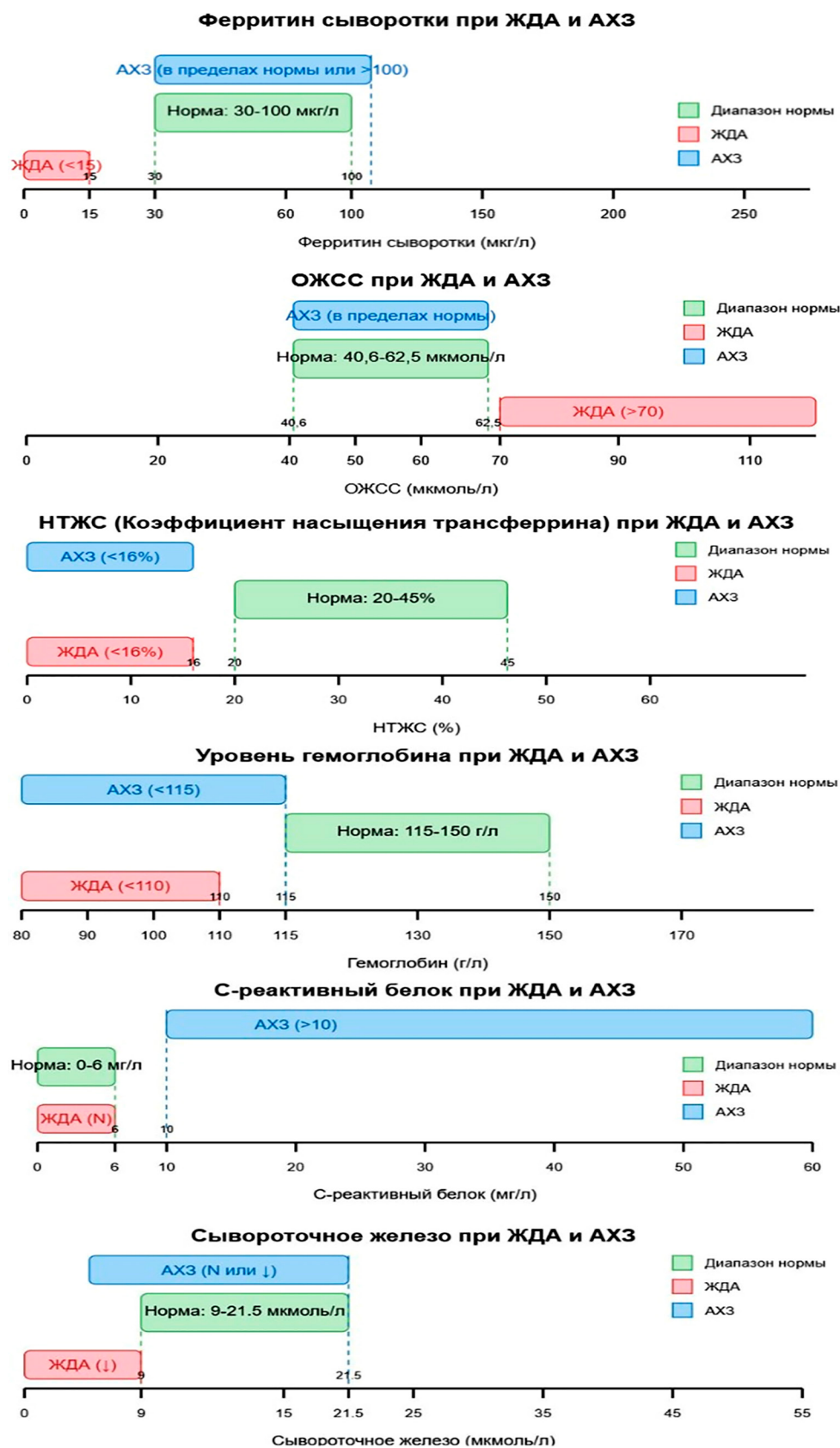


Рис. 3. Дифференциальные биохимические маркеры анемий
Источник: составлено авторами на основе [25]

На ранних этапах дефицита железа уровень гемоглобина может оставаться в пределах нормы, что требует использования дополнительных лабораторных маркеров для выявления скрытых нарушений [17, с. 182]. Общий железосвязывающий потенциал сыворотки крови (ОЖСС) представляет собой еще один информативный маркер, который отражает способность сыворотки связывать железо [18]. Повышение ОЖСС (> 70 мкмоль/л) указывает на истощение запасов железа и является важным диагностическим критерием. В сочетании с уровнем ферритина и коэффициентом насыщения трансферрина ОЖСС позволяет не только диагностировать анемию, но и проводить ее дифференциальную диагностику, что особенно актуально в условиях полиморбидности у детей [19, с. 64].

Среди дополнительных маркеров стоит выделить уровень сывороточного железа, который показывает текущее содержание железа в крови. Однако его диагностическая ценность ограничена из-за суточных колебаний и влияния на показатели различных физиологических и патологических факторов [20, с. 15]. Поэтому определение уровня С-реактивного белка (СРБ) важно для оценки воспалительных процессов, которые могут маскировать истинный уровень ферритина. Учет уровня СРБ позволяет более точно интерпретировать показатели ферритина и минимизировать риск гипердиагностики [21, с. 5].

По биохимическим показателям представленных маркеров можно не только подтверждать наличие анемии, но и определять ее тип. Например, железодефицитная анемия характеризуется снижением уровня ферритина, коэффициента насыщения трансферрина и увеличением ОЖСС (рис. 1), тогда как анемия хронического заболевания сопровождается нормальными или повышенными уровнями ферритина и снижением коэффициента насыщения трансферрина (рис. 2). Это различие позволяет проводить дифференциальную диагностику и назначать адекватное лечение (рис. 3) [22].

Сравнение традиционных методов диагностики, основанных на оценке уровня гемоглобина, с современными подходами, включающими анализ нескольких биохимических маркеров, показывает преимущество последних. Использование комбинации ферритина, трансферрина и ОЖСС позволяет выявлять анемию на ранних стадиях, когда коррекция состояния наиболее эффективна. Кроме того, обоснование применения данных маркеров формирует основу для внедрения персонализированного подхода к диагностике и лечению анемии

у детей раннего возраста, что в перспективе может существенно повысить качество медицинской помощи данной группе пациентов [26].

Заключение

Таким образом, анемия у детей раннего возраста остается одной из наиболее распространенных патологий, оказывающих значительное влияние на их физическое и когнитивное развитие. Анализ современных научных данных показал, что использование биохимических маркеров, таких как ферритин, трансферрин, коэффициент насыщения трансферрина и общий железосвязывающий потенциал сыворотки крови, играет ключевую роль в ранней диагностике и мониторинге данного состояния. Эти маркеры позволяют не только выявлять анемию на доклинических стадиях, но и проводить ее дифференциальную диагностику, что особенно важно для подбора адекватной терапии.

Современные методы лабораторной диагностики, основанные на комплексной оценке биохимических показателей, значительно превосходят традиционные подходы, ограниченные анализом уровня гемоглобина. Использование комбинации маркеров позволяет минимизировать риск гипо- и гипердиагностики, что особенно актуально в условиях полиморбидности у детей. Однако остаются нерешенными вопросы, связанные с доступностью высокоточных методов анализа и стандартизацией референсных значений для различных возрастных групп.

Внедрение новых технологий, таких как протеомика и метаболомика, открывает перспективы для создания персонализированных подходов к диагностике и лечению анемии. Эти методы могут значительно повысить чувствительность и специфичность лабораторных исследований, обеспечивая более глубокое понимание патогенеза анемии и ее влияния на организм ребенка.

Дальнейшие исследования в области применения биохимических маркеров в педиатрической практике являются приоритетным направлением для совершенствования диагностики и профилактики анемии у детей. Разработка и внедрение комплексных диагностических алгоритмов с использованием современных технологий позволит улучшить качество медицинской помощи, повысить эффективность лечения и снизить риск развития осложнений у детей раннего возраста.

Список литературы

1. Gwetu T.P., Chhagan M.K., Taylor M., Kauchali S., Craib M. Anaemia control and the interpretation of biochemical

tests for iron status in children // BMC Res Notes. 2017. Vol. 10, Is. 163. DOI: 10.1186/s13104-017-2472-5.

2. Детская гематология. Клинические рекомендации / Под ред. А.Г. Румянцев, А.А. Масчана, Е.В. Жуковской. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 656 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geotar.ru/lots/Q0128773.html> (дата обращения: 11.02.2025).

3. Верещагина В.С., Зауралов Е.О., Раздолькина Т.И., Науменко Е.И. Особенности железодефицитной анемии у детей раннего возраста города Саранска // Медицинский альманах. 2017. № 2 (47). С. 42–47. URL: <https://ncsa.ru/upload/iblock/eb3/acpkvzemrvaq0ucmch2g1p8xaidv36qj.pdf> (дата обращения: 11.02.2025).

4. Кувшинников В.А., Шенец С.Г., Стадник А.П. Дефицитные анемии у детей: учебно-методическое пособие. 2-е изд., перераб. Минск: БГМУ, 2023. 44 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.z-library.sk/book/3257316/00e07b/Дефицитные-анемии-у-детей.html> (дата обращения: 15.02.2025).

5. Armitage A.E., Moretti D. The importance of iron status for young children in low- and middle-income countries: a narrative review // *Pharmaceuticals* (Basel). 2019. Vol. 12 (2). DOI: 10.3390/ph12020059.

6. Рукавицын О.А. Гематология: национальное руководство / Под ред. О.А. Рукавицына. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 784 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geotar.ru/lots/NF0014583.html> (дата обращения: 15.04.2025).

7. Стуков Н.И., Альпидовский В.К., Огурцов П.П. Анемии. Клиника, диагностика и лечение: учебное пособие. М.: Медицинское информационное агентство, 2016. 264 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.medkniga.by/index.php/spetsialnosti/vnutrennie-bolezni/gematologiya/anemii-klinika-diagnostika-i-lechenie-detail> (дата обращения: 15.02.2025).

8. Mattiello V., Schmutz M., Hengartner H., von der Weid N., Renella R. SPOG Pediatric Hematology Working Group. Diagnosis and management of iron deficiency in children with or without anemia: consensus recommendations of the SPOG Pediatric Hematology Working Group // *European Journal of Pediatrics*. 2020. № 179 (4). P. 527–545. DOI: 10.1007/s00431-020-03597-5.

9. Чагарова А.Т. Анемии у детей. Дифференциальная диагностика, тактика лечения: учебно-методическое пособие для обучающихся по специальности 31.05.02 «Педиатрия» к разделу дисциплины «Факультетская педиатрия». Черкесск: БИЦ–СКГА, 2024. 124 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ncsa.ru/upload/iblock/eb3/acpkvzemrvaq0ucmch2g1p8xaidv36qj.pdf> (дата обращения: 04.02.2025).

10. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.prisma-statement.org> (дата обращения: 04.02.2025).

11. Румянцев А.Г., Масчан А.А., Демидов В.Г., Скобин В.Б., Журин О.Н. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению анемии, обусловленной дефицитом витамина В12 у детей. М., 2015. [Электронный ресурс]. URL: <http://nodgo.org/sites/default/files> (дата обращения: 04.02.2025).

12. Железодефицитная анемия. Клинические рекомендации / Ред. совет: Национальное гематологическое общество, Национальное общество детских гематологов и онкологов, Федерация лабораторной медицины. 2020. 34 с. [Электронный ресурс]. URL: https://labdep.com/storage/editor/JDA_2021_klin_rek.pdf (дата обращения: 12.02.2025).

13. Жорова В.Е. Частота и распространенность железодефицитной анемии // *Медицинский совет*. 2018. № 13. С. 78–81. DOI: 10.21518/2079-701X-2018-13-78-81.

14. Finkelstein J.L., Fothergill A., Hackl L.S., Haas J.D., Mehta S. Iron biofortification interventions to improve iron status and functional outcomes. 2019. № 78. P. 197–20. DOI: 10.1017/S0029665118002847.

15. Рукавицын О.А. Национальное руководство. Гематология / Под ред. О.А. Рукавицына. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 786 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geotar.ru/lots/NF0014583.html> (дата обращения: 04.02.2025).

16. Балашова Е.А., Мазур Л.И., Казюкова Т.В. Распространенность железодефицитных состояний у детей первого года жизни в Самарской области // *Педиатрия. Журнал имени Г.Н. Сперанского*. 2019. Т. 98, № 4. С. 240–248. URL: <https://pediatrjournal.ru/archive?show=371§ion=5642> (дата обращения: 15.02.2025).

17. Детские болезни: учебник / Под ред. Р.Р. Кильдияровой. 2-е изд., перераб. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 800 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geotar.ru/lots/NF0018679.html> (дата обращения: 11.02.2025).

18. Балашова Е.А. Дефицит железа и физическое развитие на первом году жизни // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=29578> (дата обращения: 04.02.2025). DOI: 10.17513/spno.29578.

19. Рукавицын О.А. Анемии. Краткое руководство для врачей всех специальностей / Под ред. О.А. Рукавицына. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 176 с. [Электронный ресурс]. URL: https://static-sl.insales.ru/files/1/6797/17865357/original/anemii_kratkoe_rukovodstvo.pdf (дата обращения: 11.02.2025).

20. Козловская (Лысенко) В.Л. Анемии. Краткое руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 120 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geotar.ru/lots/Q0129800.html> (дата обращения: 12.02.2025).

21. Латыпова Л.Ф., Викторова В.В., Павлова М.Ю., Крюкова А.Г., Тевдорадзе С.И. Анемии у детей: дифференциальная диагностика и терапия: учебное пособие / Под общ. ред. проф. Л.Ф. Латыповой. Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2022. 104 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://m.eruditor.one/file/3829429/> (дата обращения: 11.02.2025).

22. Нуриждинова Г., Инакова Б., Джураева Х. Клинико-гематологическая картина железодефицитной анемии детей раннего возраста, родившихся от матерей с анемией // *Международный журнал научной педиатрии*. 2022. № 1 (4). С. 30–35. DOI: 10.56121/2181-2926-2022-4-30-35.

23. Альферович Е.Н., Грак Л.В. Анемии у новорожденных детей: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2021. 23 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/31512?show=full&locale-attribute=en> (дата обращения: 04.02.2025).

24. Анемии у детей: дифференциальная диагностика и терапия: учебное пособие / Л.Ф. Латыпова, В.В. Викторова, М.Ю. Павлова, А.Г. Крюкова, С.И. Тевдорадзе; под общ. ред. проф. Л.Ф. Латыповой. Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2022. 104 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/book/320699> (дата обращения: 12.02.2025).

25. Клинические рекомендации. Серповидно-клеточные нарушения / Под ред. Н.С. Сметаниной. М., 2021. 75 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://poliklinika-fts.ru/upload/docs21/kr543-serpovidno-kletochnye-narusheniya.pdf> (дата обращения: 12.02.2025).

26. Захарова И.Н., Тарасова И.С., Васильева Т.М., Боровик Т.Э., Звонкова Н.Г., Мачнева Е.Б., Чернов В.М. Латентный дефицит железа у детей и подростков: диагностика и коррекция // *Лечение и профилактика*. 2018. Т. 2 (25). С. 59–75. URL: https://www.rmj.ru/articles/pediatrica/Algoritim_diagnostiki_ilecheniya_ghelezodeficimnyh_sostoyaniy_udey/ (дата обращения: 11.02.2025).