

О.Р. Боярчук, В.О. Перестюк, Т.М. Косовська, Л.А. Волянська

Гіпоцинкемія та симптоми Long COVID у дітей

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2025). 5(149): 14-19; doi 10.15574/SP.2025.5(149).1419

For citation: Boyarchuk OR, Perestiuk VO, Kosovska TM, Volianska LA. (2025). Hypozincemia and Long COVID symptoms in children. Modern Pediatrics. Ukraine. 5(149): 14-19. doi: 10.15574/SP.2025.5(149).1419.

Цинк відіграє важливе значення у функціонуванні імунної системи, а його дефіцит підвищує ризик інфікування і тяжкість перебігу інфекцій.

Мета – оцінити роль гіпоцинкемії в розвитку Long COVID та його симптомів у дітей.

Матеріали і методи. До проспективного когортного дослідження залучено 127 дітей із підтвердженням COVID-19, у яких визначали рівень цинку в сироватці крові під час гострої фази захворювання і спостерігали за появою симптомів Long COVID упродовж 12 місяців.

Результати. Дефіцит цинку виявили у 25,2% дітей. Симптоми Long COVID зареєстрували в 42,5% пацієнтів, однак не встановили статистично значущої залежності між рівнем цинку і розвитком Long COVID. Найпоширенішими симптомами були втома (46,3%), неврологічні порушення (27,8%), гастроентерологічні симптоми (14,8%) і кардіологічні прояви (5,6%). Втому спостерігали в 1,7 раза частіше, а неврологічні прояви у 2,2 раза частіше в дітей із дефіцитом цинку, ніж при нормальному рівні цинку, проте різниця не була достовірною. Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, які вказують на неоднозначність ролі цинку в патогенезі Long COVID.

Висновки. Проведене дослідження не показує суттєвого впливу гіпоцинкемії на розвиток Long COVID та його симптомів у дітей. Водночас отримані дані підтверджують необхідність подальших широкомасштабних досліджень щодо ролі мікроелементів у відновленні після COVID-19, впливу нутритивного статусу на постковідні ускладнення, а також потенційної користі цинкової саплементації в пацієнтів із COVID-19.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено комісією з біоетики зазначеної в роботі установи. На проведення дослідження отримано інформовану згоду пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: цинк, Zn, COVID-19, SARS-CoV-2, Long COVID, гіпоцинкемія, постковідний синдром, хронічна втома, діти.

Hypozincemia and Long COVID symptoms in children

O.R. Boyarchuk, V.O. Perestiuk, T.M. Kosovska, L.A. Volianska

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Zinc plays a crucial role in the functioning of the immune system, and its deficiency may influence the risk of infection and the severity of infectious diseases.

Aim – to assess the role of hypozincemia in the development of Long COVID and its symptoms in children.

Materials and methods. A prospective cohort study included 127 children with confirmed COVID-19. Serum zinc levels were measured during the acute phase of the disease, and the occurrence of Long COVID symptoms was monitored for 12 months.

Results. Zinc deficiency was detected in 25.2% of children. Long COVID symptoms were recorded in 42.5% of patients, but no statistically significant correlation was found between zinc levels and the development of Long COVID. The most common symptoms were fatigue (46.3%), neurological disorders (27.8%), gastrointestinal symptoms (14.8%), and cardiovascular manifestations (5.6%). Fatigue was observed 1.7 times more frequently, and neurological symptoms 2.2 times more frequently in children with zinc deficiency compared to those with normal zinc levels, but the differences were not statistically significant.

Conclusions. This study did not identify a significant impact of hypozincemia on the development of Long COVID and its symptoms in children. However, the findings highlight the need for further large-scale studies on the role of micronutrients in post-COVID recovery, the influence of nutritional status on post-COVID complications, and the potential benefits of zinc supplementation in COVID-19 patients.

The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the mentioned institution. Informed consent was obtained from all participants.

The authors declare no conflict of interest.

Keywords: zinc, Zn, COVID-19, SARS-CoV-2, Long COVID, hypozincemia, post-COVID, chronic fatigue, children.

Вступ

Пандемія COVID-19 стала справжнім викликом для охорони здоров'я в цілому світі. Після одужання від гострої фази хвороби частина пацієнтів може страждати від тривалих різноманітних симптомів [5,6,25]. Серед найпоширеніших проявів після перенесеного COVID-19 у дітей відзначають загальну слабкість, швидку втомлюваність, когнітивні порушення, біль голови, порушення сну, тахікардію, задишку тощо [4,8,10]. Випадки тривалих або розвиток нових симптомів щонайменше через

3 місяці після початкової інфекції SARS-CoV-2, протягом щонайменше 2 місяців при запереченні інших причин, Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає як Long COVID [25]. Незважаючи на значний прогрес у вивченні патогенезу гострого COVID-19, механізми розвитку його довготривалих наслідків залишаються недостатньо дослідженими.

Існує зворотний зв'язок між дотриманням здорового харчування та ризиком інфікування SARS-CoV-2 і госпіталізацією з COVID-19, який узгоджується з впливом окремих поживних речовин та інших компонентів дієти [7]. Достатнє

забезпечення поживними мікроелементами є важливою складовою для зменшення тягара пандемій, а питання повноцінного харчування мають бути центральною частиною підходу до запобігання інфекціям, оптимізації відповіді на вакцину та сприяння одужанню від інфекції.

Мікроелементи, зокрема, цинк є одним із чинників, що потенційно можуть впливати на розвиток тривалого COVID-19. Цинк відіграє важливу роль у функціонуванні імунної системи, беручи участь у роботі вродженого і набутого імунітету, зменшуючи запальні реакції й забезпечуючи антиоксидантний захист [13,16,22]. Цинк називають воротарем імунної функції [24]. Ще на початку 1960-х років виявлено, що недостатня кількість цинку в їжі підвищує ризик інфікування [21]. Проведені дослідження показують, що дефіцит цинку викликає клітинопосередковану імунну дисфункцію (цитокіновий шторм), когнітивні порушення (мозковий туман) і депресію [16,22]. Недостатність цинку асоціюється з порушенням функції Т-клітин, підвищеною схильністю до інфекцій і тяжчим перебігом вірусних захворювань, у т.ч. інфекцій, спричинених SARS-CoV-2 [1,3,19].

Результати деяких досліджень вказують на можливий зв'язок між дефіцитом цинку і тяжчим перебігом COVID-19, у т.ч. на підвищену ймовірність розвитку цитокінового шторму, тривалого запалення і порушень регенерації тканин [2,8,9]. Також висловлено припущення, що низький рівень цинку може сприяти розвитку симптомів Long COVID, таких як хронічна втома, когнітивні порушення («мозковий туман»), а також довготривалі розлади нюху і смаку [16,17,23,27]. Водночас інші дослідження не підтвердили чіткої кореляції між рівнем цинку і розвитком Long COVID, що вказує на необхідність подальших наукових пошуків у цьому напрямі [8].

Мета дослідження – визначити роль гіпоцинкемії в розвитку Long COVID та його симптомів у дітей.

Матеріали і методи дослідження

До проспективного когортного дослідження залучено 127 пацієнтів із COVID-19 віком від 1 місяця до 18 років. Дослідження проведено з вересня 2022 року по березень 2024 року. Усі випадки інфікування SARS-CoV-2 підтверджено за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), експрес-тестів або серологічних методів (виявлення антитіл класу М).

Критерії залучення до дослідження: вік до 18 років, підтверджені випадки інфекції SARS-CoV-2, інформована згода батьків або пацієнтів, а також можливість визначення концентрації цинку в сироватці крові. Серед **критеріїв вилучення** були відмова батьків від обстеження і непідтверджені випадки COVID-19.

Проведено ретельний збір базових і клінічних даних, таких як вік і стать, супутні захворювання, тяжкість COVID-19, тривалість госпіталізації. Ступінь тяжкості COVID-19 визначено згідно з визначенням BOO3 [26].

Зразки крові для визначення рівня цинку в сироватці крові відібрано в пацієнтів вранці. Для аналізу використано колориметричний набір для аналізу цинку (Zn) (Elabscience E-BC-K137-M, США). Коефіцієнти варіації (CV) для аналізу вмісту цинку в зразках становили: міжтестовий – 0,04%, внутрішньотестовий – 2,7%.

Пацієнтів із підтвердженим COVID-19 поділено на дві групи залежно від того, чи мали вони низький або нормальний рівень цинку в сироватці. У цей час не існує загальноприйнятого порогу для низьких концентрацій цинку в сироватці крові. Враховуючи дані інших досліджень [11,14], використано концентрацію цинку 10,7 мкмоль/л як референтне значення. Клінічний дефіцит цинку визначено як концентрацію <70 мкг/дл (10,7 мкмоль/л).

Після виписки з лікарні пацієнтів проконтрольовано на наявність віддалених симптомів COVID-19. Для цього проведено опитування з використанням анкети Міжнародного консорціуму з тяжких гострих респіраторних і нових інфекцій (ISARIC)/IP4C Global Pediatric COVID-19 Follow Form. Анкетування проведено в проміжках 1–3, 3–6, 6–9 і 9–12 місяців після гострої фази інфекції. На запитання відповідали пацієнти або їхні батьки, якщо діти не досягли 8 років. Наявність «Long COVID» визначено відповідно до критеріїв BOO3 [25]. Пацієнти, які не мали симптомів протягом періоду спостереження після появи гострих симптомів COVID-19 протягом принаймні 8 тижнів, вважалися такими, які повністю одужали.

Статистичну обробку результатів проведено за допомогою програми «STATISTICA 12». Медіану та інтерквартильний діапазон (IQR) використано для неправильного розподілу даних, а категоріальні змінні виражено як частоту (у відсотках). Категоріальні змінні порівняно за допомогою

Таблиця

Клінічна характеристика пацієнтів із COVID-19 залежно від рівня цинку в сироватці крові

Характеристика	Дефіцит цинку (<10,7 мкмоль/л), n=32	Оптимальний рівень цинку (>10,7 мкмоль/л), n=95	P
	Медіана (інтерквартильний діапазон) чи n (%)		
Вік, роки	1,05 (0,65; 3,7)	1,3 (0,73; 6,0)	0,5051
Стать:			
жіноча	13 (40,6)	46 (48,4)	0,4736
чоловіча	19 (59,4)	49 (51,6)	0,4736
Супутні захворювання	16 (50,0)	52 (54,7)	0,6422
Тяжкість COVID-19:			
безсимптомний	0 (0)	2 (2,1)	0,4081
легкий	30 (93,8)	81 (85,3)	0,2108
середньотяжкий	1 (3,1)	4 (4,2)	0,7848
тяжкий	1 (3,1)	6 (5,3)	0,4939
критичний	0 (0)	2 (2,1)	0,4081
Тривалість госпіталізації, днів	3,0 (3,0; 5,5)	4,0 (3,0; 5,0)	0,4633
Long COVID	10 (31,3)	44 (46,3)	0,1360
Симптоми Long COVID:	n=10	n=44	
втома	7 (70,0)	18 (40,9)	0,0958
неврологічні симптоми	5 (50,0)	10 (22,7)	0,0822
гастроентерологічні симптоми	3 (30,0)	5 (11,4)	0,1343
кардіологічні симптоми	1 (10,0)	2 (4,5)	0,4967
м'язово-скелетні симптоми	0 (0,0)	3 (6,8)	0,3955
інші прояви	2 (20,0)	12 (27,3)	0,6357

критерію хі-квадрат. Р-значення менше 0,05 прийнято статистично значущим. Для дослідження впливу гіпоцинкемії на субфенотипи Long COVID визначено відношення шансів (HR) та 95% довірчі інтервали (95% ДІ).

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено комісією з біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського. На проведення дослідження отримано інформовану згоду пацієнтів.

Результати дослідження та їх обговорення

Дефіцит цинку спостерігали у 32 (25,2%) пацієнтів із COVID-19. Порівняння клінічних характеристик пацієнтів із COVID-19 і наявність симптомів Long COVID залежно від рівня цинку в сироватці крові наведено в таблиці.

Не виявили різниці між віком і статтю дітей залежно від статусу цинку ($p>0,05$). В обстежених пацієнтів фіксували легкий перебіг – 111/127 (87,4%) і не спостерігали вірогідної різниці в тяжкості перебігу COVID-19 залежно від рівня цинку в сироватці крові. Не відзначили також різниці в тривалості госпіталізації ($p=0,4633$). Супутні захворювання, серед яких були алергічні прояви, ожиріння, надмірна маса, серцево-судинні та неврологічні захворювання,

хвороби шлунково-кишкового тракту, також спостерігали з однаковою частотою в обох групах.

Симптоми Long COVID зареєстрували в 54 (42,5%) обстежених пацієнтів, без вірогідної залежності від статусу цинку. Порівняння частоти клінічних проявів Long COVID залежно від рівня цинку наведено на рисунку. Серед симптомів Long COVID найчастіше спостерігали втому (25/54; 46,3%). Неврологічні прояви (безсоння або надмірна сонливість, біль голови, підвищена дратівливість, емоційна лабільність, зниження пам'яті та уваги, нездатність зосередитися на завданнях) спостерігали у 15 (27,8%) дітей. У 8 (14,8%) пацієнтів виявили гастроентерологічні симптоми: гепатопатію, біль у животі, нудоту, закріп. Значно рідше спостерігали кардіологічні симптоми, такі як тахікардія, порушення провідності, та м'язово-скелетні порушення (міалгії та артралгії) – по 3 (5,6%) дітей. Інші симптоми включали втрату нюху і смаку, кашель, часті гострі респіраторні вірусні інфекції. Їх поширеність становила 25,9%. Втому спостерігали в 1,7 раза частіше, а неврологічні прояви у 2,2 раза частіше в дітей із дефіцитом цинку, ніж при нормальному рівні цинку, проте різниця не була достовірною, відзначили лише тенденцію ($p<0,1$). Гастроентерологічні й кардіологічні симптоми також переважали в дітей із гіпоцинкемією, але різниця не була вірогідною.

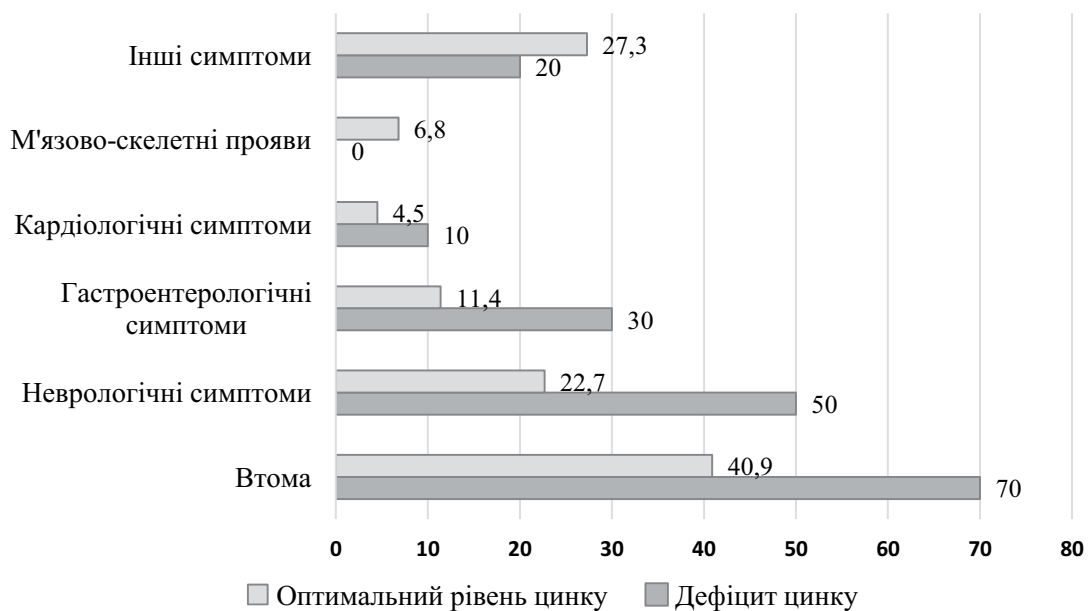


Рис. Частота симптомів Long COVID залежно від рівня цинку в сироватці крові

У рамках дослідження проаналізували рівень цинку в гострий період захворювання та оцінили його вплив на ймовірність збереження симптомів після одужання. За отриманими результатами, дефіцит цинку спостерігали у 25,2% дітей із COVID-19. К. Y. Chen та співавт. [8] визначили дефіцит цинку у 27,3% дорослих пацієнтів, що збігається з результатами дослідження. Серед дитячого населення з COVID-19 дефіцит цинку визначили у 23,6% [9], що також наближається до наших результатів. Проте в іншому дослідженні в дітей не виявили дефіциту цинку в жодному випадку [12].

Проведений нами аналіз не виявив суттєвого впливу статусу цинку на розвиток Long COVID і його симптомів в обстежених дітей. В іншому дослідженні за участю 55 дорослих пацієнтів вивчали вплив дефіциту вітаміну D і цинку на перебіг і розвиток Long COVID [8]. Встановлено, що дефіцит цинку корелював із гострим і стійким запаленням, а дефіцит вітаміну D був пов'язаний із затримкою одужання при віддалених наслідках COVID-19. Вказані результати зіставні як із даними наших попередніх досліджень, які показали вплив дефіциту вітаміну D на розвиток симптомів Long COVID [18] та взаємозв'язок гіпоцинкемії з маркерами гострого запалення [19], так і з результатами цього дослідження.

З іншого боку, у ретроспективному когортному дослідженні за участю пацієнтів віком від 18 років із COVID-19 у період з 1 січня 2022 року по 31 липня 2023 року вивчали вплив дефіциту цинку на перебіг COVID-19 і фенотипи постковіду

[10]. Серед чотирьох субфенотипів лише кардіальний і нирковий показали значно вищий ризик у групі пацієнтів із гіпоцинкемією (HR=1,099; 95% ДІ: 1,002–1,205; p=0,004). Науковці зробили висновок, що дефіцит цинку пов'язаний не лише з підвищеним ризиком тривалої госпіталізації і смертності від COVID-19, але й з підвищеним ризиком розвитку захворювань серця та нирок у постковідному періоді. Моніторинг і контроль рівня цинку можуть бути важливими для поліпшення довгострокових результатів.

Y. Matsuda та співавт. [14] визначали особливості гіпоцинкемії в пацієнтів із Long COVID. Це одноцентрове ретроспективне обсерваційне дослідження за участю 194 амбулаторних пацієнтів провели в період із 15 лютого 2021 року по 28 лютого 2022 року. Характеристики пацієнтів із концентрацією цинку в сироватці крові <10,7 мкмоль/л порівнювали з характеристиками пацієнтів із нормоцинкемією. Гіпоцинкемію виявили у 22,2% пацієнтів, частіше в жіночій статі. Загальна втома була найчастішим симптомом як у пацієнтів чоловічої статі з гіпоцинкемією (9 із 16 осіб: 56,3%), так і в пацієнтів жіночої статі з гіпоцинкемією (8 із 27 осіб: 29,6%). Пацієнти з тяжкою гіпоцинкемією (рівень цинку в сироватці крові <60 мкг/дл) висловлювали серйозні скарги на дизосмію і дисгевзію, які були частішими скаргами, ніж загальна втома. Проте в цьому дослідженні не було даних про частоту симптомів Long COVID у пацієнтів із

нормоцинкемією. У наведеному нами дослідженні також спостерігали найбільшу частоту втоми в пацієнтів із гіпоцинкемією (70%), проте різниця з її частотою при нормальних рівнях цинку не була достовірною.

У низці досліджень вивчали роль саплементації цинком на перебіг певних симптомів Long COVID [15,23]. Добавки цинку після інфікування зменшували лише тривалість аносмії, без впливу на інші симптоми, спричинені інфекцією SARS-CoV-2 [1]. Імовірно пояснення впливу цинку на скорочення тривалості аносмії під час хвороби COVID-19 пов'язане з початковим місцем інфікування і роллю, яку цинк відіграє в нюху. Зона носоглотки є звичайним місцем першої зустрічі із SARS-CoV-2. При поширенні вірусу відбувається локальне виснаження цинку, оскільки багато білків (10%) і реплікація вірусу потребують іонів цинку. Локалізоване виснаження цинку призводить до втрати нюху. Аносмія та дисгевзія зазвичай пов'язані з COVID-19 [27] і дефіцитом цинку в їжі [20].

Постковідний синдром часто характеризується хронічною втомою, яка впливає на повсякденну діяльність суб'єктів і погіршує якість їхнього життя. Подвійне сліпе плацебо контрольоване рандомізоване дослідження вивчало вплив двомісячного застосування пероральної харчової добавки на основі ехінацеї вузьколистої, шипшини, прополісу, маточного молочка та цинку в пацієнтів із Long COVID [15]. Наприкінці дослідження відзначили значне зниження запальних маркерів на тлі застосування добавки порівняно з плацебо (співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, $p=0,0455$; співвідношення моноцитів до лімфоцитів, $p=0,0005$; С-реактивного білка, $p=0,0145$). Дослідження показало поліпшення якості життя пацієнтів і зниження втоми, що відстежувалося за шкалою тяжкості втоми.

Роль чотирьох поживних мікроелементів (цинк, вітаміни С, D і поліфеноли) щодо їхнього протизапального і терапевтичного потенціалу для поліпшення симптомів, пов'язаних зі сном у лю-

дей із віддаленими наслідками COVID-19, вивчали в іншому дослідженні [17]. Попередні дослідження засвідчили, що пов'язані з Long COVID симптоми, такі як втома та погана якість сну, були пов'язані із запаленням. Цинк, вітаміни С, D і поліфеноли мають потенціал поліпшити як запалення, так і якість сну, щоб полегшити симптоми.

Отже, результати досліджень щодо ролі цинку в розвитку симптомів Long COVID досі є суперечливими. Низка досліджень узгоджуються з результатами наведеної нами роботи, у якій не виявили суттєвого впливу статусу цинку на розвиток Long COVID. Інші дослідження хоча і вказують на певні впливи, але їхня достовірність викликає сумніви через відсутність групи порівняння здорових людей або пацієнтів із нормальним рівнем цинку. Ще в певній частці досліджень вивчали вплив саплементації цинку на розвиток і перебіг симптомів Long COVID, але в усіх роботах цинк поєднувався з іншими нутрієнтами.

Потрібні подальші тривалі дослідження за участю більшої кількості пацієнтів для вивчення ролі статусу цинку в розвитку Long COVID та інших довготривалих наслідків після вірусних інфекцій, а також визначення потенційної користі добавок цинку в пацієнтів із COVID-19.

Висновки

Проведене дослідження не показує суттєвого впливу гіпоцинкемії на розвиток Long COVID і його симптомів у дітей. Отримані дані підтверджують необхідність подальших досліджень щодо ролі нутрієнтів у відновленні після COVID-19 і можливих стратегій нутритивної підтримки пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування. Дослідження фінансувалося МОЗ України за кошти державного бюджету, назва проєкту «Оцінка якості життя та психологічного стану дітей з тривалим COVID-19 у воєнний час», номер державної реєстрації 0123U100301, термін реалізації – 2023–2025 рр.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

1. Abdelmaksoud AA, Ghweil AA, Hassan MH et al. (2021). Olfactory disturbances as presenting manifestation among Egyptian patients with COVID-19: possible role of zinc. *Biol Trace Elem Res.* 199(11): 4101-4108. doi: 10.1007/s12011-020-02546-5.
2. Ali N, Fariha KA, Islam F et al. (2021). Assessment of the role of zinc in the prevention of COVID-19 infections and mortality: A retrospective study in the Asian and European population. *J Med Virol.* 93(7): 4326-4333. doi:10.1002/jmv.26932.
3. Anuk AT, Polat N, Akdas S et al. (2021). The Relation Between Trace Element Status (Zinc, Copper, Magnesium) and Clinical Outcomes in COVID-19 Infection During Pregnancy. *Biol Trace Elem Res.* 199(10): 3608-3617. doi:10.21203/rs.3.rs-88054/v1.
4. Boyarchuk O, Perestiuk V, Kosovska T et al. (2024). Coagulation profile in hospitalized children with COVID-19: pediatric age dependency and its impact on long COVID development. *Front Immunol.* 15: 1363410. doi: 10.3389/fimmu.2024.1363410.

5. Boyarchuk O, Predyk L, Yuryk I. (2021). COVID-19 in patients with juvenile idiopathic arthritis: frequency and severity. *Reumatologia*. 59(3): 197-199. doi: 10.5114/reum.2021.107590.
6. Boyarchuk O, Volianska L. (2023). Autoimmunity and long COVID in children. *Reumatologia*. 61(6): 492-501. doi: 10.5114/reum/176464.
7. Calder PC. (2025). Nutrition and immunity: lessons from coronavirus disease-2019. *Proc Nutr Soc*. 84(1): 8-23. doi: 10.1017/S0029665123004792.
8. Chen KY, Lin CK, Chen NH. (2023). Effects of vitamin D and zinc deficiency in acute and long COVID syndrome. *J Trace Elem Med Biol*. 80: 127278. doi: 10.1016/j.jtemb.2023.127278.
9. Doğan A, Dumanoğlu Doğan İ, Uyanık M et al. (2022). The Clinical Significance of Vitamin D and Zinc Levels with Respect to Immune Response in COVID-19 Positive Children. *J Trop Pediatr*. 68(5): fmac072. doi: 10.1093/tropej/fmac072.
10. Hung LW, Liu MY, Yu T et al. (2024). Zinc Deficiency and Post-acute Outcomes in Patients With COVID-19: A Six-Month Retrospective Cohort Analysis of 3,726 Patients. *Cureus*. 16(10): e71609. doi: 10.7759/cureus.71609.
11. Jothamani D, Kailasam E, Danielraj S et al. (2020). COVID-19: Poor outcomes in patients with zinc deficiency. *Int J Infect Dis*. 100: 343-349. doi: 10.1016/j.ijid.2020.09.014.
12. Karakaya Molla G, Ünal Uzun Ö, Koç N et al. (2021). Evaluation of nutritional status in pediatric patients diagnosed with Covid-19 infection. *Clin Nutr ESPEN*. 44: 424-428. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.04.022.
13. Kinash M, Boyarchuk O, Dobrovol'ska L. (2021). Zinc: its impact on immune function in children. *Pediatrica Polska – Polish Journal of Paediatrics*. 96(4): 263-269. doi: 10.5114/polp.2021.112401.
14. Matsuda Y, Tokumasu K, Otsuka Y et al. (2023). Symptomatic Characteristics of Hypozincemia Detected in Long COVID Patients. *J Clin Med*. 12(5): 2062. doi: 10.3390/jcm12052062.
15. Noce A, Marrone G, Di Lauro M et al. (2024). Potential Anti-Inflammatory and Anti-Fatigue Effects of an Oral Food Supplement in Long COVID Patients. *Pharmaceuticals (Basel)*. 17(4): 463. doi: 10.3390/ph17040463.
16. Nowak G, Szweczyk B, Pilc A. (2005). Zinc and depression. An update. *Pharmacol Rep*. 57(6): 713-718.
17. Pak VM, Lee J. (2022). Examining the role of micronutrients on improving long COVID sleep-related symptoms. *J Clin Nurs*. 10.1111/jocn.16326. Epub ahead of print. doi: 10.1111/jocn.16326.
18. Perestiuk V, Kosovska T, Dyvoniak O et al. (2025). Vitamin D status in children with COVID-19: does it affect the development of long COVID and its symptoms? *Front Pediatr*. 13: 1507169. doi: 10.3389/fped.2025.1507169.
19. Perestiuk V, Kosovska T, Volianska L et al. (2025). Association of zinc deficiency and clinical symptoms, inflammatory markers, severity of COVID-19 in hospitalized children. *Front. Nutr*. 12: 1566505. doi: 10.3389/fnut.2025.1566505.
20. Pisano M, Hilar O. (2016). Zinc and taste disturbances in older adults: a review of the literature. *Consult Pharm*. 31(5): 267-270. doi: 10.4140/TCP.n.2016.267.
21. Prasad AS. (2001). Recognition of zinc-deficiency syndrome. *Nutrition*. 17(1): 67-69. doi: 10.1016/s0899-9007(00)00469-x.
22. Prasad AS. (2013). Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. *Adv Nutr*. 4(2): 176-190. doi: 10.3945/an.112.003210.
23. Schloss JV. (2023). Nutritional deficiencies that may predispose to long COVID. *Inflammopharmacology*. 31(2): 573-583. doi: 10.1007/s10787-023-01183-3.
24. Wessels I, Rolles B, Rink L. (2020). The Potential Impact of Zinc Supplementation on COVID-19 Pathogenesis. *Front Immunol*. 11: 1712. doi: 10.3389/fimmu.2020.01712.
25. World Health Organization. (2023). Post COVID-19 Condition (Long COVID). World Health Organization. URL: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/post-covid-19-condition>. (Accessed July 11, 2023).
26. World Health Organization. (2020). Clinical Management of COVID-19: Interim Guidance, 27 May 2020. URL: <https://iris.who.int/handle/10665/332196> (Accessed May 27, 2020).
27. Zahra SA, Iddawela S, Pillai K et al. (2020). Can symptoms of anosmia and dysgeusia be diagnostic for COVID-19? *Brain Behav*. 10(11): e01839. doi: 10.1002/brb3.1839.

Відомості про авторів:

Боярчук Оксана Романівна – д.мед.н., проф., зав. каф. дитячих хвороб з дитячою хірургією ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1; тел.: +38 (0352) 52-44-92. <https://orcid.org/0000-0002-1234-0040>.

Перестіук Віта Олександрівна – аспірантка каф. дитячих хвороб з дитячою хірургією ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1; тел.: +38 (0352) 52-44-92. <https://orcid.org/0000-0002-8321-1078>.

Косовська Тетяна Михайлівна – к.мед.н., доц. каф. дитячих хвороб з дитячою хірургією ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1; тел.: +38 (0352) 52-44-92. <https://orcid.org/0000-0002-5132-2275>.

Волянська Любов Августинівна – к.мед.н., доц. каф. дитячих хвороб з дитячою хірургією ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1; тел.: +38 (0352) 52-44-92. <https://orcid.org/0000-0001-5447-8059>.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2025 р., прийнята до друку 10.09.2025 р.