

УДК 577.118:546.46:[616.98:578.834COVID-19]-053.2

**Ю.В. Марушко<sup>1</sup>, Т.В. Гищак<sup>1</sup>, О.А. Дмитришин<sup>1</sup>,  
Б.Я. Дмитришин<sup>1</sup>, М.Ю. Мика<sup>2</sup>**

## **Роль магнію в організмі здорової людини в перебігу і реабілітації після респіраторної інфекційної патології та COVID-19 (відомості літератури, власні дані)**

<sup>1</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна  
<sup>2</sup>КНП «Дитяча клінічна лікарня № 5 Святошинського району міста Києва», Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2023). 5(133): 90-96. doi 10.15574/SP.2023.133.90

**For citation:** Marushko Yu, Hyshchak T, Dmytryshyn O, Dmytryshyn B, Myka M. (2023). Magnesium's role in a healthy person's body, in the course and rehabilitation after infectious respiratory pathology and COVID-19 (literature information, own data). Modern Pediatrics. Ukraine. 5(133): 90-96. doi 10.15574/SP.2023.133.90.

Магній — це макроелемент, що відіграє важливу роль у регуляції багатьох фізіологічних процесів. У разі неповноцінного надходження магнію, що не відповідає потребам організму дитини, розвивається його дефіцит. Клінічні прояви дефіциту магнію є неспецифічними і можуть бути подібними до симптомів різних захворювань, у тому числі астеничного синдрому. Своєю чергою, астеничний синдром є поширеним у дітей, які перенесли інфекційні захворювання, COVID-19, грип та іншу гостру респіраторну інфекційну патологію. У таких дітей можна виявити надмірну тривожність, швидку втомлюваність, різкі зміни настрою, розлади сну, емоційну лабільність. Враховуючи, що провідна роль у забезпеченні належного функціонування більшості ферментних систем організму, тканинного дихання, енергетичного обміну, синтетичних процесів належить саме магнію, припускається, що розвиток описаних симптомів може бути пов'язаний із його дефіцитом.

**Мета** — узагальнити дані літератури щодо ролі магнію в організмі здорової людини, особливостей його метаболізму, значення в перебігу та реабілітації після респіраторної інфекційної патології та COVID-19, ознак дефіциту та методів його корекції; оцінити результати власних досліджень.

**Матеріали та методи.** Використано загальноклінічний (аналіз даних анамнезу), лабораторний (визначення рівня магнію в сироватці крові), статистичний, бібліографічний та інформаційно-аналітичний методи дослідження. В дослідженні взяло участь 60 дітей віком від 9 до 18 років, серед них 35 дітей, які перенесли COVID-19 (перша група) та 25 дітей, які на COVID-19 не хворіли (друга група).

**Результати.** Встановлено, що середнє значення рівня магнію в сироватці крові дітей першої групи було нижчим, ніж у дітей другої групи ( $p=0,005$ ). Індивідуальний аналіз показав, що у 31,4% пацієнтів першої групи, які мали термін після перенесеного COVID-19 4–5 місяців, відмічалася наявність симптомів пост-COVID-19, такі як надмірна втомлюваність, головний біль, слабкість м'язів, порушення сну, апетиту, що співпадає з даними літератури.

**Висновки.** Дані нашого дослідження можуть свідчити про вплив перенесеного COVID-19 на рівень магнію в сироватці крові, що може бути однією з причин його дефіциту, і відповідно, розвитку симптомів пост-COVID-19 у дітей. Доцільно проводити лабораторне визначення рівня магнію в дітей, які перенесли гостру респіраторну інфекційну патологію, у тому числі COVID-19, з метою встановлення причин розвитку окремих, обтяжуючих загальне самопочуття симптомів, попередження розвитку дефіциту магнію та пошуку додаткових шляхів реабілітації після перенесеної респіраторної інфекційної патології та COVID-19.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Ключові слова:** магній, дефіцит, астеничний синдром, реабілітація, пост-COVID-19, корекція, діти.

## **Magnesium's role in a healthy person's body, in the course and rehabilitation after infectious respiratory pathology and COVID-19 (literature information, own data)**

**Yu. Marushko<sup>1</sup>, T. Hyshchak<sup>1</sup>, O. Dmytryshyn<sup>1</sup>, B. Dmytryshyn<sup>1</sup>, M. Myka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>CNE «Children's Clinical Hospital № 5 of Sviatoshyn district in Kyiv», Ukraine

Magnesium is a macroelement that plays an important role in the regulation of many physiological processes. In the case of insufficient intake of magnesium, which does not meet the needs of the child's body, its deficiency develops. Clinical manifestations of magnesium deficiency are nonspecific and may be similar to symptoms of various diseases, including asthenic syndrome. In turn, asthenic syndrome is common in children who have suffered infectious diseases, COVID-19, influenza, and other acute respiratory infectious pathology. In such children, excessive anxiety, rapid fatigue, sudden mood changes, sleep disorders, and emotional lability can be detected. Given that the leading role in ensuring the proper functioning of most of the body's enzyme systems, tissue respiration, energy exchange, and synthetic processes belongs to magnesium, it is assumed that the development of the described symptoms may be related to its deficiency.

**Purpose** — to summarize literature data on the role of magnesium in the body of a healthy person, the peculiarities of its metabolism, its importance in the course and rehabilitation after respiratory infectious pathology and COVID-19, signs of deficiency, and methods of its correction; evaluate the results of own research.

**Materials and methods.** General clinical (analysis of anamnesis data), laboratory (determination of magnesium level in blood serum), statistical, bibliographic, and information-analytic research methods were used. 60 children aged 9 to 18 took part in the study, among them 35 children who had COVID-19 (the first group) and 25 children who did not have COVID-19 (the second group).

**Results.** It was established that the average value of magnesium level in blood serum in children of the first group was lower than in children of the second group ( $p=0.005$ ). Individual analysis showed that 31.4% of patients in the first group, who had a term of 4–5 months after COVID-19, noted the presence of post-COVID-19 symptoms, such as excessive fatigue, headache, muscle weakness, impaired sleep, appetite, which coincides with the data of the literature.

**Conclusions.** The data of our study may indicate the effect of transferred COVID-19 on the level of magnesium in the blood serum, which may be one of the reasons for its deficiency and, accordingly, the development of post-COVID-19 symptoms in children. It is advisable to carry out laboratory determination of the magnesium level in children who had acute respiratory infectious pathology, including COVID-19, to establish the causes of the development of individual symptoms that aggravate the general well-being, prevent the development of magnesium deficiency and find additional ways of rehabilitation after respiratory infectious pathology and COVID-19.

No conflict of interests was declared by the authors.

**Keywords:** magnesium, deficiency, asthenic syndrome, rehabilitation, post-COVID-19, correction, children.

Реалії нашого сьогодення є складними для повноцінного росту і розвитку дитячого населення. Наслідки пандемії COVID-19, військові дії, негативні новини нашого інформпростору змушують дітей та підлітків здобувати освіту, розвивати свої таланти та спортивні навички, будувати соціальну взаємодію з друзями в неналежних та гіперстресових умовах.

Відомо, що у відповідь на стрес організм дитини виснажується, розвиваються розлади настрою, сну та харчування, психологічні, стресові розлади, астеничний синдром, а згодом і психосоматичні порушення, що можуть переростати в серйозні захворювання з боку серцево-судинної, дихальної, нервової систем тощо [18,21].

Крім описаних вище факторів, також важливу роль у розвитку порушень самопочуття дитини та погіршення стану її здоров'я відіграють перенесені інфекційні захворювання. Наприклад, дані метааналізу 2022 р., що вивчав структуру пост-COVID-19 у дітей, показав, що найпоширенішими клінічними проявами цього стану були зміни настрою — смуток, напруга, гнів, депресія і тривога (16,50%), втома (9,66%) та розлади сну — безсоння, гіперсомнія та погана якість сну (8,42%) [17]. Крім перенесеного COVID-19, тригерними факторами розвитку проявів астенії є віруси Епштейн—Барра, простого герпесу I та II типу, герпесу VI типу, Коксакі, гепатиту C, цитомегаловірус, ентеровіруси [16].

Отже, організм дитини зустрічається з безліччю факторів тривалої дії, які негативно впливають на функціональний стан всіх органів та систем. Саме тому важливими є пошуки шляхів корекції таких порушень, як надмірна втомлюваність, підвищена тривожність, порушення сну і астеничні прояви [38].

За даними огляду літератури, патогенез розвитку описаних змін включає різні ланки, у тому числі порушення сталості рівнів різних мікроелементів у біологічних тканинах і крові [28]. Мікроелементний гомеостаз, як часткова форма загальної гомеостатичної системи, відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності як дорослого, так і дитячого організму. Спектр біологічних функцій мікроелементів дуже

широкий [24]. Натрій, калій, кальцій і магній у складі металоферментів або у вигляді катализаторів активують більшість ферментних систем організму, стимулюють процеси тканинного дихання, енергетичного обміну, кровотворення, імунологічні реакції, синтез біологічно активних речовин, гормонів, метаболізм білків, вуглеводів, ліпідів, а також корегують рівень процесів вільно радикального окиснення [36].

Провідна роль у забезпеченні належного функціонування вищеописаних біохімічних процесів, а також імовірного розвитку проявів астеничного синдрому належить саме магнію. Це важливий мінерал і внутрішньоклітинний катіон, що переважно акумулюється в мітохондріях. Саме рівень магнію найбільшою мірою реагує на стрес і фізичні перевантаження, виснаженням своїх депо в організмі людини [19,37].

**Мета** дослідження — узагальнити дані літератури щодо ролі магнію в організмі здорової людини, особливостей його метаболізму, значення в перебігу та реабілітації після респіраторної інфекційної патології та COVID-19, ознак дефіциту та методів його корекції; оцінити результати власних досліджень.

Основні функції магнію включають структурну роль у клітинних мембранах та хромосомах, участь у забезпеченні виконання декількох етапів реплікації білків і нуклеїнових кислот (ДНК, РНК), забезпечення метаболічних процесів, зокрема, синтезу вуглеводів, ліпідів, глутатіону як кофактора [29]. Він необхідний для роботи аденозинтрифосфат-синтезуючого білка в мітохондріях, який впливає на вироблення молекули аденозинтрифосфату (АТФ) та АТФ-залежних ферментів (натрій-калієвої АТФ-ази), що беруть участь у підтримці електролітного балансу [6]. Також магній необхідний для активного транспорту іонів, таких як калій та кальцій, через клітинні мембрани. Завдяки своїй ролі в системах іонного транспорту магній впливає на проведення нервових імпульсів, скорочення м'язів та регуляцію нормального серцевого ритму [10]. Крім цього, магній володіє протизапальними, антиоксидативними, спазмолітичними, вазодилатативними та нейропротективними власти-

востями [23]. Загалом, цей мікроелемент бере активну участь у роботі дихальної, серцево-судинної, нервової, травної, репродуктивної систем, підтримуючи нормальне функціонування організму людини [37].

Метаболізм магнію в організмі людини має такий вигляд: при вживанні із продуктами харчування або у вигляді дієтичних добавок близько 30–50% спожитого магнію всмоктується в тонкому кишечнику, решта (50–70%) виводиться з фекальними масами. Частка абсорбованого та засвоєного магнію розподіляється в такий спосіб: 50–60% акумулюється в кістковій тканині, де він слугує резервуаром для підтримки рівноваги з його позаклітинною концентрацією, а решта міститься в м'язах (30%), головному мозку та інших м'яких тканинах (10–20%) [33]. Лише 1% загального магнію є позаклітинним, і 0,3% цього магнію циркулює в сироватці крові у трьох різних варіантах: вільний (60%), який є біологічно активним; зв'язаний з альбуміном (30%) або в комплексі з іншими іонами (10%) [15]. Провідна роль у контролі рівня магнію належить ниркам, які зазвичай щодня виділяють із сечею близько 120 мг магнію і коригують рівень його екскреції залежно від надлишку чи дефіциту цього мікроелемента [33]. Отже, гомеостаз магнію регулюється і залежить від динамічного балансу між кишковим всмоктуванням спожитого магнію, екскрецією нирками та акумуляцією в кістковій тканині [33].

Баланс рівня магнію в сироватці крові підтримується тоді, коли врівноважуються процеси надходження та утилізації магнію в процесі життєдіяльності [14]. На ці компоненти, своєю чергою, впливає безліч факторів, зокрема: застосування певних препаратів, що затримують або, навпаки, порушують всмоктування магнію в організмі (діуретики, інгібітори протонної помпи, антибіотики); фізіологічні стани, що потребують збільшення денної потреби магнію (дитячий вік, вагітність, менопауза); хвороби,

які супроводжуються порушенням засвоєння поживних речовин (цукровий діабет, захворювання з порушенням функції нирок) [35].

У разі неповноцінного надходження вищезазначеного мікроелемента, що не відповідає потребам організму дитини, розвивається дефіцит магнію, який, за даними огляду літератури, спостерігається у 12% дітей віком до 4 років та у 28% дітей віком від 5 до 11 років [30]. Значний дефіцит магнію (у 33,6–42,5% дітей) притаманний дітям віком від 13 років [19].

Клінічні ознаки недостатності магнію часто подібні до клінічних проявів інших захворювань, тому можуть бути помилково розцінені [1]. Наприклад, у клінічній картині астенічного синдрому виділяють чотири основні групи симптомів:

- 1) фізичні: м'язова слабкість; підвищена втомлюваність; швидке виснаження після мінімальних зусиль; зниження апетиту;
- 2) когнітивні: розлад уваги, здатності до концентрації, засвоєння інформації; погіршення пам'яті;
- 3) емоційно-психологічні: емоційна лабільність, дратівливість, часта зміна настрою; мотиваційні розлади, відсутність впевненості в собі; нездатність розслабитися;
- 4) розлади сну [38].

Клінічні прояви недостатності магнію є подібними до симптомів астенії, а деякі з них — ідентичними (табл. 1).

Слід зазначити, що астенічний синдром є поширеним у дітей, які перенесли інфекційні захворювання, у тому числі COVID-19, грип та інші гострі респіраторні вірусні інфекції [38]. У такому разі астенія є реактивною і втілює захисну або компенсаторну реакцію, що розвивається в майже здорової дитини у разі впливу умовно патогенних фізичних та психофізіологічних факторів. Важливі ознаки реактивної астенії — її зворотний характер та чіткий зв'язок із провокуючим фактором, який має не-

Таблиця 1

Порівняння ознак дефіциту магнію та астенічного синдрому в дітей

Прояви дефіциту магнію	Ознаки астенічного синдрому
Втомлюваність	Втомлюваність
Дратівливість	Дратівливість або гнів
Підвищена тривожність	Надмірна знервованість/неуважність
М'язова слабкість	Напруження м'язів
Відчуття оніміння кінцівок	Біль у грудях/гіпервентиляція
Втрата апетиту, нудота	Втрата апетиту
Головний біль	Головний біль
Розлади сну	Розлади сну

специфічний характер, є обмеженим у часі і/або курабельним [2].

Патогенез розвитку астенічного синдрому, що виникає після гострих вірусних захворювань, ще до кінця не з'ясований [16]. Наприклад, багато симптомів, пов'язаних із перенесеним COVID-19, таких як: зміни настрою, відчуття втоми, розлади сну, зниження концентрації уваги, дисфункція серця, варіабельність ритму та серцебиття, зазвичай присутні при дизавтономії. Дизавтономія — це дисфункція симпатичної і/або парасимпатичної вегетативної нервової системи [7]. Однак залишається незрозумілим, чи може дизавтономія бути прямим результатом дії інфекції SARS-CoV-2, чи це результат імуноопосередкованих процесів, таких як гіперпродукція цитокінів, відомих медіаторів запальної відповіді [4]. Крім цього, існує припущення, що провідний патогенетичний механізм реактивної астенії пов'язаний з порушенням функції ретикулярної формації, яка регулює активність кори й підкіркових структур і є енергетичним центром центральної нервової системи, і механізмами автоінтоксикації продуктами метаболізму. Також мають місце порушення регуляції вироблення й використання енергетичних ресурсів на клітинному рівні та метаболічні розлади, що призводять до гіпоксії, ацидозу з подальшим порушенням процесів утворення й використання енергії [38]. Розвиток описаних змін пов'язується з дефіцитом іонів магнію, які забезпечують вивільнення енергії через активність магній залежних АТФ-аз та необхідні для всіх енергетичних процесів в організмі [19,22].

Отже, клінічні прояви дефіциту магнію є неспецифічними і можуть бути подібними до симптомів різних захворювань, які супроводжуються надмірною активацією адаптаційних процесів організму, таких як стресові ситуації, розвиток астенічного синдрому, дисфункції вегетативної нервової системи та інше [19,26].

Враховуючи вищезазначене, а також значущість магнію в забезпеченні нормального, фізіологічного функціонування організму людини, доцільно проводити лабораторне визначення рівня магнію в дітей, що мають захворювання серцево-судинної, нервової, дихальної, кістково-м'язової систем, з метою визначення причин розвитку окремих, обтяжуючих загальне самопочуття симптомів, попередження розвитку дефіциту магнію та пошуку додаткових шляхів корекції деяких патологічних станів.

Існує певна проблема, що стосується питання визначення рівня магнію в організмі людини. Вона пов'язана з неоднорідністю розподілу магнію і тим, що лише менше 1% від загального його вмісту в організмі присутній у сироватці [19]. Таким чином, концентрація магнію в сироватці крові може не корелювати із загальним або внутрішньоклітинним вмістом магнію [15]. Однак у сучасній клінічній медицині визначення рівня магнію в сироватці крові є найбільш можливим і стандартним способом швидкої оцінки магнієвого статусу організму [1].

За даними літератури, референтний інтервал концентрацій магнію в сироватці крові коливається від 0,75 ммоль/л до 0,955 ммоль/л із середнім значенням 0,85 ммоль/л [8]. Магній-дефіцитний стан у дітей визначається за рівнем магнію в сироватці крові менше 0,8 ммоль/л [19].

Нами проведено огляд наукових досліджень, метою яких було встановлення рівня магнію сироватки крові в дітей із різною соматичною патологією.

У 2022 р. група іспанських вчених проаналізувала рівень магнію сироватки крові та його зв'язок із показниками харчування у 78 дітей та підлітків із хронічними захворюваннями. У 45% обстежуваних дітей відмічено гіпомagneмію, серед них у 6% дітей виявлено низьке споживання магнію. У цілому, у 26% дітей встановлено низьке споживання магнію, у 90% — низьке співвідношення споживання кальцію/магнію <1,70 (середнє значення — 1,06). Це, за даними авторів, може призводити до збільшення ризику розвитку інших хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, цукровий діабет 2-го типу, метаболічний синдром [9].

Аналіз концентрації рівня магнію в сироватці крові дітей з первинною артеріальною гіпертензією (ПАГ) показав, що найменші її значення зареєстровано в групі зі стабільною ПАГ II ступеня ( $0,717 \pm 0,0064$  ммоль/л) порівняно з іншими формами ПАГ. Також автори виявили, що серед дітей зі стабільною ПАГ II ступеня гіпомagneмія зустрічалася в  $32,0 \pm 9,3\%$  дітей, серед дітей зі стабільною ПАГ I ступеня — у  $28,6 \pm 7,6\%$ , серед дітей із лабільною ПАГ — у  $25,8 \pm 7,9\%$  [21].

Результати іншого крос-секційного дослідження, проведеного серед 35 дітей та підлітків, які страждають на мігрень, показали, що середній рівень магнію в сироватці



крові дітей ізмігренню був статистично нижчим (0,82 ммоль/л проти 0,91 ммоль/л,  $P<0,045$ ) порівняно з дітьми без мігрені [3].

Подібні результати отримано в метааналізі, що оцінював рівень магнію в сироватці крові та волосі дітей із синдромом дефіциту уваги та гіперактивності (СДУГ). Встановлено, що рівень магнію периферичної крові в плазмі, сироватці або цільній крові дітей із діагнозом СДУГ був значно нижчим, ніж у контрольній групі ( $k=8$ , Hedges'  $g=-0,547$ , 95% CI = від -0,818 до -0,276,  $P<0,001$ ) [13].

Також існують літературні дані, що підтверджують взаємозв'язок між метаболізмом магнію і вітаміну D. Вказано, що магній є необхідним мікроелементом для адекватного метаболізму вітаміну D, і застосування великих доз вітаміну D може спричинити серйозне виснаження депо магнію в організмі. Таким чином, споживання магнію, що відповідає денній потребі, слід розглядати як важливий аспект терапії вітаміном D [32].

Нами досліджено рівень магнію в сироватці крові дітей шкільного віку, які перенесли гострий епізод COVID-19 (підтвердження діагнозу за допомогою тесту полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) зразка носоглотки і/або швидкого тесту на антиген). У дослідженні взяли участь 60 дітей віком від 9 до 18 років, серед яких виділено дві обстежувані групи. Перша група — 35 дітей, які перехворіли на COVID-19 (термін після COVID-19 становив від 4 до 9 місяців), друга група — 25 дітей, які на COVID-19 не хворіли. За результатами перевірки обох груп на нормальність визначено, що розподіл не відрізнявся від нормального, тому для представлення даних розраховано середнє значення ( $\bar{X}$ ) і стандартне відхилення ( $\pm SD$ ). Встановлено, що середнє значення рівня магнію в сироватці крові дітей першої групи ( $n=35$ ) дорівнювало  $0,793\pm 0,08$ , а в дітей другої групи ( $n=25$ ) —  $0,853\pm 0,09$  ммоль/л ( $p=0,005$  за критерієм Ст'юдента для незалежних вибірок). Індивідуальний аналіз показав, що в 31,4% па-

цієнтів першої групи, які мали термін після перенесеного COVID-19 4–5 місяців, відмічалися симптоми пост-COVID-19, такі як надмірна втомлюваність, головний біль, слабкість м'язів, порушення сну, апетиту.

Отже, середнє значення магнію в сироватці крові дітей першої групи нижче порівняно з середнім значенням магнію в другій групі, що свідчить про недостатність магнію в дітей, які перенесли COVID-19. Також дані нашого дослідження можуть свідчити про наявність взаємозв'язку між розвитком пост-COVID-19 і дефіцитом магнію. Це питання є важливою клінічною проблемою, що потребує подальшого вивчення.

Методи корекції дефіциту магнію включають дієтичні заходи і фармакотерапію, поєднання яких є найоптимальнішим варіантом для лікування недостатності магнію [19]. Особливості щодо застосування магнію містяться в Рекомендаціях із харчування (The Dietary Reference Intake, DRI), розроблених Радою з питань харчування при Інституті медицини Національної академії (the Institute of Medicine (IOM) of the National Academy of Medicine (NAM)) і включають такі показники рекомендованої дієтичної норми (Recommended Dietary Allowance, RDA), наведені в таблиці 2 [27].

Наведені в таблиці 2 рекомендовані добові норми споживання магнію включають магній, отриманий із продуктами харчування та у вигляді дієтичних добавок [27].

Продуктами харчування, які є лідерами за вмістом магнію, є гарбузове насіння (містить 168 мг магнію у 28 г насіння), мигдаль (80 мг у 28 г), гречана крупа (200 мг у 100 г), вівсяна крупа (118 мг у 100 г), пшенична крупа (88 мг у 100 г), шпинат (78 мг у 100 г), кеш'ю (74 мг у 28 г), арахіс (63 мг у 28 г) [5,25].

За даними літератури, для корекції магнієвого дефіциту застосовуються різні сполуки магнію: магнію сульфат, магнію аскорбінат, магнію хлорид, магнію цитрат, магнію аспарагіат, магнію гідроксид, магнію глюконат,

Таблиця 2

Рекомендована добова норма магнію для дітей різного віку

Вік	Хлопчики	Дівчатка
Від народження до 6 місяців	30 мг	30 мг
7–12 місяців	75 мг	75 мг
1–3 роки	80 мг	80 мг
4–8 років	130 мг	130 мг
9–13 років	240 мг	240 мг
14–18 років	410 мг	360 мг

магнію оротат, магнію тіосульфат, магнію гідроаспартат тетрагідрат тощо [25]. Обираючи дієтичну добавку для корекції магнію, доцільно надавати перевагу препаратам із високою біодоступністю, доведеною ефективністю і високою безпечністю.

За даними літератури, особливо ефективним у терапевтичному значенні є комбінування магнію і калію [20,31,34].

Калій є важливим електролітом необхідним для підтримки об'єму внутрішньоклітинної рідини, кислотного та електролітного балансу та забезпечення нормального функціонування клітин за допомогою трансмембранних електрхімічних градієнтів [40].

За даними огляду літератури, існує взаємозв'язок між споживанням калію та зниженням артеріального тиску в дорослих, що, своєю чергою, впливає на ризик інсульту та ішемічної хвороби серця. Також дефіцит калію може призводити до збільшення ризику виникнення каменів у нирках, імовірності розвитку остеопору за рахунок виділення кальцію з сечею та чутливістю до солей натрію [39].

Незначний дефіцит калію проявляється схильністю до закріпів (через зниження моторики кишечника), втому, м'язовою слабкістю. Помірна гіпокаліємія характеризується поліурією, непереносимістю глюкози, м'язовим паралічем і серцевими аритміями, особливо в осіб з органічними ураженнями серця. Тяжка гіпокаліємія може бути небезпечною для життя через вплив на скорочення м'язів, а отже, і на серцеву функцію [11].

Ефективність призначення препаратів, що містять комбінацію калію та магнію, пояснюється тісно пов'язаними між собою метаболізмами обох елементів і тим, що дефіцит магнію часто призводить до гіпокаліємії. Зменшення вмісту внутрішньоклітинного магнію послаблює опосередковане магнієм інгібування АТФ-залежних калієвих каналів і збільшує дистальну секрецію калію в ниркових каналцях. Супутній дефіцит магнію може не тільки посилювати гіпокаліємію, але й робити її стійкою до лікування калієм [12].

Отже, дефіцит магнію має значний вплив на здоров'я дитини та є актуальною проблемою клінічної практики. Магній відіграє значну роль у функціонуванні багатьох метаболічних, синтетичних, енергетичних процесів в організмі дитини. Більшість соматичних захворювань, а також поствірусний астеничний синдром можуть супроводжуватися недостатністю магнію, тому потребують дослідження рівня магнію в організмі і проведення корекції магнійдефіцитного стану.

Для цього доцільно проводити дієтичні заходи, зокрема, споживання їжі зі збільшеним рівнем магнію і фармакотерапію. Додаткове застосування магнію у вигляді дієтичних добавок за наявності показань дає змогу впливати на різні ланки патогенезу багатьох захворювань, пов'язаних із дефіцитом магнію, із порушеннями енергетичного та електролітного обміну, а також сприяти відновленню адаптаційних резервів організму.

*Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.*

## REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

- Ahmed F, Mohammed A. (2019). Magnesium: the forgotten electrolyte — a review on hypomagnesemia. *Medical Sciences*. 7 (4): 56.
- Barna OM, Kalinichenko MA. (2021). Asthenic syndrome: new challenges — a new approach. *Medicine of Ukraine*. 4 (250): 25–29.
- Bhurat R, Premkumar S, Manokaran RK. (2022). Serum magnesium levels in children with and without migraine: A cross-sectional study. *Indian Pediatrics*. 59 (8): 623–625.
- Caronna E, Pozo-Rosich P. (2021). Headache during COVID-19: Lessons for all, implications for the International Classification of Headache Disorders. *Headache*. 61 (2): 385.
- Cleveland Clinic. (2023). Magnesium-Rich Food Information. URL: <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/15650-magnesium-rich-food>.
- Di Nicolantonio JJ, O'Keefe JH, Wilson W. (2018). Subclinical magnesium deficiency: a principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Open heart*. 5 (1): e000668.
- Dotan A, David P, Arnheim D, Shoenfeld Y (2022). The autonomic aspects of the post-COVID19 syndrome. *Autoimmunity Reviews*. 21 (5): 103071.
- Elin RJ. (1987). Assessment of magnesium status. *Clin. Chem*. 33: 1965–1970.
- Escobedo-Monge MF, Barrado E, Parodi-Román J, Escobedo-Monge MA, Torres-Hinojal MC, Marugán-Miguelsanz JM. (2022). Magnesium Status and Ca/Mg Ratios in a Series of Children and Adolescents with Chronic Diseases. *Nutrients*. 14 (14): 2941.
- Glasdam SM, Glasdam S, Peters GH. (2016). The importance of magnesium in the human body: a systematic literature review. *Advances in clinical chemistry*. 73: 169–193.
- He FJ, MacGregor GA. (2008). Beneficial effects of potassium on human health. *Physiologia plantarum*. 133 (4): 725–735.
- Huang CL, Kuo E. (2007). Mechanism of hypokalemia in magnesium deficiency. *Journal of the American Society of Nephrology*. 18 (10): 2649–2652.
- Huang YH, Zeng BY, Li DJ, Cheng YS, Chen TY, Liang HY et al. (2019). Significantly lower serum and hair magnesium levels in children with attention deficit hyperactivity disorder than controls: A systematic review and meta-analysis. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 90: 134–141.
- Hyshchak TV, Marushko YuV. (2012). Stan obminu mahniu u ditei shkilnoho viku na tli somatichnoi patolohii. *Sovremennaya pedyatriya*. 8: 30–33. [Гишчак ТВ, Марушко ЮВ. (2012). Стан обміну магнію у дітей шкільного віку на тлі соматичної патології. *Современная педиатрия*. 8: 30–33].

15. Jahnhen–Dechent W, Ketteler M. (2012). Magnesium basics. Clin. Kidney J. 5: i3–i14.
16. Kyrytsia N. (2012). Asthenic syndrome in convalescents of infectious mononucleosis Epstein–Barr virus etiology. Ukrainian Scientific Medical Youth Journal. 3 (69): 66–68. [Кириця Н. (2012). Астенічний синдром у дітей-реконвалесцентів інфекційного мононуклеозу Епштейна–Барр вірусної етіології. Український науково-медичний молодіжний журнал. 3 (69): 66–68].
17. Lopez–Leon S, Wegman–Ostrosky T, del Valle NCA, Perelman C, Sepulveda R, Rebolledo PA et al. (2022). Long COVID in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-analyses. Sci Rep. 12 (1): 9950. doi: 10.1038/s41598-022-13495-5. PMID: 35739136; PMCID: PMC9226045.
18. Marushko YuV, Hyschak TV. (2014). Systemni mekhanizmy adaptatsii. Stres u ditei. Monohrafiia. Kyiv: 138. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2014). Системні механізми адаптації. Стрес у дітей. Монографія. Київ-Хмельницький, Приватна друкарня ФО-П Сторожук ОВ.: 138].
19. Marushko YuV, Hyschak TV. (2016). Obgruntuvannia zastosuvannia preparativ mahniuu v pediatrichnii praktitsii (ohliad literatury). Sovremennaya pedyatriya. 6 (78): 27–32. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2016). Обґрунтування застосування препаратів магнію в педіатричній практиці (огляд літератури). Современная педиатрия. 6 (78): 27–32].
20. Marushko YuV, Hyschak TV, Zlobynets AS. (2012). Zastosuvannia kombinovanoho preparatu mahniuu ta kaliuu u kompleksnii terapii ditei z dyskineziieiu zhovchovyidnykh shliakhiv ta kardiometabolichnymu porushenniamy. Sovremennaya pedyatriya. 7 (47): 1–6. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ, Злобинець АС. (2012). Застосування комбінованого препарату магнію та калію у комплексній терапії дітей з дискінезією жовчовивідних шляхів та кардіометаболічними порушеннями. Современная педиатрия. 7 (47): 1–6].
21. Marushko YuV, Hyschak TV. (2012). Vmist mahniuu, kharakterystyka astenichnykh proiaviv ta nichnoho snu v ditei iz riznymy formamy pervynnoi arterialnoi hipertenzii. Zdorove rebenka. 7: 42. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2012). Вміст магнію, характеристика астенічних проявів та нічного сну в дітей із різними формами первинної артеріальної гіпертензії. Здоров'я ребенка. 7: 42].
22. Marushko YuV, Hyschak TV. (2013). Efektyvnist zastosuvannia Mahne V6 pry astenichnomu syndromi i porushenniakh nichnoho snu u ditei. Sovremennaya pedyatriya. 6 (53): 37–44. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2013). Ефективність застосування Магне В6 при астенічному синдромі і порушеннях нічного сну у дітей. Современная педиатрия. 6(53): 37–44].
23. Marushko YuV, Hyschak TV. (2013). Mahnii ta yoho znachennia dlia dytiachoho orhanizmu. Dytiachyi likar. 1: 9–13. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2013). Магній та його значення для дитячого організму. Дитячий лікар. 1: 9–13].
24. Marushko YuV, Kostynska NG, Hyschak TV, Marushko TV. (2022). The biological role of chromium and the impact of changes in its content on the course of obesity and hypertension in children (literature review, own research). Modern Pediatrics. Ukraine. 3 (123): 73–79. [Марушко ЮВ, Костинська НГ, Гишак ТВ, Марушко ТВ. (2022). Біологічна роль хрому і вплив змін його вмісту на перебіг ожиріння та артеріальної гіпертензії в дітей (огляд літератури, власні дослідження). Сучасна педіатрія. Україна. 3 (123): 73–79]. doi: 10.15574/SP.2022.123.73.
25. Marushko YuV, Asonov AO, Hyschak TV. (2019). Rol mahniuu v orhanizmi liudyny ta vplyv zmenshenoho vmistu mahniuu na yakist zhyttia ditei iz gastroeozofahealnoiu refluksoiu khvoroboiu. Sovremennaya pedyatriya. 1 (97): 124–130. [Марушко ЮВ, Асонов АО, Гишак ТВ. (2019). Роль магнію в організмі людини та вплив зменшеного вмісту магнію на якість життя дітей із гастроєзофагеальною рефлюксною хворобою. Современная педиатрия. 1 (97): 124–130].
26. Marushko YuV. (2016). Rol ta mistse defitsytu mahniuu v rozvytku vehetosudynnoi dysfunksii u ditei. Zdorove rebenka. 4: 43–48. [Марушко ЮВ. (2016). Роль та місце дефіциту магнію в розвитку вегетосудинної дисфункції у дітей. Здоров'я ребенка. 4: 43–48].
27. Meyers LD, Suitor CW. (Eds.). (2007). Dietary reference intakes research synthesis: workshop summary. National Academies Press. URL:
28. Nieder R, Benbi DK, Reichl FX. (2018). Microelements and their role in human health. In Soil Components and Human Health. Springer, Dordrecht: 317–374.
29. Ohyama T. (2019). New aspects of magnesium function: a key regulator in nucleosome self-assembly, chromatin folding and phase separation. International journal of molecular sciences. 20 (17): 4232.
30. Ozmen H, Akarsu S, Polat F, Cukurovali A. (2013). The levels of calcium and magnesium, and of selected trace elements, in whole blood and scalp hair of children with growth retardation. Iranian Journal of Pediatrics. 23 (2): 125.
31. Pickering RT, Bradlee ML, Singer MR, Moore LL. (2021). Higher intakes of potassium and magnesium, but not lower sodium, reduce cardiovascular risk in the Framingham Offspring Study. Nutrients. 13 (1): 269.
32. Reddy P, Edwards LR. (2019). Magnesium supplementation in vitamin D deficiency. American journal of therapeutics. 26 (1): e124–e132.
33. Ross CA, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR. (2014). Modern Nutrition in Health and Disease. 11th ed. Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, MD, USA: 159–175.
34. Seluk MM, Kosachok MM, Lovkin IM, Seluk OV, Yavorska IS, Pylypenko MA. (2022). The use of a complex based on magnesium and potassium (Panzikor) on the course of arterial hypertension of I–II stage 1–2 degree with hypokalemia. Modern Pediatrics. Ukraine. 7 (127): 134–139. [Селюк ММ, Козачок ММ, Льовкін ІМ, Селюк ОВ, Яворська ІС, Пилипенко МА. (2022). Застосування комплексу на основі магнію та калію (Панцикор) на перебіг артеріальної гіпертензії I–II стадії 1–2-го ступеня з гіпокаліємією. Сучасна педіатрія. Україна. 7 (127): 134–139]. doi: 10.15574/SP.2022.127.134.
35. Song J, She J, Chen D, Pan F. (2020). Latest research advances on magnesium and magnesium alloys worldwide. Journal of Magnesium and Alloys. 8 (1): 1–41.
36. Suslyk HI, Lishchuk OZ. (2016). Stan makro- ta mikroelementnoho zabezpechennia u khvorykh na tsukrovyy diabet 2 typu z ozhynniam. Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny. (2): 140–140. [Суслик ГІ, Ліщук ОЗ. (2016). Стан макро-та мікроелементного забезпечення у хворих на цукровий діабет 2 типу з ожирінням. Здобутки клінічної і експериментальної медицини. (2): 140–140].
37. Tang CF, Ding H, Jiao RQ, Wu XX, Kong LD. (2020). Possibility of magnesium supplementation for supportive treatment in patients with COVID-19. European Journal of Pharmacology. 886: 173546.
38. Vysochynal I, Kramarchuk VV, Yashkina TO. (2021). Postvirusnyi astenichnyi syndrom u ditei: chy potrebna dopomoha? Zdorov'e Rebenka. 16 (6): 425–434. [Височина ІЛ, Крамарчук ВВ, Яшкіна ТО. (2021). Поствірусний астенічний синдром у дітей: чи потрібна допомога? Здоров'я дитини. 16(6): 425–434].
39. Weaver CM. (2013). Potassium and health. Advances in Nutrition. 4 (3): 368S–377S.
40. World Health Organization. (2012). Guideline: potassium intake for adults and children. World Health Organization. URL:

#### Відомості про авторів:

**Марушко Юрій Володимирович** — д.мед.н, проф., зав. каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульв. Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0001-8066-9369>.

**Гишак Тетяна Віталіївна** — д.мед.н, проф. каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульв. Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0002-7920-7914>.

**Дмитришин Ольга Андріївна** — асистент каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульв. Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0002-5550-7234>.

**Дмитришин Богдана Ярославівна** — к.мед.н., доц. каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульв. Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0002-2360-6609>.

**Мика Марина Юріївна** — зав. педіатричним відділенням КНП «Дитяча клінічна лікарня № 5 Святошинського району м. Києва». Адреса: м. Київ, бульв. Академіка Вернадського, 23.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2023 р., прийнята до друку 06.09.2023 р.