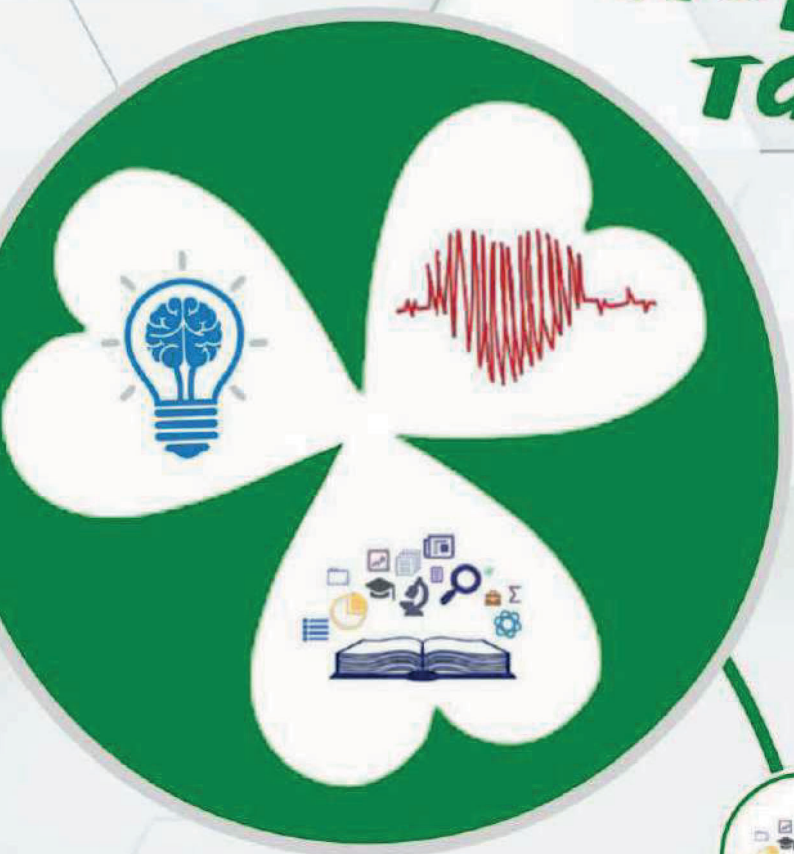




Наукові перспективи  
Видавнича група

# Перспективи та інновації науки



СЕРІЯ "ПЕДАГОГІКА"



СЕРІЯ "ПСИХОЛОГІЯ"



СЕРІЯ "МЕДИЦИНА"



Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського

Видавнича група «Наукові перспективи»

Луганський державний медичний університет

Громадська наукова організація «Система здорового довголіття в мегаполісі»

Громадська організація «Християнська академія педагогічних наук України»

Громадська організація «Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з  
духовно-морального виховання»

*за сприяння КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва",  
Центру дієтології Наталії Калиновської*

## **«Перспективи та інновації науки»**

*(Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)*

Випуск № 14(32) 2023

Київ – 2023

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Luhansk State Medical University

Public scientific organization "System of healthy longevity in the metropolis"

Public organization "Christian Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine"

Public organization "All-Ukrainian Association of Teachers and Psychologists of  
Spiritual and Moral Education"

*with the assistance of the KNP "Clinical Hospital No. 15 of the Podilsky District of Kyiv", Nutrition Center of  
Natalia Kalinovska*

# ***"Prospects and innovations of science"***

*(Series "Pedagogy", Series "Psychology", Series "Medicine")*

**Issue № 14(32) 2023**

Kiev – 2023

ISSN 2786-4952 Online

УДК 001.32:1/3](477)(02)

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14\(32\)](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14(32))

**«Перспективи та інновації науки (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)»:**  
**журнал. 2023. № 14(32) 2023. С. 1111**



**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.09.2021  
№ 1017 журналу присвоєно категорію "Б" із психології та педагогіки**

**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.04.2023  
№ 491 журналу присвоєно категорію "Б" із медицини: спеціальність 222**

**Рекомендовано до видавництва Президією громадської наукової організації «Всеукраїнська Асамблея докторів наук з державного управління» (Рішення від 16.10.2023, № 5/10-23)**

*Журнал видається за підтримки КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва", Центру дієтології Наталії Калиновської.*



Журнал заснований з метою розвитку наукового потенціалу та реалізації кращих традицій науки в Україні, за кордоном. Журнал висвітлює історію, теорію, механізми формування та функціонування, а, також, інноваційні питання розвитку медицини, психології, педагогіки та. Видання розраховано на науковців, викладачів, педагогів-практиків, представників органів державної влади та місцевого самоврядування, здобувачів вищої освіти, громадсько-політичних діячів.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), Research Bible, міжнародної пошукової системи Google Scholar.

#### **Голова редакційної колегії:**

**Жукова Ірина  
Віталіївна**

кандидат наук з державного управління, доцент, Лауреат премії Президента України для молодих вчених, Лауреат премії Верховної Ради України молодим ученим, директор Видавничої групи «Наукові перспективи», директор громадської наукової організації «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління» (Київ, Україна)

**Головний редактор: Чернуха Надія Миколаївна** — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна).

**Заступник головного редактора: Торяник Інна Іванівна** - доктор медичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії вірусних інфекцій Державної установи «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова Національної академії медичних наук України» (Харків, Україна);

**Заступник головного редактора: Сіданіч Ірина Леонідівна** — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна);

**Заступник головного редактора: Жуковський Василь Миколайович** — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри англійської мови Національного університету "Острозька академія" (Рівне, Україна).

#### **Редакційна колегія:**

1. Бабова Ірина Костянтинівна – доктор медичних наук, професор, професор кафедри дефектології та фізичної реабілітації, ДЗ "Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського" (Одеса, Україна)
2. Бабчук Олена Григоріївна – кандидат психологічних наук, доцент, завідувач кафедри сімейної та спеціальної педагогіки і психології Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
3. Бахов Іван Степанович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
4. Балахтар Катерина Сергіївна – здобувач ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 053. Психологія, старший викладач кафедри іноземних мов в Національному університеті ім. О. О. Богомольця (Київ, Україна)
5. Бартенева Ірина Олександрівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
6. Біляковська Ольга Орестівна – доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної педагогіки та педагогіки вищої школи Львівського національного університету імені Івана Франка (м. Львів, Україна)
7. Вадзюк Степан Нестерович – доктор медичних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, почесний академік Національної академії педагогічних наук України, завідувач кафедри фізіології з основами біоетики та біобезпеки Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського України (Тернопіль, Україна)
8. Вовк Вікторія Миколаївна – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки Державного університету ім. Станіслава Сташца в Пілі (м. Піла, Польща)
9. Гвоздзькевич Сильвія – кандидат наук, Державна професійна вища школа ім. Якуба з Парадижу в Гожуві-Великопольському (Польща)
10. Головач Наталія Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри управління персоналом та економіки праці Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
11. Гречановська Олена Володимирівна – доктор педагогічних наук, професор кафедри філософії та гуманітарних наук Вінницького національного технічного університету (Вінниця, Україна)

12. Гудзь Наталія Іванівна – доктор фармацевтичних наук, професор, ад'юкт кафедри фармації і екологічної хімії Опольського університету, доцент кафедри технології ліків та біофармації Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (Львів, Україна)
13. Гуменникова Тамара Рудольфівна – доктор педагогічних наук, професор, директор Придунайської філії Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
14. Дерстуганова Наталя Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри освіти та управління навчальним закладом Класичного приватного університету (Запоріжжя, Україна)
15. Долгова Олена Миколаївна - кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
16. Журавльова Лариса Петрівна – доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології Поліського національного університету (Житомир, Україна)
17. Заячківська Оксана Василівна - кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів та економічної безпеки Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
18. Інжигівська Леся Анатоліївна – кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри психології та особистісного розвитку Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
19. Ічанська Олена Михайлівна – кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
20. Кардаш Оксана Любомирівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
21. Коваленко Олена Михайлівна – кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
22. Коваль Галина Миколаївна – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, епідеміології з курсом інфекційних хвороб Ужгородського національного університету (Ужгород, Україна)
23. Ковальчук Анна Сергіївна – здобувач ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 053 Психологія Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
24. Корильчук Неоніла Іванівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
25. Корнієнко Петро Сергійович – доктор юридичних наук, доцент, адвокат, заступник першого проректора по роботі з коледжами, професор кафедри філософії та соціально-гуманітарних дисциплін Національної академії статистики, обліку та аудиту (Київ, Україна)
26. Кравчук Володимир Миколайович, доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
27. Кравчук Людмила Степанівна – кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри фізичної терапії, ерготерапії, фізичної культури і спорту Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна», завідувач кафедрою фізичної терапії, ерготерапії, фізичної культури і спорту Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна» (Хмельницький, Україна)
28. Крайник Григорій Сергійович – кандидат юридичних наук, доцент, доцент Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)
29. Левков Анатолій Анатолійович - кандидат медичних наук, доцент кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, Україна)
30. Лігоцький Анатолій Олександрович – доктор педагогічних наук, професор (Київ, Україна)
31. Лисенко Дмитро Андрійович – кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини №2 Вінницького національного медичного університету (Вінниця, Україна)
32. Лич (Назарук) Оксана Миколаївна – доктор психологічних наук, доцент, член-кореспондент української академії акмеології, член громадської спілки «Національна психологічна асоціація», доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
33. Макаренко Олександр Миколайович – доктор медичних наук, професор, академік Міжнародної академії освіти та науки, професор кафедри загальномедичних дисциплін Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
34. Мальцев Дмитро Валерійович – кандидат медичних наук, завідувач лабораторії імунології і молекулярної біології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, Україна)
35. Марушева Олександра Анатоліївна – доктор наук з державного управління, доцент, завідувач кафедри публічного управління та інформаційного менеджменту ПВНЗ Університет Новітних Технологій (м. Київ, Україна)
36. Мельник Володимир Степанович – доктор медичних наук, професор кафедри неврології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, декан медичного факультету №1 (Київ, Україна)
37. Мігенько Богдан Орестович – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
38. Мігенько Людмила Михайлівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини №2 Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
39. Мідальський Сергій Людвигович – професор, Академік, Президент Регіональної Академії Менеджменту (Казахстан)
40. Міхальський Томаш – доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
41. Миргород-Карпова Валерія Валеріївна – кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
42. Мочалов Юрій Олександрович – доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)
43. Нікульчев Микола Олександрович – доктор богословських наук, кандидат філософських наук, професор, доцент кафедри філософії НУ «ОМА» (Одеса, Одеська область, Україна)
44. Помиткін Едуард Олександрович – доктор психологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту педагогічної освіти і освіти дорослих імені Івана Язюна НАПН України (Київ, Україна)
45. Помиткіна Любов Віталіївна – доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
46. Попель Оксана Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри української та іноземної філології Одеського національного технологічного університету (Одеса, Україна)
47. Приходькіна Наталія Олексіївна – доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
48. Прокоф'єва Марина Олександрівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри іноземної філології факультету лінгвістики та соціальних комунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
49. Сирник Ярослав – доцент кафедри антропології Вроцлавського університету (Вроцлав, Польща)
50. Трушкіна Наталія Валеріївна – кандидат економічних наук, член-кореспондент Академії економічних наук України, дійсний член Центру українсько-європейського наукового співробітництва, старший науковий співробітник відділу проблем регуляторної політики та розвитку підприємництва, Інститут економіки промисловості НАН України (Київ, Україна)
51. Турчинова Ганна Володимирівна – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
52. Філіппова Лариса Валеріївна – доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, доцент, доцент закладу вищої освіти кафедри медичної біохімії та молекулярної біології Національного медичного університету імені О.О.Богомольця, (Київ, Україна)
53. Хохліна Олена Петрівна – доктор психологічних наук, професор, професор кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
54. Чаусова Тетяна Володимирівна – кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри психології та особистісного розвитку Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
55. Черська Марія Сергіївна – доктор медичних наук, завідувачка консультативно-діагностичним відділенням Державної Установи «Інститут ендокринології та обміну речовин НАМН України» (Київ, Україна)
56. Чумак Оксана Володимирівна – доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
57. Шевченко Валерія Геннадіївна – кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургії #2 Одеського національного медичного університету (Одеса, Україна)
58. Яковичська Лада Савелівна – доктор психологічних наук, доцент, професор кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)

*Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.*



УДК: 616.12-008.331.1:378.147

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14\(32\)-987-999](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14(32)-987-999)

**Іваницька Тетяна Анатоліївна** асистент кафедри пропедевтики внутрішньої медицини, Полтавський державний медичний університет, вул. Шевченка, 23, м. Полтава, 36011, тел.: (050) 549-88-98, <https://orcid.org/0000-0002-2556-7658>

**Кзаков Юрій Михайлович** доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри пропедевтики внутрішньої медицини, Полтавський державний медичний університет, вул. Шевченка, 23, м. Полтава, 36011, <https://orcid.org/0000-0003-2224-851X>

## **РОЛЬ МАГНІЮ В РЕГУЛЮВАННІ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ, ТОНУСУ СУДИН ТА ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ЖОРСТКОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ АРТЕРІЙ**

**Анотація.** Есенціальна артеріальна гіпертензія є найпоширенішим захворюванням у світі та причиною розвитку інших серцево-судинних захворювань. Беззаперечним є необхідність пошуку недорогих, безпечних та ефективних методів лікування та профілактики есенціальної артеріальної гіпертензії. В статті розглянуті механізми впливу макроелементу магнію на ряд процесів, що впливають на артеріальний тиск, зокрема: тонус судин, ренін-ангіотензин-альдостеронову систему та жорсткість артеріальної стінки. Дефіцит магнію відіграє певну роль в розвитку ендотеліальної дисфункції та метаболічного синдрому, що спричиняє розвиток атеросклерозу. Подальше накопичення ліпідів і посилене запалення сприяють утворенню патологічно вразливих бляшок. І навпаки, артеріальна жорсткість є результатом руйнування еластину, кальцифікації стінки, фіброзу, підвищення тонузу гладком'язових клітин судин і дисфункції ендотеліальних клітин. Обидва ці типи судинної недостатності мають спільні патофізіологічні механізми, включаючи старіння, запалення та метаболічні та гемодинамічні фактори ризику. Незалежне прогностичне значення жорсткості артерій для серцево-судинних подій було продемонстровано загалом, а також у вибраних популяціях, і встановлено референсні значення, скориговані з урахуванням віку та артеріального тиску. Таким чином, артеріальна жорсткість стає тканинним біомаркером для стратифікації серцево-судинного ризику та оцінки індивідуального біологічного віку. Лікування препаратами магнію має певний ефект для зниження артеріального тиску та покращення еластичності судинної стінки, але серед осіб молодого віку цей процес вивчений недостатньо. Отже виникає необхідність дослідження терапії препаратами

магнію у осіб молодого віку з есенціальною артеріальною гіпертензією при наявності компонентів метаболічного синдрому.

**Ключові слова:** Артеріальна гіпертензія, магній, артеріальна жорсткість, атеросклероз, молодий вік.

**Ivanytska Tetiana Anatoliivna** Assistant of the department of propaedeutics of internal medicine, Poltava State Medical University, Shevchenko St., 23, Poltava, 36011, tel.: (050) 549-88-98, <https://orcid.org/0000-0002-2556-7658>

**Kazakov Yurii Mykhailovych** Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propedeutics of Internal Medicine, Poltava State Medical University, Shevchenko St., 23, Poltava, 36011, <https://orcid.org/0000-0003-2224-851X>

## **THE ROLE OF MAGNESIUM IN THE REGULATION OF BLOOD PRESSURE, VASCULAR TONE AND INFLUENCE ON THE DEVELOPMENT OF THE ARTERIAL STIFFNESS**

**Abstract.** Essential arterial hypertension is the most common disease in the world and the cause of the development of other cardiovascular diseases. The need to find inexpensive, safe and effective methods of treatment and prevention of essential arterial hypertension is undeniable. The article examines the mechanisms of the influence of the macroelement magnesium on a number of processes affecting blood pressure, in particular: vascular tone, the renin-angiotensin-aldosterone system, and stiffness of the arterial wall. Magnesium deficiency plays a role in the development of endothelial dysfunction and metabolic syndrome, which causes the development of atherosclerosis. Further accumulation of lipids and increased inflammation contribute to the formation of pathologically vulnerable plaques. Conversely, arterial stiffness is the result of elastin destruction, wall calcification, fibrosis, increased vascular smooth muscle cell tone, and endothelial cell dysfunction. Both of these types of vascular insufficiency share common pathophysiological mechanisms, including aging, inflammation, and metabolic and hemodynamic risk factors. The independent prognostic value of arterial stiffness for cardiovascular events was demonstrated overall and in selected populations, and age- and blood pressure-adjusted reference values were established. Thus, arterial stiffness becomes a tissue biomarker for cardiovascular risk stratification and assessment of individual biological age and preclinical atherosclerosis. Treatment with magnesium drugs has some effect on lowering blood pressure and improving the elasticity of the vascular wall, but this process has not been sufficiently studied among young people. Therefore, there is a need to study therapy with magnesium drugs in young people with essential arterial hypertension in the presence of components of the metabolic syndrome.

**Keywords:** Arterial hypertension, magnesium, arterial stiffness, atherosclerosis, young age.

**Постановка проблеми.** Есенціальна артеріальна гіпертензія (ЕГ) є найпоширенішим неінфекційним захворюванням та опосередкованою причиною смерті від серцево-судинних захворювань як у всьому світі [1], так і в Україні [2]. Третина населення України (34,8%, серед опитаних) мала підвищений артеріальний тиск (АТ) або приймала антигіпертензивні препарати. Частка населення з підвищеним АТ різко зростала з віком. У віковій групі 18-29 — приблизно 12,7%, у віковій групі 60-69 — 71,1% [2]. Причини ЕГ досі вивчаються, хоча основним гемодинамічним феноменом при гіпертензії є підвищений периферичний опір, зумовлений головним чином змінами структури та функції судин. Ці зміни включають потовщення артеріальної стінки, підвищений судинний тонус і ендотеліальну дисфункцію, що зумовлені порушеннями в клітинних і неклітинних компонентах артеріальної стінки. На багато з цих процесів впливає магній. Невеликі зміни в рівні магнію можуть мати значний вплив на серцеву збудливість і судинний тонус, скорочувальну здатність і реактивність. Відповідно, магній може бути важливим у фізіологічній регуляції артеріального тиску, тоді як порушення гомеостазу клітинного магнію можуть відігравати роль у патофізіологічних процесах, що лежать в основі підвищення артеріального тиску [3]. Хронічний дефіцит магнію пов'язаний із підвищеним ризиком численних доклінічних і клінічних проявів, включаючи ЕГ, атеросклероз, аритмії, інсульт, зміни ліпідного обміну, резистентність до інсуліну, метаболічний синдром, цукровий діабет 2 типу, остеопороз, депресію тощо [4]. Беззаперечним є необхідність пошуку недорогих, безпечних та ефективних методів лікування та профілактики есенціальної артеріальної гіпертензії і препарати магнію можуть стати перспективним напрямком для вирішення цієї задачі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ряд наукових публікацій зосереджені на ролі магнію у виникненні серцево-судинних захворювань. Ці дослідження продемонстрували, значний зв'язок між споживанням магнію з їжею та загальним ризиком серцево-судинних захворювань [3-9]. Було виявлено, що гіпомагніємія пов'язана з аритміями та підвищенням АТ [3,4]. Також деякі дослідження підтверджують вплив магнію на судинний тонус безпосередньо [5] та через ендотеліальну вазодилатацію [6-9]. Доведена роль препаратів магнію у зниженні маркерів запалення, та покращенні прогнозу серцево-судинних подій у пацієнтів із метаболічним синдромом [10]. Однак результати досліджень щодо лікувального впливу препаратів магнію на АТ, судинний тонус та артеріальну жорсткість виявилися суперечливими.

**Мета** - проаналізувати дані щодо ролі магнію в регулюванні артеріального тиску, тонусу судин та його впливу на розвиток жорсткості магістральних артерій і можливості застосування препаратів магнію з метою корекції виявлених порушень.

**Виклад основного матеріалу.** Магній – це макроелемент, що бере участь у регуляції артеріального тиску АТ. Кожна модифікація ендogenous



статусу магнію призводить до зміни тону судин і, як наслідок, зміни артеріального АТ [5]. Цей макроелемент відіграє важливу роль у регуляції АТ шляхом модуляції судинного тону та реактивності. Невеликі зміни як позаклітинних, так і внутрішньоклітинних концентрацій магнію мають значний вплив на судинний тонус, скорочувальну здатність, реактивність і ріст. Дефіцит магнію може підвищувати АТ, впливаючи на численні молекулярні та клітинні механізми[6].

Як один із важливих фізіологічних регуляторів тону кровонесних судин магній покращує реакції розслаблення судин і послаблює індуковану агоністами вазоконстрикцію, таким чином нівелюючи підвищений периферичний судинний опір. Такий ефект на тонус судин найчастіше є результатом конкурентних відносин з кальцієм. При дефіциті магнію посилюється скорочувальна реакція на різні агоністи, що змінює реакцію судин на низку вазоактивних речовин[7]. Магній також відіграє ключову роль в активному транспорті іонів кальцію та калію через клітинні мембрани, процесі важливому для проведення нервових імпульсів, скорочення м'язів, вазомоторного тону та нормального серцевого ритму. Вважається, що магній виступає як природний антагоніст кальцію через блокування каналів рецепторів N-метил-d-аспартату, що має велике фізіологічне значення та стимулює вироблення судинорозширювальних простагліцинів і оксиду азоту (NO) та змінює реакцію судин на вазоконстриктори[8]. Дослідження показують, що дієта з низьким вмістом магнію знижувала концентрацію цього макроелемента у плазмі та еритроцитах, що супроводжувалося зниженням концентрації ендотеліальної NO та підвищенням рівня ендотеліну-1 (ET-1) у сироватці крові та порушенням ендотеліальної вазодилатації. Ці ефекти збільшували концентрацію прозапальних молекул, що вказувало на розвиток системного запалення та ендотеліальної дисфункції [9, 10].

#### Магній та метаболічний синдром

Метаболічний синдром (МС) включає артеріальну гіпертензію, центральне ожиріння, гіперглікемію та дисліпідемію, тому сам по собі визнається важливим фактором ризику серцево-судинних захворювань [11, 12]. Однак важко відокремити вплив кожного окремого компонента на розвиток серцево-судинних захворювань. Ожиріння та порушення метаболізму глюкози та ліпідів сприяють вивільненню цитокінів із жирової тканини, що призводить до запального стану із збільшенням активних форм кисню (АФК) [13]. Як системне, так і місцеве запалення та окислювальний стрес є ключовими факторами судинної дисфункції та серцево-судинних розладів [14], які, у свою чергу, погіршують перебіг МС [10].

Цікаво, що рівень сироваткового магнію був обернено пов'язаний як з окислювальним стресом, так і з запаленням, що доведено на експериментальних тваринах з дефіцитом магнію [15] та в людських когортах[16]. А введення магнію знижувало маркери запалення і ризик

серцево-судинних захворювань у пацієнтів із низьким вмістом внутрішньоклітинного магнію [10,16].

Дієта з низьким вмістом магнію знижує його концентрацію у плазмі та еритроцитах, що супроводжується зниженням концентрації ендотеліальної NO-синтази (eNOS), підвищенням рівня ET-1 у сироватці крові та порушенням ендотеліальнозалежної вазодилатації. ET-1 справляє численні ефекти в кровоносних судинах: викликає значне звуження судин, має прозапальну дію, має мітогенні та проліферативні властивості, стимулює утворення вільних радикалів, активує тромбоцити. Додавання до щоденного раціону сульфату магнію може відігравати захисну роль проти прогресування атеросклерозу через посилення регуляції eNOS [17]. Аналіз активності неорганічних солей магнію показав, що додавання сульфату магнію істотно не знижувало патологічно підвищених рівнів ET-1, але хлорид магнію повністю відновлював концентрацію ET-1 до нормального значення [6].

Магній та ренін-ангіотензин-альдостеронова система

Кілька досліджень вивчали вплив дефіциту магнію на ренін-ангіотензин-альдостеронову систему (РААС). Ефекти ангіотензину-2 (АТ-2) включають вазоконстрикцію через рецептори АТ-2 у мікроциркуляторному руслі, збільшення реабсорбції Na та води через проксимальні звивисті каналці у нирці та вивільнення альдостерону, який, у свою чергу, діє на основні клітини нефрону для води, реабсорбції натрію та секреції калію [5,8]. У щурів, яких годували дієтою з низьким вмістом магнію, спостерігали проліферацію клітин у клубочковій зоні кори надниркових залоз, яка є джерелом гормону альдостерону. Крім того, спостерігався вищий індекс юктагломерулярної грануляції, що вказує на вищий загальний вивільнення реніну, тоді як внутрішні зони кори надниркових залоз були дещо знижені [18]. Однак у щурів, які отримували магній, юктагломерулярний індекс і ширина клубочкової зони повернулися до норми [18]. Властивість магнію як антагоніста Са продовжує залишатися його найважливішим фактором. В людському організмі магній знижує вироблення альдостерону шляхом інгібування клітинного надходження кальцію в зону клубочків, Са-залежного процесу. Встановлено, що у хворих на гіпертензію з високою активністю реніну плазми сироватковий магній був значно нижчим, ніж у осіб з нормальним тиском [6].

Атеросклероз та еластичність судин.

Атеросклероз — це хронічне запальне захворювання артерій, що характеризується утворенням характерних змін у стінці судини із запальними інфільтраціями, накопиченням ліпідів та фіброзом. Атеросклероз викликається дисфункцією ендотеліальних клітин. Подальше накопичення ліпідів і посилене запалення сприяють утворенню патологічно вразливих бляшок. Це призводить до розвитку атеросклеротичних серцево-судинних захворювань. І навпаки, артеріальна жорсткість є результатом руйнування еластину,

кальцифікації стінки, фіброзу, перехресного зшивання колагену та еластину, підвищення тону гладком'язових клітин судин і дисфункції ендотеліальних клітин. Обидва ці типи судинної недостатності мають спільні патофізіологічні механізми, включаючи старіння, запалення та метаболічні та гемодинамічні фактори ризику. Крім того, обидва є важливими факторами ризику серцево-судинних захворювань. Системний гемодинамічний атеросклеротичний синдром був запропонований як нова клінічна сутність, що пов'язує жорсткість артерій, атеросклероз і гемодинамічний стрес, що в кінцевому рахунку сприяє пошкодженню органів-мішеней і серцево-судинним подіям[19].

Зазвичай магістральні артерії адаптують тиск і потік крові під час систоли серця, щоб полегшити перфузію до тканин під час діастоли. Цей процес значною мірою визначається еластичністю, розтяжністю та податливістю судинної системи. Втрата еластичності та підвищена жорсткість потребують більшої сили для пристосування кровотоку, що призводить до підвищення систолічного АТ і, як наслідок, збільшення навантаження на серце. Багато взаємодіючих факторів на системному (АТ, гемодинаміка), судинному (скорочення або розширення судин, ремоделювання позаклітинного матриксу), клітинному (організація цитоскелета та запальні реакції) та молекулярному (оксидативний стрес, внутрішньоклітинна передача сигналів та механотрансдукція) рівнях сприяють артеріальній жорсткості у пацієнтів з ЕГ [19,20].

Цікаво, що жорсткість аорти є хорошим предиктором майбутніх серцево-судинних подій. Останнім часом велика увага приділяється швидкості пульсової хвилі в аорті, надійному гемодинамічному маркеру жорсткості магістральних артерій, як незалежному предиктору серцево-судинного ризику [21]. Загалом здорова аорта виконує функцію амортизації, яка обмежує артеріальну пульсацію та захищає мікроциркуляторне русло від потенційно небезпечних коливань кровотоку та тиску. Жорсткість великих артерій, яка виникає при старінні та різних патологічних станах, порушує функцію амортизації та має відповідні наслідки для здоров'я серцево-судинної системи [19-21]. Перехресні дослідження показали надійний зв'язок жорсткості аорти не лише з віком, але й з іншими серцево-судинними факторами ризику, такими як підвищений артеріальний тиск, гіперліпідемія, діабет, куріння та надмірна маса тіла[22]. Отже жорсткість артерій є результатом дегенеративного процесу, що вражає переважно позаклітинний матрикс еластичних артерій під впливом старіння та факторів ризику. Зміни білків позаклітинного матриксу та механічних властивостей стінки судин, пов'язані з посиленням артерій, можуть активувати ряд механізмів, залучених також у процес атеросклерозу. Зараз доступно кілька неінвазивних методів для оцінки жорсткості великих артерій у клінічних умовах, включаючи каротидно-стегнову швидкість пульсової хвилі та локальні показники розтяжності



поверхневих артерій, а саме сонної та стегнової. Незалежне прогностичне значення жорсткості артерій для серцево-судинних подій було продемонстровано загалом, а також у вибраних популяціях [16,20], і встановлено референсні значення, скориговані з урахуванням віку та артеріального тиску. Таким чином, артеріальна жорсткість стає тканинним біомаркером для стратифікації серцево-судинного ризику та оцінки індивідуального біологічного віку [19-22].

#### Вплив магнію на судинну стінку та артеріальний тиск

Доведено, що дефіцит магнію може впливати на фактори ризику підвищеної жорсткості артерій, а нормалізація його рівня може покращувати стан судин [23], хоча дані з цього приводу є суперечливими. Зокрема, подвійне сліпе плацебо контрольоване дослідження Schutte JC та ін. не показало достовірного впливу на судинну жорсткість після призначення магнію [24]. До цього дослідження були включені особи, що не курили віком від 45 до 75 років зі стабільною масою тіла та індексом маси тіла від 25 до 35 кг/м<sup>2</sup>. Передбачалося, що особи із надмірною вагою та I ступенем ожирінням, мали підвищену артеріальну жорсткість і артеріальний тиск на початковому рівні, що дозволило б краще продемонструвати ефект від застосування магнію. Додавля цитрату магнію 450 мг/добу протягом 24 тижнів не змінила жорсткість артерій або артеріальний тиск. Крім того, порівняно з лікуванням цитратом магнію, оксид магнію та сульфат магнію суттєво не змінили швидкість поширення пульсової хвилі (ШПХ). У вторинному аналізі додавля сульфату магнію значно покращила ШПХ через 24 тижні в підгрупі з вищою артеріальною жорсткістю на початку [24]. У дослідженні Joris PJ та ін. доведено, що щоденна додавля магнію в кількості 350 мг протягом 24 тижнів у дорослих із надмірною вагою та ожирінням зменшує жорсткість артерій, як оцінюється за зниженням ШПС, що свідчить про потенційний механізм, за допомогою якого підвищене споживання магнію з їжею благотворно впливає на здоров'я серцево-судинної системи [23]. В іншому дослідженні низький рівень магнію в сироватці крові у пацієнтів на підтримуючому гемодіалізі мав обернений зв'язок з індексом жорсткості судин [25]. Слід зазначити, що ці дослідження були проведені на дорослих середнього та похилого віку. В літературі мало даних про вплив магнію на артеріальну жорсткість у пацієнтів молодого віку.

Що стосується пероральної терапії артеріальної гіпертензії магнієм, то ця тема розглянута в кількох дослідженнях протягом останніх десятиліть, але результати виявилися дуже неоднозначними. Їх дизайн відрізняється не лише пероральною дозою магнію та його формою, але й різним рівнем артеріального тиску на початковому рівні, а також використанням чи невикористанням антигіпертензивних препаратів. Кілька клінічних досліджень продемонстрували, що пероральна терапія магнієм знижує як систолічний артеріальний тиск (САТ), так і діастолічний артеріальний тиск

(ДАТ) та сприяє лікуванню дисліпідемії [16,26]. 12-тижневе подвійне сліпе плацебо-контрольоване рандомізоване клінічне дослідження, за участю людей з переддіабетом виявило, що середні зміни індексу НОМА-IR, загального холестерину, холестерину ЛПНЩ, тригліцеридів, сечової кислоти та С-реактивного білка, а також антропометричних показників і артеріального тиску в групах, які приймали добавки, і плацебо, істотно не відрізнялися. Констатовано, що вживання магнію підвищує рівень холестерину ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ) у людей з переддіабетом[27].

За даними метааналізу впливу магнію на АТ у пацієнтів з контрольованою гіпертензією пероральна терапія магнієм не знижує АТ, але пероральний прийом магнію ( $\geq 240$  мг/день) безпечно знижує АТ у пацієнтів з неконтрольованою гіпертензією, які приймають антигіпертензивні препарати, тоді як підвищена доза магнію ( $>600$  мг/день) може безпечно знизити АТ у нелікованих хворих з ЕГ; у хворих, що не мали достовірного зниження САТ або ДАТ відзначалося покращення інших факторів ризику без побічних ефектів антигіпертензивних препаратів. До факторів ризику серцево-судинних захворювань віднесли зокрема: покращення функції ендотелію, усунення спазму судин сітківки, покращення виведення натрію, зниження вмісту натрію в еритроцитах, підвищення рівня калію в сироватці крові, зниження С-реактивного білка, зниження рівня глюкози натщесерце та резистентності до інсуліну, зниження тригліцеридів і загального холестерину, а також підвищення рівня холестерину ЛПВЩ[28].

Дослідження Noonp не виявило достовірних зв'язків між споживанням магнію з їжею та кількома маркерами структури та функції судинної стінки[29]. На противагу Cunha AR та ін. доводять, що додаткове вживання магнію пов'язане з кращим контролем АТ, покращенням ендотеліальної функції та полегшенням субклінічного атеросклерозу, зокрема за товщиною інтима-медіа сонної артерії та параметрами еластичності судинної стінки у жінок з гіпертонією, які отримували лікування тіазидами [30]. Отже роль магнію в лікуванні ЕГ є неоднозначною. Мало дослідженою є тема впливу додаткового вживання магнію на прогресування жорсткості артеріальної стінки та її оцінки як маркера серцево-судинного ризику у осіб молодого віку на початкових стадіях ЕГ.

**Висновки.** Враховуючи вищезазначене, можемо зробити висновок щодо вагомості ролі магнію у регулюванні артеріального тиску, тону судинної стінки та вплив на ступінь жорсткості судинної стінки та розвиток атеросклеротичних уражень судин. У той же час, залишається невизначеною безліч питань, пов'язаних із ефективністю терапії препаратами магнію у осіб молодого віку з есенціальною артеріальною гіпертензією при наявності компонентів метаболічного синдрому, що обумовлює актуальність проведення досліджень у даному напрямку.



**Література:**

1. Heart Disease and Stroke Statistics–2020 Update: A Report From the American Heart Association / S. S. Virani et al. *Circulation*. 2020. Vol. 141, no. 9. URL: <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000757>
2. World Health Organization. Regional Office for Europe. STEPS prevalence of noncommunicable disease risk factors in Ukraine 2019. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/336642>.
3. Bakir B., Sahin H., Dogan A. The relationship between hypertensive complications and dietary magnesium intake, serum magnesium levels of hypertensive patients. *Clinical Nutrition*. 2018. Vol. 37. P. S91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.06.1356>
4. Association between dietary magnesium intake and peripheral arterial disease: Results from NHANES 1999–2004 / Z. Wu et al. *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, no. 8. P. e0289973. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289973>
5. Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*. 2015. Vol. 7, no. 9. P. 8199–8226. URL: <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
6. Kostov K., Halacheva L. Role of Magnesium Deficiency in Promoting Atherosclerosis, Endothelial Dysfunction, and Arterial Stiffening as Risk Factors for Hypertension. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. Vol. 19, no. 6. P. 1724. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms19061724>
7. Serum magnesium and the prevalence of peripheral artery disease: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study / X. Sun et al. *Atherosclerosis*. 2019. Vol. 282. P. 196–201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2018.12.004>
8. Vascular biology of magnesium and its transporters in hypertension. / Yogi, A., Callera, G. E., Antunes, T. T., Tostes, R. C., & Touyz, R. M. *Magnesium research*. 2010. 23(4), S207–S215. URL: <https://doi.org/10.1684/mrh.2010.0222>
9. Comparative angioprotective effects of magnesium compounds / M. Kharitonova et al. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2015. Vol. 29. P. 227–234. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.06.026>
10. Dietary Mg Supplementation Decreases Oxidative Stress, Inflammation, and Vascular Dysfunction in an Experimental Model of Metabolic Syndrome with Renal Failure / R. López-Baltanás et al. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, no. 2. P. 283. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox12020283>
11. Metabolic syndrome and the phenomenon of insulin resistance. Geriatric aspects of the problem / V. D. Sakevych et al. *Bulletin of Problems Biology and Medicine*. 2019. Vol. 2, no. 2. P. 53. URL: <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2019-2-2-151-53-57>
12. Liraglutide exerts an anti-inflammatory action in obese patients with type 2 diabetes / L. G. Savchenko et al. *Romanian Journal of Internal Medicine*. 2019. Vol. 57, no. 3. P. 233–240. URL: <https://doi.org/10.2478/rjim-2019-0003>
13. Förstermann U., Xia N., Li H. Roles of Vascular Oxidative Stress and Nitric Oxide in the Pathogenesis of Atherosclerosis. *Circulation Research*. 2017. Vol. 120, no. 4. P. 713–735. URL: <https://doi.org/10.1161/circresaha.116.309326>
14. Vascular Inflammation and Oxidative Stress: Major Triggers for Cardiovascular Disease / S. Steven et al. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019. Vol. 2019. P. 1–26. URL: <https://doi.org/10.1155/2019/7092151>
15. Magnesium deficiency and oxidative stress: an update / A. A. Zheltova et al. *BioMedicine*. 2016. Vol. 6, no. 4. URL: <https://doi.org/10.7603/s40681-016-0020-6>
16. Low Dietary Magnesium and Overweight/Obesity in a Mediterranean Population: A Detrimental Synergy for the Development of Hypertension. The SUN Project / L. J. Dominguez et al. *Nutrients*. 2020. Vol. 13, no. 1. P. 125. URL: <https://doi.org/10.3390/nu13010125>

17. Magnesium Supplementation Affects the Expression of Sirtuin1, Tumor Protein P53 and Endothelial Nitric Oxide Synthase Genes in Patients with Atherosclerosis: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial / B. Rahnama Inchehsablagh et al. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s12291-022-01032-0>
18. Magnesium and Hypertension: Decoding Novel Anti-hypertensives./ Patni N. et al. *Cureus*. 2022. 14(6), e25839. <https://doi.org/10.7759/cureus.25839>
19. Kario K. Arterial stiffness and atherosclerosis: mechanistic and pathophysiologic interactions. *Textbook of Arterial Stiffness and Pulsatile Hemodynamics in Health and Disease*. 2022. P. 609–620. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91391-1.00038-8>
20. Impact of Cardiovascular Risk Factors on Arterial Stiffness in a Countryside Area of Switzerland: Insights from the Swiss Longitudinal Cohort Study / L. Pusterla et al. *Cardiology and Therapy*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s40119-022-00280-8>
21. Pierce G. L. Mechanisms and Subclinical Consequences of Aortic Stiffness. *Hypertension*. 2017. Vol. 70, no. 5. P. 848–853. URL: <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.117.08933>
22. Central and local arterial stiffness in White Europeans compared to age-, sex-, and BMI-matched South Asians / K. M. van der Sluijs et al. *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, no. 8. P. e0290118. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290118>
23. Long-term magnesium supplementation improves arterial stiffness in overweight and obese adults: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled intervention trial / P. J. Joris et al. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2016. Vol. 103, no. 5. P. 1260–1266. URL: <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.131466>
24. Effects of Magnesium Citrate, Magnesium Oxide, and Magnesium Sulfate Supplementation on Arterial Stiffness: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Intervention Trial / J. C. Schutten et al. *Journal of the American Heart Association*. 2022. Vol. 11, no. 6. URL: <https://doi.org/10.1161/jaha.121.021783>
25. Factors associated with serum magnesium and vascular stiffness in maintenance hemodialysis patients./ M. Yorifuji Et al. *Hemodialysis international. International Symposium on Home Hemodialysis*. 2018. 22(3), 342–350. URL: <https://doi.org/10.1111/hdi.12625>
26. Chrysant, S. G., Chrysant, G. S. Association of hypomagnesemia with cardiovascular diseases and hypertension. *International Journal of Cardiology. Hypertension*. 2019. 1, 100005. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijch.2019.100005>
27. Effect of oral magnesium supplement on cardiometabolic markers in people with prediabetes: a double blind randomized controlled clinical trial. / R. Salehidoost. *Scientific reports*. 2022. 12(1), 18209. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20277-6>
28. Rosanoff, A., Costello, R. B., Johnson, G. H. Effectively Prescribing Oral Magnesium Therapy for Hypertension: A Categorized Systematic Review of 49 Clinical Trials. *Nutrients*. 2021. 13(1), 195. URL: <https://doi.org/10.3390/nu13010195>
29. Magnesium intake and vascular structure and function: the Hoorn Study. / E. Vermeulen. *A European journal of nutrition*. 2022. 61(2), 653–664. URL: <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02667-0>
30. Oral magnesium supplementation improves endothelial function and attenuates subclinical atherosclerosis in thiazide-treated hypertensive women. A. R. Cunha. *Journal of hypertension*. 2017. 35(1), 89–97. URL: <https://doi.org/10.1097/HJH.000000000000112>

### References:

1. Virani, S. S., Alonso, A., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M. et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2020). Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 141(9), e139–e596. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000757>

2. World Health Organization. (2020). STEPS prevalence of noncommunicable disease risk factors in Ukraine 2019. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. License CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
3. Bakır, Buse & Sahin, Habibe & Dogan, A.. (2018). The relationship between hypertensive complications and dietary magnesium intake, serum magnesium levels of hypertensive patients. *Clinical Nutrition*, 37, S91. [10.1016/j.clnu.2018.06.1356](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.06.1356).
4. Wu, Z., Ruan, Z., Liang, G., Wang, X., Wu, J., & Wang, B. (2023). Association between dietary magnesium intake and peripheral arterial disease: Results from NHANES 1999-2004. *PloS one*, 18(8), e0289973. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289973>
5. Gröber, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*, 7(9), 8199–8226. <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
6. Kostov, K., & Halacheva, L. (2018). Role of Magnesium Deficiency in Promoting Atherosclerosis, Endothelial Dysfunction, and Arterial Stiffening as Risk Factors for Hypertension. *International journal of molecular sciences*, 19(6), 1724. <https://doi.org/10.3390/ijms19061724>
7. S., Zhong, X., Zhou, H., Guo, Y., Hu, X., Du, Z., Zhang, M., & Liao, X. (2019). Serum magnesium and the prevalence of peripheral artery disease: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Atherosclerosis*, 282, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2018.12.004>
8. Yogi, A., Callera, G. E., Antunes, T. T., Tostes, R. C., & Touyz, R. M. (2010). Vascular biology of magnesium and its transporters in hypertension. *Magnesium research*, 23(4), S207–S215. <https://doi.org/10.1684/mrh.2010.0222>
9. Kharitonova, M., Iezhitsa, I., Zheltova, A., Ozerov, A., Spasov, A., & Skalny, A. (2015). Comparative angioprotective effects of magnesium compounds. *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 29, 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.06.026>
10. López-Baltanás, R., Rodríguez-Ortiz, M. E., Díaz-Tocados, J. M., Martínez-Moreno, J. M., Membrives, C., Rodelo-Haad, C., Pendón Ruiz de Mier, M. V., Rodríguez, M., Canalejo, A., Almadén, Y., & Muñoz-Castañeda, J. R. (2023). Dietary Mg Supplementation Decreases Oxidative Stress, Inflammation, and Vascular Dysfunction in an Experimental Model of Metabolic Syndrome with Renal Failure. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(2), 283. <https://doi.org/10.3390/antiox12020283>
11. Sakevych VD, Trybrat TA, Sakevych VI, Serazhim SN, Subota EN.(2019) Metabolic syndrome and the phenomenon of insulin resistance. *Geriatric aspects of the problem. Bulletin of problems biology and medicine*. Issue 2 Part 2 (151), 2019, 53-57. DOI:10.29254/2077-4214-2019-2-2-151-53-57
12. Savchenko, L. G., Digtar, N. I., Selikhova, L. G., Kaidasheva, E. I., Shlykova, O. A., Vesnina, L. E., & Kaidashev, I. P. (2019). Liraglutide exerts an anti-inflammatory action in obese patients with type 2 diabetes. *Romanian journal of internal medicine = Revue roumaine de medecine interne*, 57(3), 233–240. <https://doi.org/10.2478/rjim-2019-0003>
13. Förstermann, U., Xia, N., & Li, H. (2017). Roles of Vascular Oxidative Stress and Nitric Oxide in the Pathogenesis of Atherosclerosis. *Circulation research*, 120(4), 713–735. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.309326>
14. Steven, S., Frenis, K., Oelze, M., Kalinovic, S., Kuntic, M., Bayo Jimenez, M. T., Vujacic-Mirski (2019). Vascular Inflammation and Oxidative Stress: Major Triggers for Cardiovascular Disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019, 7092151. <https://doi.org/10.1155/2019/7092151>
15. Zheltova, A. A., Kharitonova, M. V., Iezhitsa, I. N., & Spasov, A. A. (2016). Magnesium deficiency and oxidative stress: an update. *BioMedicine*, 6(4), 20. <https://doi.org/10.7603/s40681-016-0020-6>.



16. Dominguez, L. J., Gea, A., Ruiz-Estigarribia, L., Sayón-Orea, C., Fresán, U., Barbagallo, M., Ruiz-Canela, M., & Martínez-González, M. A. (2020). Low Dietary Magnesium and Overweight/Obesity in a Mediterranean Population: A Detrimental Synergy for the Development of Hypertension. The SUN Project. *Nutrients*, 13(1), 125. <https://doi.org/10.3390/nu13010125>
17. Rahnama Inchehsablagh, B., Ghadiri Soufi, F., Koochakkhani, S., Azarkish, F., Farshidi, H., Eslami, M., Mahmoodi, M., Soltani, N., & Eftekhari, E. (2023). Magnesium Supplementation Affects the Expression of Sirtuin1, Tumor Protein P53 and Endothelial Nitric Oxide Synthase Genes in Patients with Atherosclerosis: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *Indian journal of clinical biochemistry: IJCB*, 38(1), 59–66. <https://doi.org/10.1007/s12291-022-01032-0>
18. Patni, N., Fatima, M., Lamis, A., Siddiqui, S. W., Ashok, T., & Muhammad, A. (2022). Magnesium and Hypertension: Decoding Novel Anti-hypertensives. *Cureus*, 14(6), e25839. <https://doi.org/10.7759/cureus.25839>
19. Kario K., Chirinos JA. (2022) Chapter 38. Arterial stiffness and atherosclerosis: mechanistic and pathophysiologic interactions. *Textbook of Arterial Stiffness and Pulsatile Hemodynamics in Health and Disease*. Academic Press. Pages 609-620
20. Pusterla, L., Radovanovic, D., Muggli, F., Erne, P., Schoenenberger, A. W., Schoenenberger-Berzins, R., Parati, G., Suter, P., Lava, S. A. G., Gallino, A., & Bianchetti, M. G. (2022). Impact of Cardiovascular Risk Factors on Arterial Stiffness in a Countryside Area of Switzerland: Insights from the Swiss Longitudinal Cohort Study. *Cardiology and therapy*, 11(4), 545–557. <https://doi.org/10.1007/s40119-022-00280-8>
21. Pierce G. L. (2017). Mechanisms and Subclinical Consequences of Aortic Stiffness. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 70(5), 848–853. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.08933>
22. van der Sluijs, K. M., Thannhauser, J., Visser, I. M., Nabeel, P. M., Raj, K. V., Malik, A. E. F., Reesink, K. D., Eijvogels, T. (2023). Central and local arterial stiffness in White Europeans compared to age-, sex-, and BMI-matched South Asians. *PloS one*, 18(8), e0290118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290118>
23. Joris, P. J., Plat, J., Bakker, S. J., & Mensink, R. P. (2016). Long-term magnesium supplementation improves arterial stiffness in overweight and obese adults: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled intervention trial. *The American journal of clinical nutrition*, 103(5), 1260–1266. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.131466>
24. Schutten, J. C., Joris, P. J., Groendijk, I., Eelderink, C., Groothof, D., van der Veen, Y., Westerhuis, R. (2022). Effects of Magnesium Citrate, Magnesium Oxide, and Magnesium Sulfate Supplementation on Arterial Stiffness: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Intervention Trial. *Journal of the American Heart Association*, 11(6), e021783. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.021783>
25. Yorifuji, M., Kuragano, T., Kawada, S., Fukao, W., Toyoda, K., & Nakanishi, T. (2018). Factors associated with serum magnesium and vascular stiffness in maintenance hemodialysis patients. *Hemodialysis international. International Symposium on Home Hemodialysis*, 22(3), 342–350. <https://doi.org/10.1111/hdi.12625>
26. Chrysant, S. G., & Chrysant, G. S. (2019). Association of hypomagnesemia with cardiovascular diseases and hypertension. *International Journal of Cardiology. Hypertension*, 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.ijchy.2019.100005>
27. Salehidoost, R., Taghipour Boroujeni, G., Feizi, A., Aminorroaya, A., & Amini, M. (2022). Effect of oral magnesium supplement on cardiometabolic markers in people with prediabetes: a double blind randomized controlled clinical trial. *Scientific reports*, 12(1), 18209. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20277-6>

28. Rosanoff, A., Costello, R. B., & Johnson, G. H. (2021). Effectively Prescribing Oral Magnesium Therapy for Hypertension: A Categorized Systematic Review of 49 Clinical Trials. *Nutrients*, 13(1), 195. <https://doi.org/10.3390/nu13010195>
29. Vermeulen, E. A., de Jong, H. B. T., Blomjous, A. G. A., Eelderink, C., Hoekstra, T., Elders, P. J. M., de Borst, M. H., Vervloet, M. G., van Ballegooijen, A. J., & Beulens, J. W. (2022). Magnesium intake and vascular structure and function: the Hoorn Study. *European journal of nutrition*, 61(2), 653–664. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02667-0>
30. Cunha, A. R., D'El-Rei, J., Medeiros, F., Umbelino, B., Oigman, W., Touyz, R. M., & Neves, M. F. (2017). Oral magnesium supplementation improves endothelial function and attenuates subclinical atherosclerosis in thiazide-treated hypertensive women. *Journal of hypertension*, 35(1), 89–97. <https://doi.org/10.1097/HJH.000000000000112>