

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.48>

## ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН У ДЕТЕЙ

Обзор

Цирихова А.С.<sup>1,\*</sup>, Кабалоева Д.В.<sup>2</sup>, Туаева И.Ш.<sup>3</sup>, Бутаев А.П.<sup>4</sup>, Хабиева Б.А.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-6129-5285;<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-4768-0379;<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-9139-2710;<sup>1,2,3,4,5</sup> Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (vip.cirihova[at]mail.ru)

**Аннотация**

В условиях продолжающегося распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) становится особенно актуальным изучение ее воздействия на здоровье населения в целом, с особым акцентом на уязвимую категорию — детей. Данный обзор подчеркивает значимость понимания того, как инфекция может влиять на различные аспекты здоровья, особенно на минеральный обмен, который играет критическую роль в росте и развитии детей. В статье рассматривается, как COVID-19 может оказывать влияние на метаболизм ключевых минералов, таких как кальций, магний, цинк и другие, которые являются необходимыми для поддержания нормального роста и развития детского организма. В ходе анализа представлен обзор имеющихся исследований, в которых обсуждаются механизмы воздействия вируса на минеральный обмен, включая возможные воспалительные процессы и нарушения в питательных микроэлементах, что может затруднять усвоение минералов.

**Ключевые слова:** COVID-19, минеральный обмен, макро- и микроэлементы, цитокины, цинк, железо, кальций, витамин D, оксидативный стресс, костная ткань, кариес, реминерализация зубов.

## INFLUENCE OF COVID-19 ON MINERAL METABOLISM IN CHILDREN

Review article

Tsirikhova A.S.<sup>1,\*</sup>, Kabaloeva D.V.<sup>2</sup>, Tuayeva I.S.<sup>3</sup>, Butaev A.P.<sup>4</sup>, Khabieva B.A.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-6129-5285;<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-4768-0379;<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-9139-2710;<sup>1,2,3,4,5</sup> North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz, Russian Federation

\* Corresponding author (vip.cirihova[at]mail.ru)

**Abstract**

With the ongoing spread of new coronavirus infection (COVID-19), it has become particularly relevant to study its impact on the health of the general population, with a particular focus on a vulnerable category: children. This review emphasizes the importance of understanding how infection can affect various aspects of health, especially mineral metabolism, which plays a critical role in the growth and development of children. The article examines how COVID-19 may affect the metabolism of key minerals such as calcium, magnesium, zinc and others that are essential for maintaining normal growth and development in children. The analysis presents a review of available research that discusses the mechanisms by which the virus affects mineral metabolism, including possible inflammatory processes and disturbances in micronutrients that may impede mineral absorption.

**Keywords:** COVID-19, mineral metabolism, macro- and micronutrients, cytokines, zinc, iron, calcium, vitamin D, oxidative stress, bone tissue, dental caries, tooth remineralization.

**Введение**

Минеральный обмен – один из важнейших процессов в организме, отвечающий за поддержание гомеостаза и правильное функционирование органов и систем. Это особенно важно в период роста и развития детей и подростков. Нарушения минерального обмена могут приводить к различным патологическим состояниям, включая заболевания костной и зубной ткани, а также системные нарушения, такие как анемия, ослабленный иммунитет и замедление физического и умственного развития.

Несмотря на окончание пандемии COVID-19, вирус продолжает циркулировать, и изучение его воздействия на различные системы организма по-прежнему имеет большое значение. Эта информация становится особенно важной на фоне распространения новой коронавирусной инфекции, по поводу которой остается много нерешенных вопросов. В этом обзоре рассматриваются различные аспекты изменений минерального обмена, связанных с COVID-19.

**Причины нарушений минерального обмена у детей и подростков**

Одной из основных причин нарушений минерального обмена у детей является неправильное питание, в том числе недостаточное потребление продуктов, богатых микро- и макроэлементами. Современные дети и подростки часто склонны употреблять фаст-фуд и полуфабрикаты, которые не обеспечивают организм необходимыми питательными веществами [1]. Еще одна причина плохого питания заключается в том, что качество и количество потребляемых продуктов питания изменились в связи с пандемией. Многие семьи испытывали экономические трудности, что

привело к ухудшению питания и сокращению поставок необходимых макро- и микроэлементов и витаминов [2], [3]. Недостаток кальция, магния, цинка и других минералов может негативно повлиять на состояние костной ткани, зубов, сердечно-сосудистой и нервной систем [4].

Закрывание школ и ограничение социальных контактов привели к снижению физической активности и увеличению продолжительности пребывания в закрытых помещениях. Это снижает выработку витамина D, который жизненно важен для костной системы растущих детей.

### **Системное воспаление и его роль в нарушениях обмена веществ**

Коронавирусная инфекция вызывает выраженный воспалительный ответ, основанный на гиперактивации иммунной системы и высвобождении провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-6 (IL-6), фактор некроза опухоли альфа (TNF- $\alpha$ ) и другие. Это состояние известно как «цитокиновый шторм». У детей цитокиновый ответ обычно менее выражен, чем у взрослых, однако длительная инфекция или мультисистемный воспалительный синдром у детей (MIS-C) могут вызывать значительные метаболические нарушения [5], [6], [7].

Цитокины действуют на клетки различных тканей, вызывая катаболизм белков, углеводов и жиров, что может нарушать процессы роста и регенерации тканей. Например, чрезмерное воспаление может усиливать остеокластическую активность (разрушение костной ткани) и подавлять остеобластическую активность (образование новой костной ткани), препятствуя нормальному росту и развитию костей у детей и подростков [5], [6].

### **Влияние COVID-19 на минеральный обмен**

Пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19) оказывает значительное влияние на здоровье детей и подростков, в том числе на их минеральный обмен. Недавние исследования показывают, что вирусная инфекция сопровождается сильным окислительным стрессом и воспалением, что увеличивает потребность организма в ряде макро- и микроэлементов, таких как цинк, железо и кальций [8].

Цинк необходим для нормального деления клеток, синтеза ДНК и РНК, а также для функционирования иммунной системы. При COVID-19 его запасы могут быть истощены из-за повышенной активности иммунной системы и мультисистемного воспаления. Дефицит цинка может нарушать нормальное деление клеток в тканях, включая костную ткань и твердые ткани зубов (эмаль, дентин, цемент корней), что также препятствует их образованию [9].

Железо. При воспалительных процессах организм перераспределяет железо, но в то же время это снижает его доступность для собственных клеток организма. Дефицит железа может привести к развитию анемии, которая также замедляет рост и ухудшает общее состояние ребенка. Кроме того, дефицит железа нарушает транспортировку кислорода и нарушает функции мышечной и нервной тканей [10].

Кальций и витамин D. Снижение физической активности и сокращение времени пребывания на солнце приводят к дефициту витамина D, который необходим для усвоения кальция в кишечнике. Это нарушает метаболизм кальция и может привести к деминерализации костей (остеопороз или остеопения), особенно у растущих детей и подростков. Кальций необходим для минерализации зубов и костей. Его недостаток приводит к гипоминерализации эмали, что делает зубы склонными к разрушению. Кроме того, дефицит кальция может вызвать остеопороз костей челюсти, что отрицательно сказывается на здоровье зубов и десен и увеличивает риск заболеваний пародонта и потери зубов [8], [11].

Магний и фосфор также важны для реминерализации зубов и поддержания плотности костей. Дефицит магния может нарушать процессы синтеза коллагена в тканях десен и костей, что повышает их восприимчивость к воспалительным процессам [4].

### **Окислительный стресс**

COVID-19 приводит к развитию окислительного стресса [12], который возникает из-за дисбаланса между выработкой активных форм кислорода (АФК) и антиоксидантной системой организма. АФК повреждают липиды мембран, белки и ДНК клеток, что ухудшает процессы регенерации и роста.

Для борьбы с окислительным стрессом организму необходимы антиоксиданты, такие как витамины E и C, а также селен, цинк и магний [13]. При COVID-19 эти ресурсы быстро истощаются, что усугубляет повреждение тканей и может замедлить процессы роста у детей [8].

АФК повреждают клеточные мембраны и белки эпителиоцитов слизистой оболочки полости рта, что приводит к нарушению ее барьерной функции. В результате повышается риск проникновения патогенных бактерий, что способствует развитию инфекционных процессов в полости рта, таких как стоматит [14].

Окислительный стресс может способствовать деминерализации зубов. В норме слюнная жидкость участвует в реминерализации эмали, но при усилении окислительного повреждения и снижении минерализующих свойств слюны этот процесс ослабевает, что приводит к развитию кариеса [15].

Коронавирусная инфекция поражает эндокринную систему, что нарушает нормальные гормональные процессы, имеющие решающее значение для роста и развития [8]. Одним из ключевых гормонов, влияющих на рост, является соматотропин, который стимулирует деление клеток, рост костной и мышечной ткани. Воспалительные процессы и стресс могут подавлять секрецию гормона роста и снижать его активность. Кроме того, инфекция и стресс, которые она вызывает, приводят к повышенной выработке кортизола, гормона стресса. Кортизол в высоких концентрациях подавляет синтез белка, усиливает катаболизм тканей и может замедлять рост детей [16].

### **Заключение**

Нарушение минерального обмена у детей и подростков – серьезная проблема, которая обострилась на фоне пандемии COVID-19. Недостаток микро- и макроэлементов, вызванный как изменениями в рационе питания, так и воспалительными процессами, связанными с вирусными инфекциями, оказывает негативное влияние на общее состояние здоровья детей и подростков, включая состояние зубов. Своевременные профилактические меры, такие как

изменение диеты, прием назначенных врачом витаминно-минеральных комплексов, физическая активность и регулярные стоматологические осмотры, помогут предотвратить осложнения и улучшить здоровье детей в будущем.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Жерносек В.Ф. Дефицит витаминов и минералов у детей и способы его коррекции / В.Ф. Жерносек // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. — 2015. — № 6. — С. 9–21.
2. Peng L. The relationship between family diet consumption, family environment, parent anxiety and nutrition status children during the COVID-19 pandemic: a longitudinal study / L. Peng, R. Hu, Y. Feng [et al.] // *Frontiers in Public Health*. — 2023. — № 11. — P. 1228626. — DOI: 10.3389/fpubh.2023.1228626.
3. Childhood obesity beyond COVID-19. — 2021. — № 6. — DOI: 10.1016/S2468-2667(21)00168-7.
4. Погожева А.В. Значение макро- и микроэлементов пищи в оптимизации минеральной плотности костной ткани / А.В. Погожева // *Consilium Medicum*. — 2015. — № 17. — С. 61–65.
5. Перегоедова В.Н. Профиль цитокинов при коронавирусной инфекции у детей школьного возраста / В.Н. Перегоедова, И.К. Богомолова // *Современные проблемы науки и образования*. — 2023. — № 5.
6. Epsley S. The Effect of Inflammation on Bone / S. Epsley, S. Tadros, A. Farid [et al.] // *Sec. Vascular Physiology*. — 2020. — № 11. — DOI: 10.3389/fphys.2020.511799.
7. Ирфан О. Эпидемиология, характеристика и влияние COVID-19 на детей, подростков и беременных женщин / О. Ирфан, А. Танг, М. Арии [и др.] // *Педиатрическая фармакология*. — 2020. — № 17. — С. 352–359.
8. Маганева И.С. Минеральный обмен и COVID-19: есть ли связь? / И.С. Маганева, А.М. Горбачева, Е.Е. Бирик [и др.] // *Терапевтический архив*. — 2021. — № 93. — С. 1227–1233. — DOI: 10.26442/00403660.2021.10.201114.
9. Jin D. The nutritional roles of zinc for immune system and COVID-19 patients / D. Jin, X. Wei, Y. He [et al.] // *Sec. Clinical Nutrition*. — 2024. — № 11. — DOI: 10.3389/fnut.2024.1385591.
10. Rohr M. How to diagnose iron deficiency in chronic disease: A review of current methods and potential marker for the outcome / M. Rohr, V. Brandenburg, H. Brunner-La Rocca // *European Journal of Medical Research*. — 2023. — № 28. — P. 15. — DOI: 10.1186/s40001-022-00922-6.
11. Коротич Н.Н. Обоснование необходимости эндогенного назначения препаратов кальция для профилактики кариеса зубов у детей / Н.Н. Коротич, Н.М. Лохматова, И.Ю. Ващенко // *Мир медицины и биологии*. — 2014. — № 10. — С. 176–180.
12. Vollbracht C. Oxidative Stress and Hyper-Inflammation as Major Drivers of Severe COVID-19 and Long COVID: Implications for the Benefit of High-Dose Intravenous Vitamin C / C. Vollbracht, K. Kraft // *Sec. Inflammation Pharmacology*. — 2022. — № 13. — DOI: 10.3389/fphar.2022.899198.
13. Opara E.C. Antioxidants and micronutrients / E.C. Opara, S.W. Rockway // *Dis Mon*. — 2006. — № 52. — P. 151–163.
14. Groeger S. Oral Mucosal Epithelial Cells / S. Groeger, J. Meyle // *Sec. Mucosal Immunity*. — 2019. — № 10. — DOI:10.3389/fimmu.2019.00208.
15. Гуленко О.В. Показатели антиоксидантной защиты ротовой жидкости при кариесе зубов у детей с психоневрологическими расстройствами / О.В. Гуленко, С.Б. Хагурова, В.В. Волобуев // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2014. — № 2. — С. 64–68.
16. Климчук А.В. Эндокринные нарушения на фоне COVID-19 и при постковидном синдроме / А.В. Климчук, В.А. Белоглазов, И.А. Яцков [и др.] // *Ожирение и метаболизм*. — 2022. — № 19. — С. 206–212. — DOI: 10.14341/omet12853.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhernosek V.F. Defitsit vitaminov i mineralov u detej i sposoby ego korrektsii [Vitamin and mineral deficiency in children and ways to correct it] / V.F. Zhernosek // *Mezhdunarodnye obzory: klinicheskaja praktika i zdorov'e* [International Reviews: Clinical Practice and Health]. — 2015. — № 6. — P. 9–21. [in Russian]
2. Peng L. The relationship between family diet consumption, family environment, parent anxiety and nutrition status children during the COVID-19 pandemic: a longitudinal study / L. Peng, R. Hu, Y. Feng [et al.] // *Frontiers in Public Health*. — 2023. — № 11. — P. 1228626. — DOI: 10.3389/fpubh.2023.1228626.
3. Childhood obesity beyond COVID-19. — 2021. — № 6. — DOI: 10.1016/S2468-2667(21)00168-7.
4. Pogozheva A.V. Znachenie makro- i mikroelementov pischi v optimizatsii mineral'noj plotnosti kostnoj tkani [The importance of macro- and microelements of food in optimizing bone mineral density] / A.V. Pogozheva // *Consilium Medicum*. — 2015. — № 17. — P. 61–65. [in Russian]

5. Peregoedova V.N. Profil' tsitokinov pri koronavirusnoj infektsii u detej shkol'nogo vozrasta [cytokine profile in coronavirus infection in school-aged children] / V.N. Peregoedova, I.K. Bogomolova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. — 2023. — № 5. [in Russian]
6. Epsley S. The Effect of Inflammation on Bone / S. Epsley, S. Tadros, A. Farid [et al.] // *Sec. Vascular Physiology*. — 2020. — № 11. — DOI: 10.3389/fphys.2020.511799.
7. Irfan O. Epidemiologija, karakteristika i vlijanie COVID-19 na detej, podrostkov i beremennyh zhenschin [Epidemiology, characteristics and impact of COVID-19 on children, adolescents and pregnant women] / O. Irfan, A. Tang, M. Aarii [et al.] // *Pediatric Pharmacology*. — 2020. — № 17. — P. 352–359. [in Russian]
8. Maganeva I.S. Mineral'nyj obmen i COVID-19: est' li svjaz'? [Mineral metabolism and COVID-19: is there a connection?] / I.S. Maganeva, A.M. Gorbacheva, E.E. Bibik [et al.] // *Terapevticheskij arhiv* [Therapeutic Archive]. — 2021. — № 93. — P. 1227–1233. — DOI: 10.26442/00403660.2021.10.201114. [in Russian]
9. Jin D. The nutritional roles of zinc for immune system and COVID-19 patients / D. Jin, X. Wei, Y. He [et al.] // *Sec. Clinical Nutrition*. — 2024. — № 11. — DOI: 10.3389/fnut.2024.1385591.
10. Rohr M. How to diagnose iron deficiency in chronic disease: A review of current methods and potential marker for the outcome / M. Rohr, V. Brandenburg, H. Brunner-La Rocca // *European Journal of Medical Research*. — 2023. — № 28. — P. 15. — DOI: 10.1186/s40001-022-00922-6.
11. Korotich N.N. Obosnovanie neobhodimosti endogennoho naznachenija preparatov kal'tsija dlja profilaktiki kariesa zubov u detej [Substantiation of the need for endogenous administration of calcium preparations for the prevention of dental caries in children] / N.N. Korotich, N.M. Lohmatova, I.Ju. Vaschenko // *Mir mediciny i biologii* [The World of Medicine and Biology]. — 2014. — № 10. — P. 176–180. [in Russian]
12. Vollbracht C. Oxidative Stress and Hyper-Inflammation as Major Drivers of Severe COVID-19 and Long COVID: Implications for the Benefit of High-Dose Intravenous Vitamin C / C. Vollbracht, K. Kraft // *Sec. Inflammation Pharmacology*. — 2022. — № 13. — DOI: 10.3389/fphar.2022.899198.
13. Opara E.C. Antioxidants and micronutrients / E.C. Opara, S.W. Rockway // *Dis Mon*. — 2006. — № 52. — P. 151–163.
14. Groeger S. Oral Mucosal Epithelial Cells / S. Groeger, J. Meyle // *Sec. Mucosal Immunity*. — 2019. — № 10. — DOI:10.3389/fimmu.2019.00208.
15. Gulenko O.V. Pokazateli antioksidantnoj zaschity rotovoj zhidkosti pri kariесе zubov u detej s psihonevrologicheskimi rasstrojstvami [Indicators of antioxidant protection of oral fluid in dental caries in children with neuropsychiatric disorders] / O.V. Gulenko, S.B. Hagurova, V.V. Volobuev // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. — 2014. — № 2. — P. 64–68. [in Russian]
16. Klimchuk A.V. Endokrinnye narusheniya na fone COVID-19 i pri postkovidnom sindrome [Endocrine disorders in the background of COVID-19 and postcovid syndrome] / A.V. Klimchuk, V.A. Beloglazov, I.A. Jatskov [et al.] // *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism]. — 2022. — № 19. — P. 206–212. — DOI: 10.14341/omet12853. [in Russian]