

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ

ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT MEDICINE



АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕДИЦИНИ

ISSN 1818-9385 (print)

ISSN 1818-9385 (online)

- **окружающая среда**

навколишнє середовище
environment

- **профессиональное**

здоровье
професійне здоров'я
occupational health

- **патология**

патологія
pathology



2023
№ 3 (73)

Медицинский научный журнал

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕДИЦИНИ:

навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновники: Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України та Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського Національної Академії наук України

№ 3 (73), 2023 р.

Заснований у серпні 2005 р.



Журнал є офіційним виданням Українського наукового товариства патофізіологів

| | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|
| Головний редактор | д.м.н. А.І.Гоженко | The editor-in-chief | A.I.Gozhenko |
| Науковий редактор | д.б.н. О.Г.Пихтєєва | The scientific editor | E.G.Pykhtieieva |
| Відповідальний секретар | к.б.н. Д.В.Большой | The responsible secretary | D.V.Bolshoy |

Редакційна колегія

PhD П.Бартік (Словачія), PhD Н.С.Бадюк (Україна), д.м.н. Є.П.Белобров (Україна), PhD Е.А.Бормусова (Ізраїль), д.м.н. Р.С.Вастьянов (Україна), д.м.н. Л.І.Власик (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Р.Гжегоський (Україна), акад. НАМНУ, д.б.н. М.Я. Головенко (Україна), д.м.н. В.С.Гойдик (Україна), д.м.н. О.В.Горша (Україна), д.м.н. В.Жуков (Польща), д.м.н. С.В.Зябліцев (Україна), д.м.н. Л.А.Ковалевська (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.О.Колісник (Україна), д.м.н. М.О. Клименко (Україна), д.б.н. І.А.Кравченко (Україна), д.м.н. Б.А.Насібуллін (Україна), д.м.н. Б.В.Панов (Україна), д.б.н. О.Г.Пихтєєва (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Г.Проданчук (Україна), д.б.н. Е.М.Псядло (Україна), д.м.н., М.С.Регеда (Україна), д.м.н., д.м.н. Р.Мускієта (Польща), д.м.н. А.Рзаєва (Азербайджан), д.м.н. І.В.Савицький (Україна), д.м.н. І.В.Сергета (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ А.М. Сердюк (Україна), д.м.н. Д.Г.Ставрев (Болгарія), д.м.н. А.Н.Стоянов (Україна), д.м.н., д.б.н. Третьякова О.В., д.м.н. К.Ш.Шайсултанов (Казахстан), д.м.н. К.О.Шаріпов (Казахстан), PhD К.Л.Шафран (Великобританія), д.м.н. В.В. Шевляков (Білорусь), д.м.н. О.М.Шевченко (Україна), д.м.н. В.В.Шухтін (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ О.П.Яворовський (Україна)

Editorial board

P.Bartik (Slovakia), N.S.Baduk (Ukraine), Ye.P.Belobrov (Ukraine), E.A. Bormusova (Israel), R.S.Vastyanov (Ukraine), L.I.Vlasik (Ukraine), M.R.Gzhegotsky (Ukraine), N.Ya.Golovenko (Ukraine), V.S.Gojdyk (Ukraine), O.V.Gorsha (Ukraine), V.Zhukov (Poland), S.V.Ziablitsev (Ukraine), L.A.Kovalevskaya (Ukraine), M.O.Kolosnyk (Ukraine), M.A.Klymenko (Ukraine), I.A.Kravchenko (Ukraine), B.A.Nasibullin (Ukraine), B.V.Panov (Ukraine), E.G.Pykhtieieva (Ukraine), N.G.Prodanchuk (Ukraine), E.M.Psiadlo (Ukraine), M.S. Regeda (Ukraine), R.Muszkietta (Poland), A.Rzayeva (Azerbaijan), I.V. Savytskyi (Ukraine), V.Sergeta (Ukraine), A.M.Serdyuk (Ukraine), D.G.Stavrev (Bulgaria), A.N.Stoyanov (Ukraine), Tretyakova E.V. (Ukraine), K.Sh.Shaisultanov (Kazakhstan), K.O.Sharipov (Kazakhstan), K.L.Shafran (Great Britain), V.V.Shevlyakov (Belarus), Shevchenko O.M. (Ukraine), V.V.Shukhtin (Ukraine), O.P.Yavorovskiy (Ukraine)

3

Адреса редакції:

вул. Канатна, 92, 65039, м. Одеса, Україна
Тел.: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04
E-mail: med_trans@ukr.net

The address of editorial office:

Kanatnaya str., 92, 65039, Odessa, Ukraine
Phone: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04
E-mail: med_trans@ukr.net

Журнал зареєстрований Держкомітетом по телебаченню та радіомовленню України
31 травня 2005 р. Свідоцтво: серія KB № 9901
ISSN 1818-9385 (print), ISSN 1818-9393 (online)

The Journal is registered by the State Committee on TV and broadcasting of Ukraine
May 31, 2005. The certificate: series KB № 9901
ISSN 1818-9385 (print), ISSN 1818-9393 (online)

Рукописи не повертаються авторам. Відповідальність за достовірність та інтерпретацію даних несуть автори статей. Редакція залишає за собою право скорочувати матеріали по узгодженню з автором.

Manuscripts are not returned to the authors. Authors bear all responsibilities for correctness and reliability of the presented data. Edition retains the right to reduce the size of the materials in agreement with the author.

Журнал внесений до переліку видань, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт з біології та медицини (Категорія «Б», наказ міністра науки і освіти України № 886 від 02.07.2020)
Журнал зареєстрований в міжнародній наукометричній базі Scopus (Польща)

Роботи, що представлені в цьому номері, рекомендовані до друку Редакційною колегією журналу після сліпого рецензування

Періодичність — 4 рази на рік
Передплатний індекс 95316
Адреси електронної версії:

<http://aptm.com.ua/>; <http://www.medtrans.com.ua/>; http://www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Aptm/texts.html

© Науковий журнал „Актуальні проблеми транспортної медицини”, 2005 р.

Підписано до друку 15.08.2023 р. Гарнітура Pragmatica. Формат 64х90 / 8. Друк офсетний. Ум. печ. лист. 15,2.
Надруковано з готового макету в друкарні "ART-V". м. Одеса, вул. Комітетська, 24А.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ:

окружающая среда; профессиональное здоровье; патология

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Украинского научно-исследовательского
института медицины транспорта
Министерства здравоохранения Украины и
Физико-химического института
им. А.В.Богатского Национальной академии
наук Украины



№ 3 (73), 2023 г.

Основан в августе 2005 г.

4

| Зміст: | | Content: |
|--|-----------|---|
| Проблемні статті | 7 | Problem Articles |
| ВІЙНА Й ТЕРОРИЗМ: МЕДИКО-САНІТАРНІ НАСЛІДКИ ТА ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ МЕДИЧНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ — Майданюк В.П., Волянський П.Б., Печиборщ В.П., Долгий М.Л., Якимець В.М., Печиборщ О.В., Якимець В.В., Дехтяр Ю.М., Нікогосян Л.Р., Мерліч С.В. | 7 | WAR AND TERRORISM: HEALTH CONSEQUENCES AND STATE REGULATION OF THE POPULATION MEDICAL PROTECTION — Maidanyuk V.P., Volianskyi P.B., Pechiborshch V.P., Dolgyi M.L., Yakymets V.M., Pechiborshch O.V., Yakymets V.V., Dekhtiar Yu.M., Nikogosyan L.R., Merlich S.V. |
| ТОКСИЧНІСТЬ УРАНУ ТА ЙОГО СПОЛУК. СУЧАСНІ ВИКЛИКИ. ОГЛЯД — Пухтєєва О.Г., Большой Д.В., Пухтєєва О.Д. | 20 | TOXICITY OF URANIUM AND ITS COMPOUNDS. MODERN CHALLENGES. REVIEW— Pykhtieieva E.G., Bolshoy D.V., Pykhtieieva E.D. |
| Оглядові статті | 37 | Review Articles |
| ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ФІТОФАРМАКОЛОГІЇ НИРОК. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕФРОТРОПНОЇ РОСЛИНИ ЯГЛИЦІ ЗВИЧАЙНОЇ (<i>AEGOPODIUM PODAGRARIA L.</i>) — Товчига О.В., Штриголь С.Ю., Койро О.О., Степанова С.І., Юдкевич Т. К. | 37 | CHALLENGING ASPECTS OF THE RENAL PHYTOPHARMACOLOGY. REVIEW OF THE EVIDENCE IN THE LITERATURE AND THE RESULTS OF THE OWN EXPERIMENTAL STUDIES OF THE NEPHROTROPIC PLANT – GOUTWEED (<i>AEGOPODIUM PODAGRARIA L.</i>) — Tovchiga O.V., Shtrygol' S. Yu., Koiro O.O., Stepanova S.I., Yudkevich T.K. |
| АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЩОДО ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА СУДОВО-МЕДИЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВОЇ ТРАВМИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ (ОГЛЯД) — Плетенецька А.О. | 57 | ANALYSIS OF THE ISSUE REGARDING THE DIAGNOSIS, TREATMENT AND FORENSIC MEDICAL EXAMINATION OF TRAUMATIC BRAIN INJURY: STATUS AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT (REVIEW)— Pletenetska A.O. |
| МАГНІЙ І ФІЗИЧНІ ВПРАВИ (ОГЛЯД) — Бабієнко В.В., Мокієнко А.В. | 66 | MAGNESIUM AND PHYSICAL EXERCISES — Babienko V.V. Mokienko A.V. |
| Гігієна, епідеміологія, екологія | 75 | Hygiene, Epidemiology, Ecology |

- .Mykhailychenko, B.V., Kikinchuk, V.V., Peshenko, O.M., and others. (2020). Forensic expertise (forensic medicine): Study guide. Kyiv, Kharkiv: Lyudmila Publishing House.
23. Голубович, Л.Л., Туманська, Л.М., Зубко, М.Д., Волошанська, О.О., & Фащенко, А.В. (2018). Судова медицина : навч. посіб. для студентів мед. ф-тів спеціальності «Технологія медичної діагностики та лікування». Запоріжжя.
Golubovych, L.L., Tumanska, L.M., Zubko, M.D., Voloshanska, O.O., & Fashchenko, A.V. (2018). Forensic medicine: education. manual for medical students of the specialty "Technology of medical diagnostics and treatment". Zaporizhzhia
24. Шевчук, В.А. (2003). Судово-медична нейро-
травматологія: навч. посіб. для студентів медичних університетів і лікарів. МП Леся. Шевчук, В.А. (2003). Forensic neurotraumatology: training. manual for students of medical universities and doctors. MP Lesya
25. Zhu, Y., Wang, Z., Liberman, A L., & Newman-Toker, D. E. (2021). Statistical insights for crude-rate-based operational measures of misdiagnosis-related harms. *Statistics in medicine*, 40(20), 4430–41. <https://doi.org/10.1002/sim.9039>

*Вперше надійшла до редакції 05.05.2023 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування*

УДК 546.28:613.31

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8254491>

МАГНІЙ І ФІЗИЧНІ ВПРАВИ (ОГЛЯД)

Бабієнко В.В., Мокієнко А.В.

Одеський національний медичний університет

МАГНИЙ И ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ (ОБЗОР)

Бабиенко В.В., Мокиенко А.В.

Одесский национальный медицинский университет

MAGNESIUM AND PHYSICAL EXERCISES

Babienko V.V., Mokienko A.V.

Odessa National Medical University

Summary/Резюме

Topicality. An analysis of the literature showed the insufficiency of studies on the assessment of the effect of magnesium on the effectiveness of physical exercises and the performance of sports activities.

Goal. Analysis of the relationship between magnesium and exercise.

Materials and methods. Bibliometric, analytical.

The results. Magnesium (Mg) is an essential mineral that plays a critical role in the human body. It takes part in the process of energy metabolism and assists the maintenance of normal muscle function. A number of studies have evaluated the relationship between Mg status/supplementation and exercise performance and found that Mg requirement correlates with physical activity level. Animal studies indicated that Mg might improve exercise performance via enhancing glucose availability in the brain, muscle and blood; and reducing/delaying lactate accumulation in the muscle. The majority of human studies focused on physiological effects in blood pressure, heart rate and maximal oxygen uptake, rather than direct functional performances. Some cross-sectional surveys demonstrated a positive association between Mg status and muscle performance, including grip strength, lower-leg power, knee extension torque, ankle extension strength, maximal isometric trunk

flexion, rotation, and jumping performance. Additionally, findings from intervention studies showed that Mg supplementation might lead to improvements in functional indices such as quadriceps torque. Moreover, Mg supplementation could improve gait speed and chair stand time in elderly women. This comprehensive review summarized the literature from both animal and human studies and aimed to evaluate scientific evidence on Mg status/supplementation in relation to exercise performance.

Conclusion. More thorough, large-scale studies of different categories of athletes are needed to establish a cause-and-effect relationship between magnesium and exercise.

Keywords: *magnesium, diet, supplement, exercise performance.*

Актуальність. Аналіз літератури показав недостатність досліджень щодо оцінки впливу магнію на результативність фізичних вправ та продуктивність занять спортом.

Мета. Аналіз зв'язку магнію із фізичними вправами.

Матеріали та методи. Бібліометричні, аналітичні.

Результати. Магній (Mg) є важливим мінералом, який відіграє важливу роль в організмі людини. Він бере участь в процесі енергетичного обміну і сприяє підтримці нормальної роботи м'язів. Низка досліджень оцінювала зв'язок між статусом Mg/додашковими добавками та ефективністю фізичних вправ і виявила, що потреба в Mg корелює із рівнем фізичної активності. Дослідження на тваринах показали, що Mg може покращити ефективність фізичних вправ за рахунок збільшення доступності глюкози в мозку, м'язах і крові і зменшення/затримки накопичення лактату в м'язах. Більшість досліджень на людях були зосереджені на фізіологічних впливах на артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень і максимальне поглинання кисню, а не прямі функціональні характеристики. Деякі перехресні опитування продемонстрували позитивний зв'язок між статусом магнію та продуктивністю м'язів, включаючи силу хвата, потужність гомілки, крутний момент розгинання коліна, силу розгинання гомілковостопного суглоба, максимальне ізометричне згинання тулуба, обертання та ефективність стрибків. Крім того, результати інтервенційних досліджень показали, що добавки Mg можуть призвести до покращення функціональних показників, таких як крутний момент квадрицепса. Крім того, додавання Mg може покращити швидкість ходи та час стояння на стільці у літніх жінок.

Висновок. Для встановлення причинно-наслідкового зв'язку між магнієм і фізичними вправами необхідні більш ретельні широкомасштабні дослідження різних категорій спортсменів.

Ключові слова: *магній, дієта, добавки, фізичні навантаження*

Актуальность. Анализ литературы показал недостаточность исследований для оценки влияния магния на результативность физических упражнений и производительность занятий спортом.

Цель. Анализ связи магния с физическими упражнениями.

Материалы и методы. Библиометрические, аналитические.

Результаты. Магний (Mg) является важным минералом, играющим важную роль в организме человека. Он участвует в процессе энергетического обмена и способствует поддержанию нормальной работы мышц. Ряд исследований оценивал связь между статусом Mg/дополнительными добавками и эффективностью физических упражнений и выявил, что потребность в Mg коррелирует с уровнем физической активности. Исследования на животных показали, что Mg может улучшить эффективность физических упражнений за счет увеличения доступности глюкозы в мозге,

мышцах и крови и уменьшения/задержки накопления лактата в мышцах. Большинство исследований на людях были сосредоточены на физиологических воздействиях на АД, частоту сердечных сокращений и максимальное поглощение кислорода, а не прямые функциональные характеристики. Некоторые перекрестные опросы продемонстрировали положительную связь между статусом магния и производительностью мышц, включая силу хвата, мощность голени, крутящий момент разгибания колена, силу разгибания голеностопного сустава, максимальное изометрическое сгибание туловища, вращение и эффективность прыжков. Кроме того, результаты интервенционных исследований показали, что добавки Mg могут привести к улучшению функциональных показателей, таких как крутящий момент квадрицепса. Кроме того, добавление Mg может улучшить скорость походки и время стояния на стуле у пожилых женщин.

Вывод. Для установления причинно-следственной связи между магнием и физическими упражнениями необходимы более тщательные широкомасштабные исследования разных категорий спортсменов.

Ключевые слова: магний, диета, добавки, физические нагрузки

Вступ

Фізичні вправи регулюють розподіл і використання Mg, тоді як Mg бере участь у силових навантаженнях і кардіореспіраторних функціях [1]. Це вказує на взаємозв'язок між фізичними вправами та Mg в організмі людини [2]. У відповідь на фізичні навантаження Mg транспортується до місць, де відбувається виробництво енергії [3]. Наприклад, під час тривалих тренувань на витривалість сироватковий магній, ймовірно, переміщується з сироватки в еритроцити або м'язи для підтримки функції фізичних вправ [1]. З іншого боку, короткочасні фізичні вправи можуть зменшити об'єм плазми/сироватки крові, що призведе до підвищення рівня Mg у сироватці [1].

Роль Mg у функціонуванні м'язів широко вивчалася [1, 2, 4]. Mg бере участь у процесі енергетичного обміну та сприяє підтримці нормального скорочення та розслаблення м'язів. М'язова продуктивність позитивно пов'язана з рівнем магнію в сироватці крові у людей похилого віку [5] і чоловіків-спортсменів [6,7]. Крім того, дослідження показали, що дефіцит Mg може призвести до ускладнення нервово-м'язової функції [8]. Це свідчить про можливий зв'язок між Mg і м'язовими судами. Користь добавок магнію для зменшення судом спос-

терігалася у вагітних жінок. Проте відсутні докази щодо м'язових судом, пов'язаних із фізичними вправами.

Рекомендована дієтична норма (RDA) Mg становить 400–420 мг для чоловіків і 310–320 мг для жінок старше 19 років [9]. Незважаючи на критичну роль Mg в енергетичному метаболізмі, підтримкою споживання Mg на адекватному рівні часто нехтують серед населення та спортсменів [10]. Потреба у Mg, ймовірно, збільшується під час прискорених метаболічних ситуацій. Таким чином, фізично активні люди можуть мати більш високі потреби в Mg, щоб підтримувати оптимальну продуктивність у порівнянні з їхніми неактивними однолітками. Для осіб, які беруть участь у програмі силових тренувань, субоптимальний або навіть дефіцитний статус Mg може призвести до неефективного енергетичного метаболізму та зниження витривалості [11]. Було показано, що під час аеробних вправ більш високе споживання Mg пов'язане з меншою потребою в кисні та кращими кардіореспіраторними індексами [12, 13].

Встановлено покращення продуктивності фізичних вправ в осіб, які приймали добавки Mg [1, 14, 15]. Тому, дуже важливо підвищити обізнаність про споживання Mg серед фізично активних груп

населення. Слід зазначити, що добавки Mg широко рекомендуються фізично активним людям, особливо спортсменам. Однак ефективність такої практики щодо виконання вправ є менш з'ясованою. Велика кількість досліджень вивчала зв'язок між Mg і фізичною працездатністю [1, 2, 10, 11]. Результати включали, в першу чергу такі фізіологічні показники, як рівень лактату, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень [13, 16]. В огляді [17] представлено оцінку зв'язку між статусом Mg/добавками та продуктивністю вправ за допомогою прямих вимірювань, таких як сила хвату та крутний момент у колінах.

Мета

Аналіз зв'язку магнію із фізичними вправами.

Матеріали та методи.

Бібліометричні, аналітичні.

Результати.

Зв'язок між магнієм і виконанням вправ

Докази досліджень на тваринах

Фізичні вправи можуть викликати зсув енергетичних субстратів в організмі. Наприклад, помірні фізичні вправи можуть знизити концентрацію глюкози, одночасно збільшуючи рівень лактату [18], що призводить до зниження ефективності роботи м'язів [19]. Було проведено низку досліджень на тваринних моделях (наприклад, на щурах і піщанках), щоб дослідити вплив добавок магнію на зміну рівня глюкози та лактату в мозку, крові та м'язах у відповідь на фізичне навантаження [19-21]. Усі тварини дотримувалися протоколів примусових вправ, які імітували фізичні тренування людей. Одне дослідження примусового плавання показало, що у піщанок із сульфатом магнію (90 мг/кг, внутрішньовенно) за 30 хвилин до тренування спостерігалось швидке підвищення концентрації глюкози та сповільнене накопичення лактату в мозку порівняно з контрольною групою [19]. Мозок регулює фізіологічну функцію, а метаболічна ак-

тивність у мозку посилюється під час фізичних вправ [22]. Тому, посилене використання глюкози завдяки добавкам магнію може призвести до покращення фізичних вправ [19]. Крім того, у трьох дослідженнях вивчали периферичні рівні глюкози у піщанок або щурів, які тренувалися [20]. Результати показали різке підвищення рівня глюкози в плазмі в групі лікування магнієм, що призвело до підвищення доступності глюкози під час фізичних вправ. Крім того, було продемонстровано, що добавки магнію послаблюють накопичення лактату в крові, а отже, затримують м'язову втому [20]. Крім того, спостерігалось значне подовження часу плавання серед піщанок/щурів у групі лікування Mg порівняно з тваринами в контрольній групі. Слід зазначити, що добавки магнію підтримують рівень глюкози в плазмі крові на відносно високому рівні після тренування, що свідчить про те, що магній може сприяти відновленню м'язової тканини.

В роботі [14] систематично досліджували зміни рівня глюкози в крові, м'язах і мозку у щурів, які тренувалися на біговій доріжці, і виявили, що Mg покращує ефективність фізичних вправ за рахунок збільшення доступності глюкози та зменшення накопичення лактату. Варто відзначити, що результати показали різке підвищення рівня глюкози в м'язах у групі лікування Mg [14]. У порівнянні з вихідним рівнем глюкози в м'язах підвищився до 650–780% під час тренування [14]. Крім того, збільшення лактату в м'язах сповільнювалося в групі лікування Mg під час фізичних вправ, тоді як швидкість виробництва лактату в мозку була значно збільшена — приблизно вдвічі більше, ніж у контрольній групі [14]. Однак не було істотної різниці в рівнях лактату в крові між групою лікування Mg і контрольною групою [14].

Загалом, дослідження на тваринах свідчать про те, що додавання магнію може підвищити ефективність фізичних вправ шляхом регулювання кровообігу і концентрації глюкози та лактату в мозку

і м'язах [19-21]. Вища доступність Mg підвищить рівень глюкози як у центральній, так і в периферичній нервовій системах під час фізичних вправ [14, 20].

Докази досліджень людини

На сьогоднішній день даних, які безпосередньо пов'язують статус магнію з продуктивністю фізичних вправ у людей, мало. Дослідження на людях виявили зв'язок між рівнями магнію в сироватці/плазмі крові або прийомом добавок магнію з різними фізичними вправами, включаючи жим лежачи, хват руками, максимальне ізометричне згинання тулуба, частоту серцевих скорочень та енергетичні потреби. Для оцінки виконання вправ використовували фізіологічні індекси [23, 24]. Наприклад, в одному рандомізованому контрольованому дослідженні [25], дослідники випадковим чином розділили 30 здорових людей (віком 18–22 роки) на три групи: (1) група прийому магнію; (2) добавка Mg + тренувальна група те-кван-до; та (3) тренувальна група те-кван-до. Після 4-тижневого втручання результати показали, що добавки магнію покращили продуктивність фізичних вправ, виміряну тестом човникового бігу на 20 м, шляхом зменшення накопичення лактату, що узгоджувалося з результатами досліджень на тваринах [20, 21].

Одним з прямих показників виконання вправ є сила м'язів. Кілька перехресних опитувань і рандомізованих контрольних досліджень (РКД) [23, 26] повідомили про позитивний зв'язок між рівнями магнію в сироватці крові/добавками магнію та м'язовою силою. Виявлено [5], що концентрація магнію в сироватці позитивно пов'язана із силою захвату, силою гомілки, крутним моментом розгинання коліна та силою розгинання щиколотки у людей похилого віку після поправки на такі потенційні фактори, як вік, індекс маси тіла та рівні фізичної активності. Крім того, одне перехресне опитування, проведене серед чоловіків-спортсменів, показало позитивний зв'язок споживання магнію з макси-

мальним ізометричним згинанням тулуба, обертанням, захопленням рук, продуктивністю стрибків та всіма показниками ізокінетичної сили [6]. Інше опитування продемонструвало, що зміна міжклітинної води (ICW) пов'язана зі зниженням сили у спортсменів. Цей зв'язок може бути змінений рівнями Mg, тобто Mg може покращити м'язову силу [7].

Рандомізоване контрольоване дослідження (РКД) вважаються найкращим підходом для встановлення причинно-наслідкового зв'язку. Кілька РКД було проведено для вивчення зв'язку між добавками магнію та продуктивністю фізичних вправ [11, 26-28]. Однак висновки були суперечливими. Під час 7-тижневого силового тренінгу учасники були випадковим чином розподілені на групи, які отримували добавки Mg або плацебо. Оцінка показала, що сила квадрицепсів була покращена в обох групах, тоді як приріст сили в групі, яка приймала добавки Mg, був більшим, ніж у контрольній групі ($p < 0,05$) [11]. Зокрема, крутний момент квадрицепса збільшився з $2,38 \pm 0,80$ до $3,07 \pm 0,92$ у групі, яка отримувала Mg, порівняно з $2,35 \pm 0,43$ до $2,58 \pm 0,43$ (ньютон-метр (Нм)/кг) у контрольній групі [11]. Інше дослідження було проведено на літніх жінках, які брали участь у 12-тижневій програмі вправ [28]. Наприкінці дослідження додавання магнію значно покращило швидкість ходи учасників (Mg: $v = 0,21 \pm 0,27$ м/с порівняно з контролем: $0,14 \pm 0,003$ м/с, значення $p = 0,0006$) і час стояння на стільці (Mg: $t = 1,21 \pm 1,86$ с порівняно з контролем: $1,31 \pm 0,33$ с, значення $p < 0,0001$). Відзначено, що збільшення швидкості ходьби може мати великі наслідки для переваг фізичних вправ, оскільки це важливий показник для діагностики дегенеративної втрати сухої м'язової маси [28]. Однак, не спостерігалось жодної різниці в ізометричному крутному моменті розгинання коліна або силі рукоятки між експериментальною та контрольною групами [28]. Крім того, у двох інтервенційних дослідженнях досліджува-

ли, чи може добавка Mg впливати на фізіологічні показники та показники фізичних навантажень як для аеробних, так і для силових вправ [15, 23]. Після 14 днів прийому добавок Mg більш значне зниження артеріального тиску (АТ) спостерігалось в групі після фізичних вправ (8,9 мм рт. ст. для АТ у спокої та 13 мм рт. ст. для АТ після фізичних вправ) [15]. Крім того, дослідження показали, що короткострокова (один тиждень) добавка Mg (350 мг/день) може бути достатньою для покращення виконання вправ [23].

Проте ще в двох інших РКД не вдалося спостерігати жодного позитивного впливу добавок магнію на виконання вправ [25, 26]. В одному дослідженні серед жінок середнього віку з надлишковою вагою після 8-тижневого спостереження не було виявлено суттєвої різниці в змінах рук і розгинання колін між групою Mg і контрольною групою [25]. Наприклад, у той час як люди в контрольній групі збільшили свою силу руки з $26,7 \pm 5,0$ до $27,8 \pm 4,7$ кг, учасники групи лікування Mg збільшили свою силу з $26,3 \pm 5,5$ до $27,8 \pm 4,5$ кг [25]. Інше дослідження вивчало вплив добавок Mg на марафонців [26]. Протягом 10-тижневого періоду дослідження (4 тижні до марафону та 6 тижнів після) додавання Mg не принесло жодної переваги для покращення марафонських показників користувачів. Крім того, дослідники не спостерігали жодної суттєвої різниці між двома групами в концентрації Mg, виміряної в крові чи м'язах [26]. Таким чином, вони прийшли до висновку, що незначне фізіологічне або фізичне покращення є вірогідним через зміну концентрації магнію в сироватці шляхом прийому добавок [26].

Можливий механізм

Під час тренування вуглеводи, жири та білки розщеплюються послідовно, щоб забезпечити енергією та підтримати рух м'язів. Основний механізм індукованого магнієм підвищення сили, можливо, пов'язаний з функцією Mg у синтезі білка та енергетичному обміні, сприяю-

чи процесу скорочення та розслаблення м'язів [23]. Додаткове надходження магнію може знизити потребу м'язових клітин у кисні під час тренування, що призводить до оптимізації фізичних рухів [29].

Глюкоза є основним джерелом енергії, і потреба в глюкозі буде збільшуватися під час фізичних вправ [30]. Загалом глікоген швидко розщеплюється в м'язах для підтримки фізичних рухів і коли глікоген у м'язах виснажується, кров транспортуватиме глюкозу з печінки чи нирок до м'язів для безперервного забезпечення енергією. Глюкоза перетворюється на піруват під час аеробних вправ і відновлюється в лактат під час анаеробних вправ. Накопичення лактату може спричинити втому м'язів і, таким чином, вплинути на виконання вправ.

Метаболізм глюкози та гліколіз є ключовими процесами для виробництва енергії під час фізичних вправ. Згідно з дослідженнями на тваринах, Mg може впливати на виконання вправ через метаболічний шлях глюкози [20]. Виробництво енергії залежить від рівня магнію в клітинах, оскільки Mg-АТФ безпосередньо використовується під час усіх фізичних навантажень. Процес порушується, коли надходження магнію недостатнє. - Загалом Mg відіграє важливу роль у метаболізмі глюкози через (1) шляхи гомеостазу глюкози; (2) регулювання фосфорилування; і (3) діючи як кофактор для багатьох ключових ферментів, таких як піруватдегідрогеназа та креатинкіназа. - Дослідження показали, що дієта з низьким вмістом Mg пов'язана з порушенням метаболізму глюкози, а споживання Mg обернено пов'язане з ризиком діабету 2 типу. У дослідженні, яке вивчало вплив добавок магнію на рівень глюкози та інсуліну у спортсменів у стані спокою або виснаження [31], дослідники виявили, що 4-тижневе вживання добавок магнію сприяло використанню глюкози як у сидячому, так і в активному режимі [31].

Мозок потребує більше глюкози як джерела енергії під час вправ для коор-

динації всіх функціональних рухів і управління фізіологічними коливаннями. Тим часом фізичні вправи індукують потік магнію з мозку в плазму. Оскільки Mg відіграє ключову роль у регулюванні церебральних рівнів глюкози та активності нейронів, зниження рівня Mg може призвести до зниження продуктивності фізичних вправ у результаті виснаження глюкози [20]. На тваринних моделях показано, що додавання Mg збільшує доступність глюкози в м'язах, крові та мозку та зменшує накопичення лактату в крові та м'язах, але не в мозку [32]. Оскільки лактат є метаболітом глюкози, існує гіпотеза, що лактат може діяти як альтернативне паливо в мозку у відповідь на посилений енергетичний метаболізм під час фізичних вправ [32]. Таким чином, лактат може функціонувати як паливо для нейронів, коли глюкози недостатньо [33]. Крім того, коли глікоген виснажується, лактат може регулювати шляхи глюконеогенезу, сприяючи використанню глюконеогенних субстратів [34].

Потенційні фактори та методологічні проблеми

Декілька досліджень втручання на людях не змогли виявити жодних ефектів магнію в програмах силових тренувань. Однак, це не обов'язково означає, що додавання Mg не впливає на ефективність фізичних вправ. По-перше, в літературі було висловлено припущення, що коливання рівня магнію в крові тісно пов'язані з різними видами фізичних вправ. У той час, як короткочасні фізичні вправи зазвичай підвищують концентрацію магнію в крові, тривалі напружені фізичні вправи можуть знизити рівень магнію в крові, оскільки інтенсивні фізичні вправи, такі як марафони та триатлони, можуть спричинити більшу втрату магнію з усіх відділів тіла (еритроцити, кров, тощо). Разом вони можуть принаймні частково пояснити нульовий ефект, який дослідники спостерігали серед марафонців, які приймали добавки Mg. По-друге, можливо, що дозовані добавки не було потужними індукторами

будь-якого помітного покращення виконання вправ. Наприклад, у групі марафонців, яким щоденно вводили 126 мг елементарного Mg, не спостерігалось покращення функції м'язів у групі марафонців, а також не спостерігалось значного збільшення м'язової сили при щоденному прийомі 250 мг Mg у жінок середнього віку з надмірною вагою. Є припущення, що вибрана доза може бути недостатньою [26, 27].

Слід зазначити, що вплив фонового рівня магнію в організмі людини на продуктивність фізичних вправ невідомий. Деякі дослідження свідчать про те, що ефективність фізичних вправ може покращитися, лише якщо вихідний рівень Mg у людини низький [2]. Однак одне дослідження перевірило цю гіпотезу та виявило, що базова концентрація магнію в сироватці крові не була критичним фактором у визначенні ефективності фізичних вправ у відповідь на прийом добавок магнію [26]. В іншому дослідженні були виключені особи з гіпомagneмією, але виявлено значний зв'язок між рівнем магнію в сироватці крові та м'язовою силою [5]. Таким чином, майбутні дослідження у фізично активних осіб повинні також включати попередню оцінку статусу магнію та враховувати базові рівні магнію під час дослідження зв'язку між добавками магнію та ефективністю фізичних вправ.

Крім того, необхідно розглянути кілька інших питань. По-перше, вибрані добавки магнію та дозування є непослідовними в різних дослідженнях на людях. У той час як три РКД використовували оксид Mg, два інші використовували цитрат Mg і гідрохлорид Mg-L-аспартату відповідно. Відповідна доза Mg коливалася від 122,6 мг/день до 8 мг/кг маси тіла/день. Таким чином, відсутність стандартної дози для добавок Mg може частково пояснити суперечливі результати досліджень на людях. По-друге, усі РКД проводились у спеціальних популяціях із невеликим розміром вибірки. За винятком одного дослідження за участю лю-

дей похилого віку, яке включало понад 100 учасників, більшість досліджень мали розмір вибірки від 13 до 69. По-третє, більшість досліджень, які використовували програму тренувань, включали лише дві групи: лише фізичні вправи та фізичні вправи плюс Mg. Факторний план 2 Ч 2, що включає чотири групи: (1) група, у якій немає ні фізичних вправ, ні добавок Mg; (2) група лише вправ; (3) група лише добавок Mg; і (4) рекомендована група з обома, щоб можна було вивчити основні ефекти фізичних вправ і добавок Mg, а також їх взаємодію. Як видно з попередніх досліджень, маючи лише дві групи, не можна виключити можливість того, що програма тренувань конкурує з ефектом добавок Mg на м'язову силу, і тому оцінка ефекту Mg може бути необ'єктивною.

Підсумок і майбутні перспективи

Результативність фізичних вправ може бути скомпрометована через дефіцит рівня Mg. Результати досліджень на тваринах свідчать про те, що додавання магнію може підвищити ефективність енергетичного метаболізму. Дослідження на людях показали, що додавання магнію може покращити параметри продуктивності як під час аеробних, так і анаеробних вправ. Однак, для встановлення причинно-наслідкового зв'язку необхідні більш ретельні широкомасштабні дослідження різних категорій спортсменів.

References

1. Bohl C.H., Volpe S.L. Magnesium and exercise. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2002. V. 42. P. 533–563.
2. Nielsen F.H., Lukaski H.C. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnes. Res.* 2006. V. 19. P. 180–189.
3. Lukaski H.C. Magnesium, zinc, and chromium nutrition and athletic performance. *Can. J. Appl. Physiol.* 2001. V. 26. S13–S22.
4. Magnesium for skeletal muscle cramps. S.R. Garrison et al. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2012. doi: 10.1002/14651858.CD009402.pub2.
5. Magnesium and muscle performance in older persons: the InCHIANTI study. L.J. Dominguez et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006. V. 84. P. 419–426.
6. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. D.A Santos et al. *Magnes. Res.* 2011. V. 24. P. 215–219.
7. Magnesium and strength in elite judo athletes according to intracellular water changes. C.N. Matias et al. *Magnes. Res.* 2010. V. 23. P. 138–141.
8. Magnesium sulfate enhances exercise performance and manipulates dynamic changes in peripheral glucose utilization. S.M. Cheng et al. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010. V. 108. P. 363–369.
9. Magnesium-Fact Sheet for Health Professionals. [(accessed on 18 August 2017)]; Available online: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/>
10. Volpe S.L. Magnesium and the Athlete. *Curr. Sport Med. Rep.* 2015. V. 14. P. 279–283.
11. Brilla L.R., Haley T.F. Effect of Magnesium Supplementation on Strength Training in Humans. *J. Am. Coll. Nutr.* 1992. V. 11. P. 326–329.
12. Lukaski H.C. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition.* 2004. V. 20. P. 632–644.
13. The effects of magnesium supplementation on exercise performance. E.W. Finstad et al. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001. V. 33. P. 493–498.
14. Magnesium Enhances Exercise Performance via Increasing Glucose Availability in the Blood, Muscle, and Brain during Exercise. H.Y. Chen et al. *PLoS ONE.* 2014. V. 9. e85486.
15. Kass L.S., Skinner P., Poeira F. A pilot study on the effects of magnesium supplementation with high and low habitual dietary magnesium intake on resting and recovery from aerobic and resistance exercise and systolic blood pressure. *J. Sports Sci. Med.* 2013. V. 12. P. 144–150.
16. Magnesium status and the physical performance of volleyball players: effects of magnesium supplementation. L. Setaro et al. *J. Sport Sci.* 2014. V.32. P. 438–445.
17. Can Magnesium Enhance Exercise Performance? Y. Zhang et al. *Nutrients.* 2017. V. 9(9). 946.
18. Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. B.F. Miller et al. *J. Physiol.* 2002. V. 544. P. 963–975.
19. Effects of magnesium sulfate on dynamic

- changes of brain glucose and its metabolites during a short-term forced swimming in gerbils. S.M. Cheng et al. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2007. V. 99. P. 695–699.
20. Chen I.J., Cheng S.M. Effects of magnesium sulfate on dynamic changes in blood glucose levels and glucose transporter-3 expression in the Striatum during short-term forced swimming in Gerbils. *Int. J. Sport Exerc. Sci.* 2010. V. 1. P. 19–26.
 21. Wang M.L., Chen Y.J., Cheng F.C. Nigari (deep seawater concentrate) enhances the treadmill exercise performance of gerbils. *Biol. Sport.* 2014. V. 31. P. 69–72.
 22. Ahlborg G., Wahren J. Brain substrate utilization during prolonged exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Investig.* 1972. V. 29. P. 397–402.
 23. Kass L.S., Poeira F. The effect of acute vs chronic magnesium supplementation on exercise and recovery on resistance exercise, blood pressure and total peripheral resistance on normotensive adults. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2015. V. 12:19.
 24. Peveler W.W., Palmer T.G. Effect of magnesium lactate dihydrate and calcium lactate monohydrate on 20-km cycling time trial performance. *J. Strength Cond. Res.* 2012. V. 26. P. 1149–1153.
 25. Cinar V., Nizamlioglu M., Mogulkoc R. The effect of magnesium supplementation on lactate levels of sportsmen and sedanter. *Acta Physiol. Hung.* 2006. V. 93. P. 137–144.
 26. Effect of oral magnesium supplementation on physical performance in healthy elderly women involved in a weekly exercise program: a randomized controlled trial. N. Veronese et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014. V. 100. P. 974–981.
 27. Failure of magnesium supplementation to influence marathon running performance or recovery in magnesium-replete subjects. S. Terblanche et al. *Int. J. Sport Nutr.* 1992. V. 2. P. 154–164.
 28. Moslehi N., Vafa M., Sarrafzadeh J., Rahimi-Foroushani A. Does magnesium supplementation improve body composition and muscle strength in middle-aged overweight women? A double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *Biol. Trace Elem. Res.* 2013. V. 153. P. 111–118.
 29. Golf S.W., Bender S., Gruttner J. On the significance of magnesium in extreme physical stress. *Cardiovasc Drugs Ther.* 1998. V. 12 (Suppl. S2). P. 197–202.
 30. Kjaer M. Hepatic glucose production during exercise. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1998. V. 441. P. 117–127.
 31. The effect of magnesium supplementation on glucose and insulin levels of tae-kwan-do sportsmen and sedentary subjects. V. Cinar et al. *Pak. J. Pharm. Sci.* 2008. V. 21. P. 237–240.
 32. Magnesium Enhances Exercise Performance via Increasing Glucose Availability in the Blood, Muscle, and Brain during Exercise. H.Y. Chen et al. *PLoS ONE.* 2014. V. 9. e85486.
 33. Choi I.Y., Seaquist E.R., Gruetter R. Effect of hypoglycemia on brain glycogen metabolism in vivo. *J. Neurosci. Res.* 2003. V.72. P. 25–32.
 34. Brooks G.A. Lactate shuttles in nature. *Biochem. Soc. Trans.* 2002. V. 30. P. 258–264.

Вперше надійшла до редакції 20.03.2023 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування