

УДК 546.28:613.31

DOI <https://doi.org/10.32782/pub.health.2023.3.3>

**Бабієнко Володимир Володимирович,**  
доктор медичних наук, професор,  
завідувач кафедри гігієни та медичної екології  
Одеського національного медичного університету  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4597-9908>

**Мокієнко Андрій Вікторович,**  
доктор медичних наук, старший науковий співробітник  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4491-0012>

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОРЕКЦІЇ ДЕФІЦИТУ МАГНІЮ ЯК ЕСЕНЦІЙНОГО МАКРОНУТРІЄНТА ТА СТРЕСЛІМУВАЛЬНОГО ФАКТОРУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ)

**Анотація.** Актуальність. Незважаючи на загально визнану важливість магнію, його біодоступність зазвичай не вивчається, а вміст у пацієнтів не контролюється, тому магній називають «забутий катіон». Крім того, рівні магнію в сироватці зазвичай не відображають вміст магнію в різних частинах тіла. Отже, нормальний рівень магнію в сироватці крові не виключає дефіциту магнію. Гіпомagneмія та/або хронічний дефіцит магнію можуть призводити до порушень майже в кожному органі, сприяючи або посилюючи патологічні наслідки і спричиняючи потенційно фатальні ускладнення.

**Мета роботи** – обґрунтувати необхідність визначення та корекції дефіциту магнію як есенційного макро-нутрієнта та стреслімувального фактору.

**Матеріали та методи.** Бібліометричні, аналітичні.

**Результати дослідження.** Аналіз важливості магнію для підтримки хорошого стану здоров'я показав, що це есенційний метаболіт, макро-нутрієнт та фактор суттєвого впливу на різні біохімічні процеси й фізіологічні функції. Визнано важливим поширення дієтичних стратегій, які задовольняють добову рекомендовану норму магнію, та розробку надійних і мінімально інвазивних методів швидкого виявлення дефіциту магнію або для точного моніторингу ефективності його добавок. Показано, що близько в 60% дорослих споживання магнію з їжею є недостатнім і що субклінічний дефіцит магнію – поширене захворювання серед західного населення. Обґрунтовано профілактичну роль магнію щодо соціальних патологій та необхідність добавок магнію при багатьох захворюваннях. Результати власних досліджень дозволили встановити, що станом на 2021 рік (тобто до повномасштабної війни) особи працездатного віку отримували третину від рекомендованої норми магнію. Оскільки війна надзвичайно загострила цю проблему внаслідок стресу та інших соціальних проблем, обґрунтовано необхідність визначення та корекції магнієвого дефіциту з включенням цього складника в програму медичної, фізичної та психологічної реабілітації осіб, які постраждали під час війни.

**Висновки.** Слід уважати обґрунтованою необхідністю визначення та корекції магнієвого дефіциту.

**Ключові слова:** магній, баланс, біодоступність, захворювання, дефіцит, корекція.

## Babienko V. V., Mokienko A. V. RATIONALE FOR DETERMINING AND CORRECTING MAGNESIUM DEFICIENCY AS AN ESSENTIAL MACRONUTRIENT AND STRESS-LIMITING FACTOR (REVIEW OF LITERATURE AND RESULTS OF OWN RESEARCH)

**Topicality.** Despite the generally accepted importance of magnesium, its bioavailability is usually not studied and its content is not monitored in patients, so magnesium is called a “forgotten cation”. In addition, serum magnesium levels usually do not reflect magnesium levels in different parts of the body. Therefore, a normal level of magnesium in the blood serum does not exclude magnesium deficiency. Hypomagnesemia and / or chronic magnesium deficiency can lead to disorders in almost every organ, contributing to or exacerbating pathological consequences and causing potentially fatal complications.

**The goal of the work** is to justify the need to determine and correct magnesium deficiency as an essential macronutrient and stress-limiting factor.

**Materials and methods.** Bibliometric, analytical.

**Research results.** Analysis of the importance of magnesium for maintaining good health has shown that it is an essential metabolite, macronutrient, and a significant influence factor on various biochemical processes and physiological functions. The dissemination of dietary strategies that meet the recommended daily intake of magnesium and the

development of reliable and minimally invasive methods for rapid detection of magnesium deficiency or for accurate monitoring of the effectiveness of its supplements are recognized as important. Approximately 60% of adults have been shown to have insufficient dietary magnesium intake, and subclinical magnesium deficiency is a widespread disease in the western population. The preventive role of magnesium in relation to social pathologies and the need for magnesium supplementation in many diseases are substantiated. The results of their own research allowed us to establish that as of 2021 (that is, before the war), people of working age received a third of the recommended norm of magnesium. Since the war has greatly aggravated this problem as a result of stress and other social problems, the need to identify and correct magnesium deficiency with the inclusion of this component in the programs of medical, physical and psychological rehabilitation of persons affected during the war is justified.

**Conclusion.** The need to determine and correct magnesium deficiency should be considered reasonable.

**Key words:** magnesium, balance, bioavailability, disease, deficiency, correction.

**Вступ.** Магній є четвертим за поширеністю елементом в організмі людини ( $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ ) та другим за поширеністю катіоном у клітинах організму після калію. Незважаючи на загально визнану важливість магнію, його біодоступність зазвичай не вивчається, а вміст у пацієнтів не контролюється, тому магній називають «забутий катіон» [1]. Крім того, рівні магнію в сироватці зазвичай не відображають вміст магнію в різних частинах тіла. Тому нормальний рівень магнію в сироватці крові не виключає дефіциту магнію [2]. За останні 20–30 років велика кількість епідеміологічних, клінічних та експериментальних досліджень показала, що порушення рівня магнію, як-от гіпомагніємія та/або хронічний дефіцит магнію, можуть призводити до порушень майже в кожному органі, сприяючи або посилюючи патологічні наслідки і спричиняючи потенційно фатальні ускладнення [3].

**Мета та завдання.** Обґрунтувати визначення та корекцію дефіциту магнію як есенційного макронутрієнта та стреслімітувального фактору.

**Методи дослідження.** Бібліометричні, аналітичні.

**Результати дослідження.** Субклінічний дефіцит магнію не рідкість серед населення загалом [2]. Звичайне низьке споживання магнію або надмірні втрати через різні причини та стани можуть призвести до субклінічної недостатності магнію. Ранні ознаки дефіциту магнію передбачають слабкість, втрату апетиту, стомлюваність, нудоту та блювання. Після цього при посиленні дефіциту магнію можуть виникати м'язові скорочення та судоми, оніміння, поколювання, зміни особистості, коронарні спазми, порушення серцевого ритму й судоми. Нарешті, тяжкий дефіцит магнію може призвести до гіпокальціємії або гіпокаліємії через порушення мінерального гомеостазу.

Гіпомагніємія зазвичай визначається як концентрація магнію в сироватці  $<0,75$  ммоль/л, проте є різні побоювання щодо використання цього параметра як маркера реального вмісту магнію в клітинах / тілі [4].

**Біохімія магнію для розуміння наслідків його дефіциту.** Приблизно половина магнію, наявного в організмі, міститься в кістках, 30% з яких є обмінними і функціонують як пул для стабілізації концентрації  $\text{Mg}^{2+}$  у сироватці.  $\text{Mg}^{2+}$  вивільняється в процесі резорбції кістки. Інша половина магнію локалізована в м'яких тканинах, водночас  $<1\%$  присутній у крові та бере участь у перенесенні енергії, метаболізмі глюкози, ліпідів і білків, стабільності ДНК, РНК та проліферації клітин.

Нині в базах даних ферментів зареєстровано понад 600 ензимів, де  $\text{Mg}^{2+}$  є кофактором, а для 200 – активатором [4]. Зокрема, він переважно взаємодіє безпосередньо із субстратом, а не діє як справжній кофактор.

Участь магнію в багатьох клітинних процесах докладно представлено на рис. 1, який пояснює, чому зазвичай низьке споживання магнію спричиняє зміни в біохімічних шляхах, що із часом можуть призвести до підвищеного ризику захворювання.

Комплекс  $\text{MgATP}_2$  необхідний для активності багатьох ферментів. Загалом  $\text{Mg}^{2+}$  діє як кофактор у всіх реакціях, пов'язаних з використанням та переносом АТФ, включно з клітинними відповідями на фактори росту та проліферацію клітин, беручи участь майже у всіх процесах у клітинах. Доступність  $\text{Mg}^{2+}$  є критичною проблемою для вуглеводного обміну, що може пояснити його роль при цукровому діабеті типу 2.

$\text{Mg}^{2+}$  необхідний для формування правильної структури та активності ДНК- та РНК-полімераз. Крім того, топоізомерази, хелікази, екзонуклеази та великі групи АТФаз потребують  $\text{Mg}^{2+}$  для своєї активності, тому  $\text{Mg}^{2+}$  необхідний для реплікації ДНК, транскрипції РНК та утворення білків, беручи участь у контролі клітинної проліферації. До того ж  $\text{Mg}^{2+}$  має вирішальне значення для підтримки геномної та генетичної стабільності, стабілізації природної конформації ДНК та діє як кофактор майже для кожного ферменту, який бере участь в ексцизійній репарації нуклеотидів. Зважаючи на ці ефекти, низька доступність  $\text{Mg}^{2+}$  може бути пов'язана з розвитком раку [5].

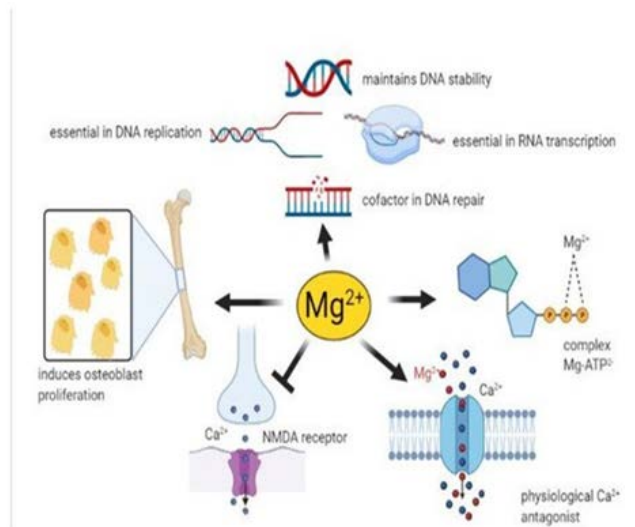


Рис. 1. Біохімічна участь магнію в багатьох клітинних процесах (BioRender.com) [цит. за 4]

Концентрації  $Mg^{2+}$  у сироватці тісно пов'язані з кістковим метаболізмом;  $Mg^{2+}$  із кісткової поверхні постійно обмінюється з  $Mg^{2+}$  крові. Крім того,  $Mg^{2+}$  індукує проліферацію остеобластів, тому наслідками дефіциту  $Mg^{2+}$  є прискорена втрата кісткової маси та зниження кісткоутворення.

$Mg^{2+}$  бере участь у контролі активності деяких іонних каналів у багатьох тканинах. Крім того,  $Mg^{2+}$  діє як фізіологічний антагоніст  $Ca^{2+}$  всередині клітин, оскільки він може конкурувати з  $Ca^{2+}$  за сайти зв'язування в білках та транспортерах  $Ca^{2+}$ . Це пов'язано з впливом магнію на серцево-судинну систему, м'язи і мозок.

Концентрації магнію в нейронах знижують збудливість рецептора N-метил-D-аспартату (NMDA), який необхідний для синаптичної передачі та пластичності нейронів при навчанні та запам'ятовуванні. Магній блокує кальцієвий канал у рецепторі NMDA і має бути видалений для глутаматергічного збудливого передавання сигналів. Низькі рівні  $Mg^{2+}$  у сироватці підвищують активність рецепторів NMDA, посилюючи вплив  $Ca^{2+}$  та  $Na^{+}$  та збудливість нейронів. Через це дефіцит  $Mg^{2+}$  виявлено при багатьох неврологічних розладах, як-от мігрень, хронічний біль, епілепсія, хвороба Альцгеймера, хвороба Паркінсона та інсульт, а також тривога й депресія [4–6].

#### **Стратегії харчування для уникнення дефіциту магнію**

Магній є важливою поживною речовиною для живих організмів, тому він повинен регулярно надходити з нашого раціону, щоб досягти рекомендованого споживання, запобігаючи дефіциту.

Отже, важливо не тільки виявити можливі джерела магнію, а й оцінити біодоступність та фактори, які можуть впливати на його всмоктування та виведення.

Поступовий перехід від дісти, заснованої виключно на молоці, до дісти, що містить інший набір сімейних продуктів, який відбувається протягом 6–24 місяців життя, потребує споживання здорового та збалансованого харчування. Хоча адекватне споживання мікронутрієнтів має вирішальне значення в цей чутливий період росту та розвитку, недостатнє споживання деяких мікронутрієнтів спостерігається й у промислово розвинених країнах. Щодо магнію, то рекомендації ВООЗ/ФАО, Американської національної медичної академії та Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA) щодо потреб немовлят були засновані на оцінках споживання [7–9].

Зважаючи на всі дані, отримані в результаті проспективних обсерваційних досліджень та досліджень балансу, група EFSA в останній версії Наукового висновку про рекомендовані значення дієтичного харчування (DRV) для магнію (2015 р.) [10] вирішила встановити адекватне споживання (AI) на основі спостережень у дев'яти країнах Європейського Союзу (Італія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Ірландія, Латвія, Нідерланди, Швеція та Великобританія). Група запропонувала встановити AI залежно від статі для дорослих різного віку. З огляду на розподіл середніх значень споживання, що спостерігаються, комісія запропонувала значення AI залежно від статі та віку, як зазначено в табл. 1.

Таблиця 1

**Рекомендації щодо споживання магнію, виражені в термінах: референтне споживання для населення (PRI), середня потреба (AR), рекомендована дістична норма (RDA) – дістичне референтне споживання (DRI), дістичні референтні значення (DRV) – адекватне споживання (AI), «Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed energia per la popolazione italiana» (LARN) і допустимий верхній рівень споживання (UL).**

Вік	PRI (мг)	AR (мг)	UL* (мг)	RDA-DRI (мг)	DRV-AI (мг)	LARN (мг)
Від народження до 6 місяців	-		Nd	30		
Немовлята 7–12 місяців	80	Nd	Nd	75	80	80
Діти 1–3 роки	80	65	250	80	170	80
Діти 4–6 років	100	85	250	130	230	100
Діти 7–12 років	150	130	250	240	230	150
Хлопці-підлітки 11–18 років	240	170–200	250	410	300	240
Дівчата-підлітки 11–18 років	240	170–200	250	360	250	240
Чоловіки	240	170	250	400–420	350	240
Жінки	240	170	250	310–320	300	240
Вагітні	240	170	250	360–400	300	240
Грудне вигодовування	240	170	250	310–360	300	240

\* значення UL стосується магнію, що приймається у формі фармацевтичних препаратів або харчових добавок, на додаток до вмісту магнію, який уже наявний у раціоні.

Спортсменам рекомендується споживати підвищену кількість калію та магнію. Зокрема, 420 мг/день для чоловіків та 320 мг/день для жінок, зважаючи на віковий діапазон 19–50 років [2]. Зазвичай ниркова елімінація містить приблизно 100 мг  $Mg^{2+}$ /день, тоді як втрати через піт зазвичай невеликі. Однак при інтенсивних фізичних навантаженнях ці втрати можуть значно зрости. Оскільки  $Mg^{2+}$  активує ферменти, що беруть участь у синтезі білка та в метаболізмі АТФ, а рівні  $Mg^{2+}$  у сироватці знижуються при фізичних навантаженнях, то добавки магнію можуть покращити енергетичний обмін та доступність АТФ.

Крім спортсменів, від дефіциту магнію страждають такі групи ризику.

1. Літні люди поглинають менше магнію з кишечника і втрачають більше магнію через підвищену ниркову екскрецію. Хронічний дефіцит магнію дійсно часто трапляється в людей похилого віку, як правило, через зниження як засвоєння їжі, так і кишкової абсорбції, і він, ймовірно, посилюється дефіцитом естрогенів, що виникає у жінок і чоловіків, які старіють, і викликає гіпермагнезурію. У недавньому всебічному огляді [11] Lo Piano et al. підкреслюють ризик та наслідки зниження споживання та засвоєння магнію літніми людьми.

2. Особи, які страждають від шлунково-кишкових захворювань з подальшою загальною мальабсорбцією, як-от хвороба Крона [12],

запальні захворювання кишечника [13] та целиакія [14]. Зокрема, крім неефективності всмоктування через глютену хворобу, виявлено, що безглютенова дієта бідна на клітковину й мікроелементи, як-от магній [15]. Так, люди, які мають глютену хворобу, є типовим прикладом суб'єктів, особливо сприйнятливих до дефіциту магнію, оскільки вони одночасно піддаються впливу двох факторів ризику.

3. Люди, які страждають від діабету 2-го типу. Хоча досі залишається незрозумілим, чи є дефіцит магнію причиною або наслідком цієї патології [16].

4. Люди, які вживали алкоголь, алкоголіки або особи, які страждають на тривалий алкоголізм і, як наслідок, на кишкову мальабсорбцію. Спиртні напої (брєнді, коньяк, джін, ром, горілка та віскі) не містять значних слідів магнію. Етанол, як магнєзуретик, викликає дисфункцію проксимальних каналців і збільшує втрату магнію із сечею, причому ця дія швидка і звичайна для людей з негативним балансом магнію [17].

5. Люди, які лікуються певними фармпрепаратами, як-от діуретики, інгібітори протонної помпи, такролімус, імуносупресори, хіміотерапевтичні засоби та деякі препарати на основі фосфатів [18].

Утім, важливо зазначити, що більшість зовні здорових людей ризикують отримати недостатнє споживання магнію через зниження його вмісту в сучасній західній дієті, яка характеризується

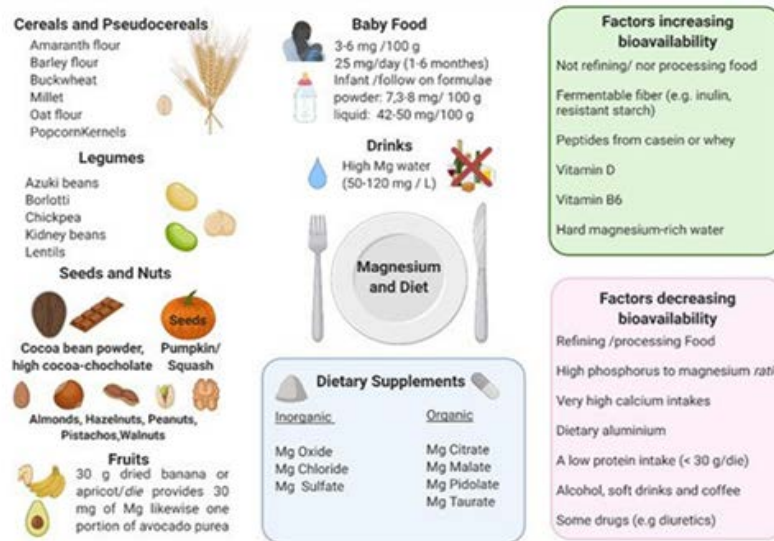


Рис. 2. Магній та дієта. Схематично представлені основні джерела магнію, добавки магнію та фактори, що підвищують або знижують біодоступність магнію (BioRender.com) [цит. за 4].

широким використанням демінералізованої води, оброблених харчових продуктів та сільськогосподарських методів, у яких використовується недостатня кількість магнію для вирощування продуктів харчування [19]. Повідомляється, що близько 75% населення Іспанії виявили споживання магнію нижче ніж 80% національних та європейських добових рекомендованих доз [20]. Дані про харчові звички людей показують, що споживання магнію нижче за рекомендовану кількість як у Сполучених Штатах, так і в Європі. Епідеміологічні дослідження показали, що люди, які дотримуються дієти західного типу, отримують недостатню кількість мікронутрієнтів і, зокрема, магнію, яка становить <30–50% від рекомендованої добової норми. Відповідно, споживання магнію з їжею в Сполучених Штатах за останні 100 років знизилося приблизно з 500 мг/день до 175–225 мг/день [21]. Аналогічне зниження щоденного споживання магнію в людей, які дотримуються західної дієти, як повідомляється в недавньому огляді Cazzola et al. [19].

#### **Вміст магнію в їжі та біодоступність**

Вважається, що магній широко поширений у харчових продуктах, хоча на кількість магнію в них впливають різні фактори, включно з ґрунтом і водою, що використовується для зрошення, вдобрювання, консервування, а також методи очищення, обробки та приготування їжі. Бобові, горіхи (мигдаль, кеш'ю, бразильські горіхи та арахіс), цільнозерновий хліб та крупи (коричневий рис, просо), деякі фрукти та какао вважаються достатніми джерелами магнію. Утім, кис-

лий, легкий і піщаний ґрунт зазвичай має дефіцит магнію. До того ж сільськогосподарські методи, як-от використання калію та амонію у високих концентраціях у добривах, призводять до виснаження запасів магнію в продуктах харчування. Нещодавно було опубліковано метааналіз впливу добрив на вміст магнію в ґрунті [21].

Деякі методи обробки харчових продуктів, як-от варіння овочів та очищення зерна з подальшим видаленням зародків та висівок, призводять до значного зниження вмісту магнію. Втрати магнію при переробці харчових продуктів значні: біле борошно (-82%), шліфований рис (-83%), крохмаль (-97%) та білий цукор (-99%). З 1968 р. відбулося зниження вмісту магнію в пшениці на 20%, ймовірно, через кислий ґрунт та незбалансоване використання добрив (високий рівень азоту, фосфору та калію) [22]. Гідросфера (тобто моря та океани) є найбагатшим джерелом біологічно доступного магнію (близько 55 ммоль/л). Нерафінована морська сіль дійсно багата на магній, який становить приблизно 12% від маси натрію, хоча в рафінованій солі, яка зазвичай наявна в продуктах харчування і додається для приготування їжі на промисловому або домашньому рівні, магній відсутній [2; 18]. Так, західна дієта, що характеризується легкою в приготуванні їжею та фастфудом, як-от рафінована та оброблена їжа з майже повною відсутністю бобових та насіння, зумовлює дефіцит магнію в здорових людей.

Важливо відзначити, що кількісна оцінка вмісту поживних речовин у харчових продуктах повинна піддаватися критичному аналізу,

Таблиця 2

**Захворювання, пов'язані з дефіцитом магнію та його токсичністю.**

Дефіцит магнію	Токсичність магнію
Гіпокальціємія, гіпокаліємія	Діарея, нудота і блювання
Остеопороз	М'язова слабкість
Серцево-судинні порушення	Низький артеріальний тиск
Неврологічні розлади	Втрата глибоких сухожильних рефлексів
Цукровий діабет	Блокада синоатріального або атріовентрикулярного вузла
Пухлини	Параліч дихання
COVID-19	Зупинка серця

оскільки також слід брати до уваги біодоступність поживних речовин та кількість поживних речовин у харчових порціях. Внутрішні та зовнішні фактори справді можуть помітно впливати на біодоступність поживних речовин, наявних у харчових та нехарчових джерелах поживних речовин. Крім того, дійсно необхідно враховувати реальне потенційне споживання нутрієнта з певною їжею в здоровій та збалансованій дієті.

Приблизно від 30% до 40% магнію, що споживається з їжею, зазвичай засвоюється організмом. Фактори, які можуть сприяти або перешкоджати засвоєнню магнію, схематично представлені на рис. 2.

Загалом продукти з харчовими волокнами, що не ферментуються, дійсно мають високий вміст магнію, проте їх біодоступність низька. Навпаки, ферментовані низько- або неперетравлювані вуглеводи (наприклад, інулін, олігосахариди, резистентний крохмаль, маніт та лактулоза) посилюють поглинання  $Mg^{2+}$  [23].

Серед сполук, які можуть негативно впливати на засвоєння магнію, виокремлюють фітати та оксалати, фосфор, дуже високе споживання кальцію, алюміній, пептиди з казеїну або сироватки, високі дози цинку. Вітаміни D і B6 відіграють сприятливу роль в абсорбції  $Mg^{2+}$ .

Вміст магнію у водопровідній / бутильованій воді може бути значним фактором його споживання. Водопровідна, мінеральна та бутильована вода дійсно можуть бути джерелами магнію, але кількість магнію у воді залежить від джерела та марки (від 1 мг/л до більш ніж 120 мг/л). Магній у питній воді дійсно може бути джерелом задоволення потреб організму в магнії, оскільки він має високу біодоступність. Дослідження, проведене Sabatier et al., продемонструвало більш високу біодоступність магнію при вживанні мінеральної води, багатой на  $Mg^{2+}$  [24].

Вода, багата магнієм, може забезпечити до 30% денної норми. Однак магній майже відсутній у м'якій воді. Європейські правила для питної

води загального користування стосуються вмісту магнію. Однак щодо природної мінеральної води стандарт Кодексу не стосується вмісту магнію. Європейські правила щодо бутильованої питної води вказують, що на етикетці може бути зазначено, що вона багата на магній, якщо вона містить його більше ніж 50 мг/л (Директива 2009/54/ЄС Європейського парламенту та Ради від 18 червня 2009 р. щодо експлуатації та маркетингу природних мінеральних вод).

Дефіцит магнію не пов'язаний зі здоровим станом, проте слід уникати надмірного невибіркового лікування, що веде до значної гіпермагніємії, щоб запобігти ризику захворювань, пов'язаних з токсичними ефектами магнію. Захворювання, пов'язані з дефіцитом магнію та токсичністю, узагальнено в табл. 2.

Якщо надходження трохи перевищує добову потребу, всмоктування магнію з кишечника знижується. Активна ниркова секреція із сечею може перевищувати 100% фільтрованого навантаження. Надлишок магнію з їжі не становить ризику в здорових людей, оскільки нирки виводять надмірну кількість із сечею. Високі дози магнію з харчових добавок, ліків або інших джерел часто можуть викликати діарею, що супроводжується нудотою та спазмами в животі. Як повідомлялося раніше, препарати магнію, які найчастіше викликають діарею, містять карбонат, хлорид, глюконат й оксид магнію [18].

**Методи оцінки статусу магнію**

Перший огляд про взаємозв'язок магнію і здоров'я опубліковано в 1965 році [25]. Оскільки важливість магнію для здоров'я людини (і тварин) була зрозуміла, поставлено два питання: що відображає статус магнію і в якій саме формі магній «працює»? Іншими словами, що краще розглядати – іонізований вільний  $Mg^{2+}$  або його загальну кількість, що містить як вільний іон, так і фракції, пов'язані з клітинними й позаклітинними елементами? Ці два питання тісно взаємопов'язані, і, ймовірно, неможливо дати одну відповідь,

оскільки вона залежить від кількох аспектів, як це чітко зазначено в літературі [26].

Очевидно, що найлегше одержати зразки, отримані із сечі чи крові. Сечу відносно просто зібрати, але вміст у ній магнію залежить від декількох факторів, як-от гормони або ліки, а також від складного гомеостазу між їжею та мобілізацією, здебільшого з кісток та/або м'язів. Вік і стать також впливають на екскрецію із сечею. Крім того, більш надійними є зразки сечі, зібрані за 24 години, але часто зразок сечі містить першу ранкову сечу. Через це рівень магнію в сечі, мабуть, погано корелює зі статусом магнію в організмі [2; 4; 18].

#### **Дефіцит магнію та хвороби з високим соціальним впливом**

За останні 30 років кілька експериментальних, клінічних та епідеміологічних досліджень показали, що хронічний дефіцит магнію пов'язаний із багатьма серйозними захворюваннями та/або посилює їх [18]. Більшість із них є відомими «соціальними патологіями» (діабет, остеопороз, серцево-судинні захворювання, рак та неврологічні розлади), які значно впливають на життя постраждалих та їхніх сімей, а також на економіку та соціальне життя суспільства.

Соціальний вплив хвороби можна визначити як «зв'язок між біологічною подією, її сприйняттям пацієнтом та лікарем-практиком і колективними зусиллями, спрямованими на надання когнітивному та політичному сенсу цих сприйнятів» [4]. Утім, комплексна та реальна картина соціальних наслідків хвороби повинна враховувати як прямі, так і непрямі витрати на економічну систему. Прямі витрати є вартістю ресурсів, які використовують для запобігання, виявлення та лікування порушень здоров'я або їх наслідків. Непрямі витрати – це витрати для осіб, які працюють, і, у випадку пацієнтів з інвалідністю, осіб, які доглядають за ними, включно з вартістю продукції, втраченої для суспільства через відсутність на роботі, зниження працездатності та смерті людей працездатного віку [4]. Патологія чинить множинні ефекти, що залучають концентричні кола суб'єктів – від безпосередньо залученого пацієнта до його зв'язкових мереж.

Щораз більша кількість наукових даних підтверджує думку, що низьке споживання магнію може викликати зміни в біохімічних сигнальних шляхах, збільшуючи ризик захворювання із часом. Серед кількох робіт, присвячених соціальним наслідкам дефіциту магнію, слід зазначити недавнє дослідження. У ньому стверджується, що субклінічний дефіцит магнію збільшує ризик бага-

тьох видів серцево-судинних захворювань, обтяжує країни в усьому світі незліченними витратами на охорону здоров'я та стражданнями і має розглядатися як криза суспільної охорони здоров'я [4]. У цьому контексті важливо повторити, що гостра гіпомагніємія має чіткі клінічні ознаки (сильні судоми, ністагм, серцеві аритмії тощо) та легко виявляється. Субклінічний чи хронічний дефіцит магнію часто недооцінюють, оскільки він відбиває зниження рівня магнію в клітинах і кістках, а не в позаклітинному магнії [18].

Рівні магнію слід регулярно вимірювати не тільки в пацієнтів у критичному стані, а й загалом у людей з ризиком хронічної гіпомагніємії, враховуючи, що її діагностика недорога та її легко лікувати. Такий підхід дозволив би запобігти виникненню захворювань із високим соціальним впливом і, зрештою, поліпшити їх результат, зберігаючи значні ресурси для всього співтовариства, як-от великі заощадження, які можна було б отримати за рахунок зниження захворюваності та смертності від діабету. Насправді це захворювання лягає на суспільство значним тягарем, що передбачає високі медичні витрати, зниження продуктивності праці, передчасну смертність та нематеріальні витрати у вигляді зниження якості життя. Повідомлялося, що витрати на діабет у США з 2012 до 2017 року збільшилися на 26%, а саме з 245 до 327 мільярдів доларів [27]. Таку ж велику користь з точки зору соціального впливу можна було б отримати за рахунок зниження захворюваності на неврологічні розлади, оскільки вони є третьою за поширеністю причиною інвалідності та передчасної смерті в ЄС, а їх тягар і поширеність збільшуватимуться відповідно до прогресивного старіння населення [27].

#### **Результати власних досліджень**

Насамперед слід зазначити відсутність вітчизняних даних літератури щодо гігієнічної оцінки вмісту магнію в продуктах харчування та рівнів його надходження в організм. Аналіз вітчизняної та закордонної наукової й довідкової літератури дозволив, по-перше, порівняти вміст магнію в різних продуктах харчування за різними джерелами, по-друге, вирахувати рівні «нетто» магнію, який надходить в організм у «чистому» вигляді з урахуванням відсотка його абсорбції в кишечнику здорової людини і відсотка втрат магнію в процесі кулінарної обробки харчових продуктів.

Загалом проаналізовано на вміст магнію 58 груп харчових продуктів (823 найменування) за вітчизняними довідковими даними; 23 найменування за Комплексною базою даних про споживання харчових продуктів у Європі; 30 найменувань за даними

Міністерства сільського господарства США та 9 за іншими джерелами США. Встановлено певну схожість даних щодо вмісту магнію для деяких харчових продуктів США та вітчизняних даних. Представлено характеристику втрат магнію в процесі кулінарної обробки харчових продуктів. Проведено розрахунок вмісту магнію в продуктах харчування місячного споживчого кошика працездатної особи у 2021 році та залишок його в деяких продуктах після кулінарної обробки, яка загалом зменшувала вміст магнію від 441 до 379 мг, тобто на 14%. Це збігається з довідковими даними (13%). Розраховано «нетто» спожитого магнію з урахуванням 35% його абсорбції в здорових осіб. Це становить 133 мг/добу, тобто 33% та 27% від нормативних величин 400 на 500 мг для чоловіків та жінок відповідно.

Окремого розгляду потребує проблема «магній і стрес» [29]. Під час війни населення потерпає від можливих і відомих видів стресу, одним із наслідків якого є персистувальний дефіцит магнію, зумовлений як його нестачею в продуктах харчування, так і постійним виведенням за рахунок включення в різні стресмінімізуювальні реакції. Аналіз літератури свідчить про зв'язок гіпомагніємії зі стресовими станами. Зокрема, це фотосенситивний головний біль, фіброміалгія, синдром хронічної втоми, аудіогенний, холододовий і фізичний стрес. Виявлено низку потенційних механізмів дії магнію, зокрема через глутаматергічні, серотонінергічні та адренергічні нейромедіаторні системи, а також через кілька нейрогормонів. Розглядається зв'язок між дефіцитом магнію та стресом, зосереджуючись на зв'язку між магнієм і різними патологіями стресу, потенційній взаємодії магнію зі стресовими шляхами та впливі магнію на мозок.

Аналіз літератури дозволив узагальнити 9 основних ознак магнієвого дефіциту.

1. Безсоння. Магній сприяє нормальному функціонуванню нервової системи. Це пов'язано з його участю в синтезі важливого хімічного нейромедіатора в мозку під назвою «гамма-аміномасляна кислота (ГАМК)», який сприяє розслабленню та сну. Встановлено, що приймання 500 мг магнію протягом восьми тижнів перед сном значно зменшує рівень безсоння.

2. Депресія. Магній відіграє роль у гормональній регуляції, сприяє балансу цукру в крові, що може допомогти з проблемами настрою, як-от депресія та тривога. Синтез у мозку серотоніну як позитивного нейромедіатора регулюються магнієм. Нещодавні дослідження показали, що дорослі, які отримували 248 мг магнію на день

протягом шести тижнів, спостерігали значне зниження рівня депресії та тривоги.

3. Мігрень. У Великій Британії одна із семи людей страждає від мігрені. Докази ролі магнію в лікуванні мігрені обмежені, однак вони дуже багатообіцяльні. Додаткове приймання магнію суттєво зменшує тяжкість і частоту симптомів. Цей вплив, ймовірно, пов'язаний з гормональною регуляцією та міорелаксувальною дією.

4. Бажання шоколаду. Експерти вважають, що бажання шоколаду може бути ознакою дефіциту магнію. Наприклад, рівень магнію знижується під час менструації та перед нею, тому в цей період у багатьох жінок спостерігається ця ознака.

5. М'язові судоми. Як м'язовий релаксант, магній працює разом із кальцієм, регулюючи рух м'язів. Якщо в організмі занадто багато кальцію і мало магнію, м'язи будь-якої частини тіла можуть спазмуватися. Це може проявлятися судомами в ногах, болем у м'язах, скутістю та загальним болем.

6. Посмикування очей. Це симптом, пов'язаний зі здатністю магнію регулювати рух м'язів. При дефіциті магнію м'язи очей, можуть спазмуватися та смикатися.

7. Аритмія. Магній допомагає підтримувати нормальний серцевий ритм, тому його вводять внутрішньовенно для зменшення ймовірності фібриляції передсердь і серцевої аритмії. Він є ключовим для здорового серцевого ритму, оскільки бере участь у транспортуванні кальцію і калію в клітини. Дефіцит магнію посилює аритмію, оскільки це призводить до зниження рівня кальцію в крові. У дослідженні за участю жінок споживання магнію з їжею було пов'язане з меншим ризиком раптової серцевої смерті.

8. Хронічна втома. Низький рівень енергії та втома пов'язані з низьким рівнем магнію в організмі, оскільки магній необхідний організму для виробництва аденозинтрифосфату (АТФ) – головного енергетичного субстрату організму.

9. Проблеми зі шкірою (акне, екзема тощо). Магній швидко та ефективно зменшує запалення, яке часто супроводжує захворювання шкіри, як-от вугрі, екзема, псоріаз і розацеа. У дослідженні за участю понад 3000 жінок у постменопаузі підвищене споживання магнію відповідало за зниження трьох окремих біомаркерів запалення: CRP (С-реактивного білка), TNF (фактору некрозу пухлини альфа) та IL6 (інтерлейкіну-6). Відомо, що ванни з високим рівнем магнію у воді давно вважаються ефективним засобом лікування проблем зі шкірою, зокрема екземи. Магній також допомагає регулювати вітамін D, необхідний для здоров'я шкіри.



Ми суттєво розширили цей перелік до 25 ознак, кожна з яких ранжована на 3 відповіді: так (2 бали), іноді (1 бал), ні (0 балів). Кількість балів понад 30 свідчить про гострий, 10-30 – помірний дефіцит магнію, менше 10 – його відсутність. Розроблено Google-форму анкети, яку планується апробувати при анкетуванні різних категорій населення.

#### Висновки.

1. Аналіз важливості магнію для підтримки хорошого стану здоров'я свідчить, що це есенційний метаболіт, макронутрієнт та фактор суттєвого впливу на різні біохімічні процеси та фізіологічні функції.

2. Слід визнати важливим поширення дієтичних стратегій, які задовольняють добову рекомендовану норму магнію.

3. Дуже важливо мати надійні та мінімально інвазивні методи швидкого виявлення дефіциту магнію в різних частинах тіла або для точного моніторингу ефективності добавок для запобігання та протидії захворюванням, пов'язаним з дефіцитом магнію.

4. Дані багатьох досліджень показують, що приблизно у 60% дорослих споживання магнію з їжею є недостатнім і що субклінічний дефіцит магнію є поширеним захворюванням серед західного населення. Отже, слід приділяти більше уваги профілактичній ролі магнію щодо соціальних патологій, заохочуючи адекватніше дієтичне споживання магнію і харчових добавок. Випробування магнію показали, що добавки магнію добре переносяться і загалом покращують стан при багатьох захворюваннях.

5. Аналіз наших досліджень показує, що станом на 2021 рік (тобто до повномасштабної війни) особи працездатного віку отримували третину від рекомендованої норми магнію. Оскільки війна надзвичайно загострила цю проблему внаслідок стресу та інших соціальних проблем, слід вважати обґрунтованою необхідність визначення та корекції магнієвого дефіциту з включенням цього складника в програму медичної, фізичної та психологічної реабілітації осіб, що постраждали під час війни.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Rosanoff A., Weaver C.M., Rude R.K. Suboptimal magnesium status in the United States: Are the health consequences underestimated? *Nutr. Rev.* 2012, 70, 153–164.
2. DiNicolantonio J.J., O'Keefe J.H., Wilson W. Subclinical magnesium deficiency: A principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Open Heart.* 2018, 5, e000668.
3. Van Laecke S. Hypomagnesemia and hypermagnesemia. *Acta Clin. Belgica Int. J. Clin. Lab. Med.* 2019, 74, 41–47.
4. Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. D. Fiorentini et al. *Nutrients.* 2021 30;13(4):1136.
5. De Baaij J.H.F., Hoenderop J.G.J., Bindels R.J.M. Magnesium in Man: Implications for Health and Disease. *Physiol. Rev.* 2015, 95, 1–46.
6. Magnesium: An update on physiological, clinical and analytical aspects. N.E.L. Saris et al. *Clin. Chim. Acta* 2000, 294, 1–26.
7. Effectiveness of interventions to promote healthy feeding in infants under one year of age. A. Tedstone et al. *Natl. Inst. Heal. Res.* 2018, 61, 1012–1021.
8. Harmonizing Micronutrient Intake Reference Ranges for Dietary Guidance and Menu Planning in Complementary Feeding. L.M. O'Neill et al. *Curr. Dev. Nutr.* 2020, 4, nzaa017.
9. Shergill-Bonner R. Micronutrients. *Paediatr. Child Health.* 2017, 27, 357–362.
10. EFSA Scientific Panel NDA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA J.* 2015, 13, 4186.
11. Piano F.L., Corsonello A., Corica F. Magnesium and elderly patient: The explored paths and the ones to be explored: A review. *Magnes. Res.* 2019, 32, 1–15.
12. Kruis W., Phuong N. G. Iron Deficiency, Zinc, Magnesium, Vitamin Deficiencies in Crohn's Disease: Substitute or Not? *Dig. Dis.* 2016, 34, 105–111.
13. Weisshof R., Chermesh I. Micronutrient deficiencies in inflammatory bowel disease. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 2015, 18, 576–581.
14. Nutritional Deficiencies in Children with Celiac Disease Resulting from a Gluten-Free Diet: A Systematic Review. G. Di Nardo et al. *Nutrients* 2019, 11, 1588.
15. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. G. Vici et al. *Clin. Nutr.* 2016, 35, 1236–1241.
16. Barbagallo M. Magnesium and type 2 diabetes. *World J. Diabetes* 2015, 6, 1152–1157.
17. Serum iron, Magnesium, Copper, and Manganese Levels in Alcoholism: A Systematic Review. C. Grochowski et al. *Molecules* 2019, 24, 1361.
18. Ismail A.A.A., Ismail Y., Ismail A.A. Chronic magnesium deficiency and human disease; time for reappraisal? *QJM*, 2018, 111, 759–763.
19. Going to the roots of reduced magnesium dietary intake: A tradeoff between climate changes and sources. R. Cazzola et al. *Heliyon* 2020, 6, e05390.
20. Reported Dietary Intake, Disparity between the Reported Consumption and the Level Needed for Adequacy and Food Sources of Calcium, Phosphorus, Magnesium and Vitamin D in the Spanish Population: Findings from the ANIBES Study. J. Olza et al. *Nutrients* 2017, 9, 168.
21. Magnesium Fertilization Improves Crop Yield in Most Production Systems: A Meta-Analysis. Z. Wang et al. *Front. Plant Sci.* 2020, 10, 1727.
22. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. W. Guo et al. *Crop. J.* 2016, 4, 83–91.
23. Schuchardt J.P., Hahn A. Intestinal Absorption and Factors Influencing Bioavailability of Magnesium-An Update. *Curr. Nutr. Food Sci.* 2017, 13, 260–278.

24. Meal effect on magnesium bioavailability from mineral water in healthy women. M. Sabatier et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2002, 75, 65–71.
25. Moodie E. Modern Trends in Animal Health and HUSBANDRY Hypocalcaemia and Hypomagnesaemia. *Br. Vet. J.* 1965, 121, 338–349.
26. Workinger J.L., Doyle R.P., Bortz J. Challenges in the Diagnosis of Magnesium Status. *Nutrients*, 2018, 10, 1202.
27. Economic costs of diabetes in the U.S. in 2017. W. Yang et al. *Diabetes Care* 2018, 41, 917–928.
28. The burden of neurological diseases in Europe: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. G. Deuschl et al. *Lancet Public Health* 2020, 5, e551–e567.
29. Cucuoreanu M. D., Vink R. Magnesium and stress. Magnesium in the Central Nervous System [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507250/#ch19>.

#### REFERENCES:

1. Rosanoff A., Weaver C.M., Rude R.K. Suboptimal magnesium status in the United States: Are the health consequences underestimated? *Nutr. Rev.* 2012, 70, 153–164.
2. DiNicolantonio J.J., O’Keefe J.H., Wilson W. Subclinical magnesium deficiency: A principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Open Heart.* 2018, 5, e000668.
3. Van Laecke S. Hypomagnesemia and hypermagnesemia. *Acta Clin. Belgica Int. J. Clin. Lab. Med.* 2019, 74, 41–47.
4. Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. D. Fiorentini et al. *Nutrients.* 2021 30;13(4):1136.
5. De Baaij J.H.F., Hoenderop J.G.J., Bindels R.J.M. Magnesium in Man: Implications for Health and Disease. *Physiol. Rev.* 2015, 95, 1–46.
6. Magnesium: An update on physiological, clinical and analytical aspects. N.E.L. Saris et al. *Clin. Chim. Acta* 2000, 294, 1–26.
7. Effectiveness of interventions to promote healthy feeding in infants under one year of age. A. Tedstone et al. *Natl. Inst. Heal. Res.* 2018, 61, 1012–1021.
8. Harmonizing Micronutrient Intake Reference Ranges for Dietary Guidance and Menu Planning in Complementary Feeding. L.M. O’Neill et al. *Curr. Dev. Nutr.* 2020, 4, nzaa017.
9. Shergill-Bonner R. Micronutrients. *Paediatr. Child Health.* 2017, 27, 357–362.
10. EFSA Scientific Panel NDA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA J.* 2015, 13, 4186.
11. Piano F.L., Corsonello A., Corica F. Magnesium and elderly patient: The explored paths and the ones to be explored: A review. *Magnes. Res.* 2019, 32, 1–15.
12. Kruis W., Phuong N. G. Iron Deficiency, Zinc, Magnesium, Vitamin Deficiencies in Crohn’s Disease: Substitute or Not? *Dig. Dis.* 2016, 34, 105–111.
13. Weissshof R., Chermesh I. Micronutrient deficiencies in inflammatory bowel disease. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 2015, 18, 576–581.
14. Nutritional Deficiencies in Children with Celiac Disease Resulting from a Gluten-Free Diet: A Systematic Review. G. Di Nardo et al. *Nutrients* 2019, 11, 1588.
15. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. G. Vici et al. *Clin. Nutr.* 2016, 35, 1236–1241.
16. Barbagallo M. Magnesium and type 2 diabetes. *World J. Diabetes* 2015, 6, 1152–1157.
17. Serum iron, Magnesium, Copper, and Manganese Levels in Alcoholism: A Systematic Review. C. Grochowski et al. *Molecules* 2019, 24, 1361.
18. Ismail A.A.A., Ismail Y., Ismail A.A. Chronic magnesium deficiency and human disease; time for reappraisal? *QJM*, 2018, 111, 759–763.
19. Going to the roots of reduced magnesium dietary intake: A tradeoff between climate changes and sources. R. Cazzola et al. *Heliyon* 2020, 6, e05390.
20. Reported Dietary Intake, Disparity between the Reported Consumption and the Level Needed for Adequacy and Food Sources of Calcium, Phosphorus, Magnesium and Vitamin D in the Spanish Population: Findings from the ANIBES Study. J. Olza et al. *Nutrients* 2017, 9, 168.
21. Magnesium Fertilization Improves Crop Yield in Most Production Systems: A Meta-Analysis. Z. Wang et al. *Front. Plant Sci.* 2020, 10, 1727.
22. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. W. Guo et al. *Crop. J.* 2016, 4, 83–91.
23. Schuchardt J.P., Hahn A. Intestinal Absorption and Factors Influencing Bioavailability of Magnesium-An Update. *Curr. Nutr. Food Sci.* 2017, 13, 260–278.
24. Meal effect on magnesium bioavailability from mineral water in healthy women. M. Sabatier et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2002, 75, 65–71.
25. Moodie E. Modern Trends in Animal Health and HUSBANDRY Hypocalcaemia and Hypomagnesaemia. *Br. Vet. J.* 1965, 121, 338–349.
26. Workinger J.L., Doyle R.P., Bortz J. Challenges in the Diagnosis of Magnesium Status. *Nutrients*, 2018, 10, 1202.
27. Economic costs of diabetes in the U.S. in 2017. W. Yang et al. *Diabetes Care* 2018, 41, 917–928.
28. The burden of neurological diseases in Europe: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. G. Deuschl et al. *Lancet Public Health* 2020, 5, e551–e567.
29. Cucuoreanu M. D., Vink R. Magnesium and stress. Magnesium in the Central Nervous System [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507250/#ch19>.