

<https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-226-6-90-95>

Дефицит железа и ожирение у детей: есть ли взаимосвязь?

Михалева О. Г.¹, Бокова Т. А.^{1,2}

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М. Ф. Владимирского», (ул. Щепкина, д. 61/2, г. Москва, 129110, Россия)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, (ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, Россия)

Для цитирования: Михалева О. Г., Бокова Т. А. Дефицит железа и ожирение у детей: есть ли взаимосвязь? Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2024; 226 (6): 90–95. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-226-6-90-95

✉ Для переписки:

Михалева Оксана
Григорьевна

ogmihaleva@mail.ru

Михалева Оксана Григорьевна, к. м. н., старший научный сотрудник отделения педиатрии

Бокова Татьяна Алексеевна, д. м. н., доцент, руководитель педиатрического отделения; профессор кафедры педиатрии с инфекционными болезнями у детей

Резюме

Доказана тесная взаимосвязь между ожирением и обменом железа.

Цель. Изучить особенности метаболизма железа у детей с ожирением путем оценки обеспеченности железом рациона питания и уровня его лабораторных маркеров для совершенствования профилактики и коррекции выявленных нарушений у данной когорты детей.

Материалы и методы. Проведена оценка фактического потребления железа с питанием у 75 детей с ожирением в возрасте 7–17 лет с помощью программного обеспечения «Оптимальное питание 5.0». У 30 детей выполнен комплекс клинических и лабораторных методов исследования для выявления дефицита железа, а также анкетирование по симптомам железодефицитного состояния.

Результаты. У трети детей выявлено недостаточное потребление железа с продуктами питания. Большинство обследованных детей предъявляли жалобы и имели клинические симптомы, характерные для дефицита железа в организме. У 86,7% детей с ожирением отмечались один или несколько признаков дефицита железа. Лабораторная диагностика с использованием только общеклинического анализа крови показала недостаточную выявляемость дефицита железа: только у 13,3% детей этот анализ показал наличие отклонений, характерных для железодефицитного состояния. У остальных детей он был выявлен после проведения биохимического анализа крови.

Выводы. У абсолютного большинства детей с ожирением выявлены клинические и лабораторные признаки дефицита железа, что, играет определенную роль в патогенезе заболевания. Для диагностики железодефицитного состояния необходимо проведение биохимического анализа крови, так как стандартный общеклинический анализ крови не всегда может показать наличие дефицита железа. Высокая распространенность дефицита железа свидетельствует о необходимости проведения нутритивной поддержки железом при ожирении у детей.

Ключевые слова: ожирение, железодефицит, дети, обмен железа

EDN: XNQJRM

<https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-226-6-90-95>

Iron deficiency and obesity in children: is there a relationship?

O. G. Mikhaleva¹, T. A. Bokova^{1,2}

¹ Moscow Regional research clinical institute n. a. M. F. Vladimirskiy, (61/2, Shepkina street, Moscow, 129110, Russia)

² N. I. Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, (1, Ostrovitianova str. Moscow, 117997, Russia)

For citation: Mikhaleva O. G., Bokova T. A. Iron deficiency and obesity in children: is there a relationship? *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2024; 226 (6): 90–95. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-226-6-90-95

✉ *Corresponding author:*
Oksana G. Mikhaleva
 ogmihaleva@mail.ru

Oksana G. Mikhaleva, PhD, Senior researcher at the Pediatric Department; ORCID: 0000-0002-9198-322X
Tatyana A. Bokova, PhD, MD, Head of the Pediatric Department; Professor of the Department of Pediatrics with Infectious Diseases in Children; ORCID: 0000-0001-6428-7424

Summary

A close relationship between obesity and iron metabolism has been proven.

Aim. To study the features of iron metabolism in obese children by evaluating dietary iron intake and the level of laboratory markers of iron status, with the goal of improving prevention and correction of identified disorders in this cohort of children.

Materials and methods. The actual dietary iron intake was assessed in 75 obese children aged 7–17 years using the Optimal Nutrition 5.0 software. A set of clinical and laboratory research methods was performed in 30 children to identify iron deficiency, as well as a questionnaire on the symptoms of iron deficiency.

Results. One third of children have insufficient iron intake with food. Most of the examined children complained and had clinical symptoms characteristic of iron deficiency in the body. 86.7% of obese children had one or more signs of iron deficiency. Laboratory diagnostics using only a general clinical blood test showed insufficient detection of iron deficiency: only in 13.3% of children this analysis showed the presence of abnormalities characteristic of iron deficiency. In the other children, it was detected after a biochemical blood test.

Conclusions. The majority of obese children show both clinical and laboratory evidence of iron deficiency, which may contribute to the pathogenesis of obesity-related conditions. Biochemical blood tests are essential for accurate diagnosis of iron deficiency, as standard clinical blood test may not always show the presence of iron deficiency. The high prevalence of iron deficiency indicates the need for targeted nutritional iron support for obesity in children.

Keywords: obesity, iron deficiency, children, iron metabolism

Ожирение признано одним из самых распространенных хронических заболеваний XXI века. По данным многочисленных исследований в разных регионах нашей страны ожирением страдают от 1,2% до 25,3% детей [1, 2]. Первые сообщения о нарушении показателей обмена железа у подростков с ожирением были сделаны еще в середине прошлого столетия [3]. В ходе этого исследования были получены результаты, свидетельствующие о снижении показателей сывороточного железа, процента насыщения трансферрина (ПНТ), повышении общей железо связывающей способности (ОЖСС) при нормальном или сниженном уровне гемоглобина в эритроцитах у подростков с избыточным весом по сравнению с лицами, имеющими нормальную массу тела. При этом исследователи показали, что при наличии лабораторных признаков дефицита железа, уровень общего гемоглобина у большинства детей был в норме. Аналогичные работы проводились в разных странах и в ряде из них была показана связь между величиной индекса массы тела (ИМТ) и наличием дефицита железа среди детей и подростков с избыточным весом в различных географических регионах [4, 5, 6].

Среди возможных механизмов развития дефицита железа у лиц с избыточным весом или ожирением принято рассматривать несколько патогенетических факторов. Во-первых, это алиментарный дефицит железа, связанный с нерациональным питанием, преобладанием переработанной пищи промышленного производства с низким содержанием в ней железа. Во-вторых, повышенная потребность в железе у лиц с ожирением в связи с увеличением массы тела и объема крови, что было подтверждено

в экспериментальных исследованиях [7]. Кроме того, одним из важных механизмов развития дефицита железа при ожирении может быть нарушение всасывания железа в тонкой кишке. И наконец, теория о патогенетической связи между дефицитом железа и наличием системного воспаления, ассоциированного с ожирением: в условиях хронического воспаления запускается механизм секвестрации железа, преимущественно клетками макрофагальной системы и жировой ткани, снижается эффективность абсорбции железа из пищи, поступление его в эритроциты и нарушается синтез гема [8].

Активно проводится изучение патогенетической роли белка гепсидина, синтезируемого печенью и являющегося ключевым медиатором анемии при воспалении. Данный протеин синтезируется не только в печени, но и клетками жировой ткани. Повышенная продукция провоспалительных цитокинов (лептин, ИЛ-1, ИЛ-6, СРБ) стимулирует синтез гепсидина, что приводит к нарушению всасывания пищевого железа за счет снижения основного переносчика железа в энтероцит [9, 10]. Дефицит железа может нарушать митохондриальную активность дыхательных ферментов, что приводит к ограничению физической активности, более быстрому утомлению во время физической нагрузки, а также к снижению чувствительности к инсулину [11]. Все это, в свою очередь, может способствовать дальнейшему увеличению веса.

Коррекция железодефицитного состояния наряду со снижением веса способствует улучшению всего метаболического статуса организма. Перечисленный комплекс патогенетических факторов для развития дефицита железа при ожирении позволил

некоторым авторам даже выделить особый «железо-дефицитный фенотип» ожирения, что подчеркивает сложность механизма его развития [12].

Данные о частоте и варианте анемии (железодефицитная или анемия хронических заболеваний) при ожирении неоднозначны. Остается окончательно неясным, является ли снижение сывороточного железа и повышение ферритина при ожирении проявлением «функционального» дефицита железа или ожирение само по себе оказывается фактором развития истинного дефицита железа. Необходимо дальнейшее изучение обмена железа у детей с ожирением для совершенствования профилактики и коррекции нарушений метаболизма железа.

Цель исследования. Изучить особенности метаболизма железа у детей с ожирением путем оценки обеспеченности железом рациона питания и уровня его лабораторных маркеров для совершенствования профилактики и коррекции выявленных нарушений у данной когорты детей

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе проведена оценка распространенности пищевого дефицита железа с помощью программного обеспечения «Оптимальное питание 5.0» у 75 детей с экзогенно-конституциональным ожирением в возрасте 7–17 лет. Диагноз ожирения устанавливался на основании действующих клинических рекомендаций «Ожирение у детей». [13]. Адекватность потребления железа оценивалась с учетом Методических рекомендаций МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) [14].

На втором этапе проведено клинико-лабораторное обследование 30 детей с экзогенно-конституциональным ожирением в возрасте 7–14 лет. По полу пациенты распределялись следующим образом: девочек — 14, мальчиков — 16. Обследование включало сбор жалоб и анамнеза, оценка антропометрических данных (измерение роста, массы тела, окружностей талии и бедер). Анкетирование по симптомам железодефицитного состояния проводилось по разработанной авторами анкете согласно симптомам, указанным в пособии для врачей «Диагностика и лечение железодефицитной

анемии у детей и подростков» [15]. Лабораторная диагностика включала в себя анализ крови общеклинический и определение биохимических показателей метаболизма железа. Учитывались следующие признаки: распределение эритроцитов по объему (RDW в %, показатель анизоцитоза), средний объем одного эритроцита (MCV, fl), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH, пг, соответствует цветному показателю). При оценке биохимических показателей, свидетельствующих о дефиците железа в организме (предлатентного и латентного железодефицита), учитывались уровни железа сыворотки, ОЖСС, ферритина и насыщения трансферрина железом. Коэффициент насыщения трансферрина железом (НТЖ) рассчитывался по формуле: $НТЖ = СЖ / ОЖСС \times 100\%$. Полученные результаты лабораторных исследований интерпретировались в соответствии с Клиническими рекомендациями «Железодефицитная анемия», утвержденными МЗ РФ в 2021 г. [16]. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета прикладных программ «Excel».

Результаты и их обсуждение. В результате анализа антропометрических показателей установлено, что у обследованных детей преобладала III степень ожирения (45 детей — 60,0%), у трети детей (25 детей — 33,3%) регистрировалась II степень, и только у 5 (6,7%) детей — I степень ожирения. По результатам оценки фактического питания с помощью компьютерной программы у 23 (30,7%) детей выявлен дефицит железа в питании — они употребляли продукты, содержащие железо, в недостаточном количестве.

Выявленная высокая распространенность пищевого дефицита железа может свидетельствовать о негармоничном питании с преобладанием рафинированной обработанной пищи и недостаточным содержанием такого важного микронутриента, как железо. Схожие данные представляют российские и зарубежные исследователи, показавшие, что питание детей с ожирением характеризуется высоким потреблением калорий и низким — таких важных пищевых веществ, как витамины группы В, железо, кальций и магний [17, 18, 19].

Абсолютное большинство обследованных детей (29 из 30 детей, 96,7%) предъявляли жалобы, характерные для железодефицитного состояния [15] (табл. 1).

Таблица 1
Характер жалоб, предъявляемых детьми с ожирением

Table 1
The nature of complaints made by obese children

Жалобы	Количество, Абс (%)
Гипоксический синдром	
Бледность кожи и слизистых	8 (26,7)
Шум в ушах	4 (13,3)
Слабость	8 (26,7)
Сидеропенический синдром	
Сухость кожи, ломкость ногтей	10 (33,3)
Изменение формы ногтей	6 (20,0)
Выпадение волос	6 (20,0)
Ангулярный стоматит	10 (33,3)
Извращение вкуса и обоняния	10 (33,3)
Трудности в обучении и запоминании	8 (26,7)
Диспепсический синдром	18 (60,0)
Повышенная потливость	14 (46,7)

Таблица 2
Значения показателей гемограммы у обследованных детей

Показатель	Me[Q1-Q3]	Референсные значения
Гемоглобин г/л	134[129,5–140,5]	Не менее 120
RDW (%)	14,1[13,6–14,4]	Не более 14,5
MCV (fl)	82[77,5–85,5]	80–94
MCH (пг)	27[26,0–28,5]	27–31
Железо сыворотки, мкмоль/л	10,6[9,75–14,05]	10,6–33,6
Насыщение трансферрина железом, %	17,75[14,8225–20,88]	Не менее 16,0
ОЖСС, мкмоль/л	64,1[57,05–67,3]	40,6–62,5

Table 2
Values of hemogram indices in the examined children

Примечание: RDW — распределение эритроцитов по объему, MCV —средний объем одного эритроцита, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, ОЖСС — общая железосвязывающая способность.

Таблица 3
Характер отклонений показателей гемограммы и обмена железа у обследованных детей

Показатель	Абс.ч. (%)
Повышение тромбоцитов	4 (13,3)
Повышение RDW (%)	2 (6,7)
Снижение MCV (fl)	4 (13,3)
Снижение MCH (пг)	2 (6,7)
Снижение железа сыворотки крови, мкмоль/л	16 (53,3)
Снижение насыщения трансферрина железом, %	16 (53,3)
Повышение ОЖСС, мкмоль/л	17 (56,7)

Table 3
The nature of deviations in hemogram and iron metabolism in the examined children

Примечание: RDW — распределение эритроцитов по объему, MCV —средний объем одного эритроцита, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, ОЖСС — общая железосвязывающая способность.

Наиболее часто отмечались признаки сидеропенического синдрома, такие как диспепсия, повышенная потливость, изменения со стороны кожи и слизистых.

Изменения, характерные для дефицита железа в общеклиническом анализе крови выявлены у 4 (13,3%) детей. Распределение эритроцитов по объему (RDW) было повышено у 2 детей (6,7%); снижение среднего объема эритроцита (MCV) у 4 детей (13,3%); среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH) снижено у 2 детей (6,7%). Кроме того, у 4 (13,3%) детей установлено повышение уровня тромбоцитов, что может также являться косвенным признаком дефицита железа.

При оценке биохимических показателей установлено, что снижение уровня железа сыворотки крови ниже рекомендованных в клинических рекомендациях МЗ РФ значений для диагностики дефицита железа (менее 10,7 мкмоль/л) отмечалось у 16 (53,3%) детей, повышение ОЖСС (выше 63 мкмоль/л) — у 17 (56,7%) детей, что говорит о повышенном связывании железа трансферрином, снижение насыщения трансферрина железом выявлено у 16 (53,3%) детей. Ферритин у всех обследованных детей оставался в пределах референсных значений [15].

Полученные результаты лабораторных показателей представлены в табл. 2 и 3.

Нормальные значения эритроцитарных индексов и показателей обмена железа наблюдались лишь у 4 детей (13,3%), у остальных 26 (86,7%) детей отмечалось наличие одного или нескольких признаков дефицита железа, что свидетельствует о высокой распространенности железодефицитного состояния и о необходимости проведения нутритивной поддержки железом при ожирении у детей.

Следует отметить, что в нашем исследовании лабораторные признаки дефицита железа были выявлены у 4 (13,3%) детей по общеклиническому анализу крови и у 26 (86,7%) детей при оценке биохимических параметров дефицита железа. При этом уровень классического маркера дефицита

железа — ферритина у всех детей оказался в пределах нормы, что согласуется с данными других авторов, указывавших, что ферритин у пациентов с ожирением не может быть маркером дефицита железа вследствие того, что при ожирении он неспецифически повышается, как фактор хронического системного вялотекущего воспаления, характерного для ожирения [26, 27, 28].

О возможной связи нарушений обмена железа и ожирения свидетельствуют результаты исследований других авторов [20–24]. Так, по данным И. Н. Захаровой с соавт. среди подростков с дефицитом железа избыточная масса тела и ожирение наблюдались у 14,7% человек, среди здоровых — у 9,9%, хотя различия были статистически незначимыми ($p = 0,082$). Авторы отнесли избыточную массу тела и ожирения к факторам риска развития железодефицитных состояний у подростков [20]. Исследователи из Великобритании провели метаанализ с целью изучения наличия дефицитов микронутриентов у детей и молодых взрослых до 25 лет ($n=190443$) и показали, что ожирение увеличивает риск развития дефицита железа в 1,5 раза по сравнению с людьми с нормальной массой тела. С другими элементами такой связи выявлено не было [25]. Все авторы подчеркивают необходимость изучения причин развития железодефицитного состояния при ожирении, так как этот аспект до сих пор остается неясным.

Заключение. У абсолютного большинства обследованных детей с ожирением выявлены клинические и лабораторные признаки дефицита железа, что по нашему мнению и мнению других авторов может играть определенную роль в патогенезе заболевания.

Для диагностики железодефицита необходимо проведение биохимического анализа крови для определения показателей обмена железа, так как стандартный общеклинический анализ крови не всегда может указать на наличие дефицита железа.

Высокая распространенность дефицита железа свидетельствует о необходимости проведения нутритивной поддержки железом детей с ожирением.

Необходимы дальнейшие исследования для выявления причинно-следственной связи железодефицита и ожирения, а также оценки эффективности

коррекции дефицита железа и возможном положительном влиянии коррекции в том числе на композиционный состав и массу тела детей с ожирением.

Литература | References

- Gritskinskaya V. L., Novikova V. P., Khavkin A. I. On the issue of the epidemiology of obesity in children and adolescents (systematic review and meta-analysis of scientific publications over a 15-year period). *Questions of practical pediatrics*. 2022;17(2):126–135. (in Russ.) doi: 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135.
Грицинская В. Л., Новикова В. П., Хавкин А. И. К вопросу об эпидемиологии ожирения у детей и подростков (систематический обзор и мета-анализ научных публикаций за 15-летний период). *Вопросы практической педиатрии*. 2022;17(2):126–135. doi: 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135.
- Bokova T. A., Shishulina E. E., Bevz A. S., Kartashova D. A. Comparative analysis of the incidence of obesity in children living in the Moscow region. *Mother and child*. 2024;7(1):51–57. (in Russ.) doi: 10.32364/2618-8430-0-2024-7-1-8.
Бокова Т. А., Шишулина Е. Е., Бевз А. С., Карташова Д. А. Сравнительный анализ заболеваемости ожирением детей, проживающих в Московской области. *РМЖ. Мать и дитя*. 2024;7(1):51–57. doi: 10.32364/2618-8430-2024-7-1-8.
- Wenzel B. J., Stults H. B., Mayer J. Hypoferraemia in obese adolescents. *Lancet*. 1962; 280: 327–328.
- Huang YF, Tok TS, Lu CL, Ko HC, Chen MY, Chen SC. Relationship Between being Overweight and Iron Deficiency in Adolescents. *Pediatr Neonatol*. 2015 Dec;56(6):386–92. (in Russ.) doi: 10.1016/j.pedneo.2015.02.003.
- Cheng H. L., Bryant C., Cook R., O'Connor H., Rooney K., Steinbeck K. The relationship between obesity and hypoferraemia in adults: a systematic review. *Obes Rev*. 2012 Feb;13(2):150–61. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00938.x.
- Grandone A., Marzuillo P., Perrone L., Del Giudice E. M. Iron Metabolism Dysregulation and Cognitive Dysfunction in Pediatric Obesity: Is There a Connection? *Nutrients*. 2015 Nov 6;7(11):9163–70. doi: 10.3390/nu7115458.
- Bertinato J., Aroche C., Plouffe L. J. et al. Diet-induced obese rats have higher iron requirements and are more vulnerable to iron deficiency. *Eur J Nutr*. 2013; 53 (3): 885–889.
- Day C. P. From fat to inflammation. *Gastroenterology*. 2006; 130: 207–210.
- Bekri S., Gual P., Anty R. et al. Increased adipose tissue expression of hepcidin in severe obesity is independent from diabetes and NASH. *Gastroenterology*. 2006; 131: 788–796.
- Aeberli I., Hurrell R. F., Zimmermann M. B. Overweight children have higher circulating hepcidin concentrations and lower iron status but have dietary iron intakes and bioavailability comparable with normal weight children. *Int. J. Obes*. 2009; 33: 1111–1117.
- Coimbra S., Catarino C., Nascimento H. et al. Physical exercise intervention at school improved hepcidin, inflammation, and iron metabolism in overweight and obese children and adolescents. *Pediatr Res*. 2017 Nov;82(5):781–788. doi: 10.1038/pr.2017.139.
- Aigner E., Feldman A., Datz C. Obesity as an Emerging Risk Factor for Iron Deficiency. *Nutrients*. 2014; 6(9): 3587–3600.
- “Obesity in children”. Clinical recommendations. 2021. (in Russ.)
«Ожирение у детей». Клинические рекомендации. 2021.
- Methodological recommendations MP 2.3.1.0253–21 “Norms of physiological energy and nutritional needs for various population groups of the Russian Federation” (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being on July 22, 2021. (in Russ.)
Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.).
- Diagnosis and treatment of iron deficiency anemia in children and adolescents (handbook for doctors) / Eds. Academy of Sciences, Prof. A. G. Rumyantseva and Prof. I. N. Zakharova. — M., 2015. — 76 p. (in Russ.)
Диагностика и лечение железодефицитной анемии у детей и подростков (пособие для врачей) / Под ред. Акад. РАН, проф. А. Г. Румянцевой и проф. И. Н. Захаровой. — М., 2015. — 76 с.
- Iron deficiency anemia”. Clinical recommendations. 2021. (in Russ.)
«Железодефицитная анемия». Клинические рекомендации. 2021.
- Bradley M., Melchor J., Carr R., Karjoo S. Obesity and malnutrition in children and adults: A clinical review. *Obes Pillars*. 2023 Sep 7;8:100087. doi: 10.1016/j.ob-pill.2023.100087.
- Smagina T. V., Lyakhova O. L. Etiology, diagnosis and prevention of iron deficiency anemia in adolescents. Aghajanian readings. Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, April 16–18, 2020. Peoples' Friendship University of Russia. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 2020. pp. 210–212. (in Russ.) EDN: WAWUXB.
Смагина Т. В., Ляхова О. Л. Этиология, диагностика и профилактика железодефицитной анемии у подростков. Агаджанянские чтения. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16–18 апреля 2020 года / Российский университет дружбы народов. — Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. — С. 210–212. EDN: WAWUXB.
- Tapeshkina N. V., Logunova T. D., Korsakova T. G., Pestereva D. V. Analysis of the actual nutrition of schoolchildren in different age periods. *Hygiene and sanitation*. 2024;103(4):342–348. (in Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-4-342-348. EDN: VLDIQQ.
Ташешкина Н. В., Логунова Т. Д., Корсакова Т. Г., Пестерева Д. В. Анализ фактического питания школьников в разные возрастные периоды. Гигиена и санитария. 2024;103(4):342–348. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-4-342-348. EDN: VLDIQQ.
- Zakharova I. N., Tarasova I. S., Chernov V. M. and others. Risk factors for the development of iron deficiency conditions in adolescents in Moscow. *Pediatric pharmacology*. 2015;12(5):609–613. (in Russ.) doi: 10.15690/pf.v12i5.1464. EDN: UXQKQJ.
Захарова И. Н., Тарасова И. С., Чернов В. М. и др. Факторы риска развития железодефицитных состояний у подростков города Москвы. Педиатрическая

- фармакология. 2015;12(5):609–613. doi: 10.15690/pf.v12i5.1464. EDN: UXQKQJ.
21. Pavlovskaya E. V., Strokova T. V., Surkov A. G. et al. The relationship between obesity and micronutrient status in children and adults. *Questions of dietetics*. 2014; 4(2):14–23. (in Russ.) EDN: SLPOIX.
Павловская Е. В., Строкова Т. В., Сурков А. Г. и др. Взаимосвязь ожирения и микронутриентного статуса у детей и взрослых. *Вопросы диетологии*. 2014; 4(2):14–23. EDN: SLPOIX.
22. Nikonorov A. A., Tinkov A. A., Popova E. V. and others. Iron and obesity: victim or suspect. Trace elements in medicine. 2015;16(2):3–9. (in Russ.) EDN: TWCAWT.
Никоноров А. А., Тиньков А. А., Попова Е. В. и др. Железо и ожирение: потерпевший или подозреваемый. *Микроэлементы в медицине*. 2015;16(2):3–9. EDN: TWCAWT.
23. Ortiz Pérez M., Vázquez López M. A., Ibáñez Alcalde M. et al. Relationship between Obesity and Iron Deficiency in Healthy Adolescents. *Child Obes*. 2020 Sep;16(6):440–447. doi: 10.1089/chi.2019.0276.
24. Calcaterra V., Verduci E., Milanta C. et al. Micronutrient Deficiency in Children and Adolescents with Obesity-A Narrative Review. *Children (Basel)*. 2023 Apr 7;10(4):695. doi: 10.3390/children10040695.
25. Tan X, Tan PY, Gong YY, Moore JB. Overnutrition is a risk factor for iron, but not for zinc or vitamin A deficiency in children and young people: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Glob Health*. 2024 Apr 9;9(4):e015135. doi: 10.1136/bmjgh-2024-015135.
26. Pompano LM, Correa-Burrows P, Burrows R, Blanco E, Lozoff B, Gahagan S. Adjusting Ferritin Concentrations for Nonclinical Inflammation in Adolescents with Overweight or Obesity. *J Pediatr*. 2022 May;244:125–132. e1. doi: 10.1016/j.jpeds.2022.01.012.
27. González-Domínguez Á, Visiedo-García FM, Domínguez-Riscart J, González-Domínguez R, Mateos RM, Lechuga-Sancho AM. Iron Metabolism in Obesity and Metabolic Syndrome. *Int J Mol Sci*. 2020 Aug 1;21(15):5529. doi: 10.3390/ijms21155529.
28. Smirnova N. N., Kuprienko N. B., Novikova V. P., Khavkin A. I. Iron metabolism in obesity in children and adolescents. *Questions of dietetics*. 2021;11(1):44–49. (in Russ.) doi: 10.20953/2224-5448-2021-1-44-49.
Смирнова Н. Н., Куприенко Н. Б., Новикова В. П., Хавкин А. И. Обмен железа при ожирении у детей и подростков. *Вопросы диетологии*. 2021;11(1):44–49. doi: 10.20953/2224-5448-2021-1-44-49.