

УДК 612:616-098:616.1:616.4

Ю.В. Марушко, Н.Г. Костинська, Т.В. Гищак, Т.В. Марушко**Біологічна роль хрому і вплив змін його вмісту на перебіг ожиріння та артеріальної гіпертензії в дітей (огляд літератури, власні дослідження)**

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2022). 3(123): 73-79. doi 10.15574/SP.2022.123.73

For citation: Marushko YuV, Kostynska NG, Hyshchak TV, Marushko TV. (2022). The biological role of chromium and the impact of changes in its content on the course of obesity and hypertension in children (literature review, own research). Modern Pediatrics. Ukraine. 3(123): 73-79. doi 10.15574/SP.2022.123.73.

Вивчення ролі дефіциту деяких мікроелементів в організмі людини не втрачає своєї актуальності протягом десятиріч. Одним із таких мікроелементів є хром. У зв'язку з його здатністю знижувати оксидативний стрес та хронічне запалення в організмі людини значну увагу приділяють вивченню ролі хрому в лікуванні ожиріння та артеріальної гіпертензії. Ряд вчених у дослідженнях показали позитивний ефект від саплементації хрому при цих захворюваннях. Однак залишається велика кількість невивчених питань. Зокрема, більшість досліджень присвячена вивченню ізольованих захворювань, тоді як у багатьох пацієнтів зазвичай наявна коморбідність декількох захворювань. Також поза увагою науковців залишається вивчення ролі цього мікроелемента в дітей. Більшість вчених наголошують на необхідності подальших досліджень у цьому напрямку.

Мета — узагальнити дані літератури та результати власних досліджень щодо біологічної ролі хрому і впливу змін його вмісту на перебіг ожиріння та артеріальної гіпертензії в дітей.

Результати та висновки. Сьогодні роль хрому в лікуванні та профілактиці ожиріння та артеріальної гіпертензії продовжують вивчати. За даними літературних джерел, у разі зниження рівня хрому в плазмі крові пацієнтів статистично достовірно частіше реєструють ожиріння та артеріальну гіпертензію. За даними систематичних оглядів, саплементация хрому сприяє зниженню маси тіла, а також систолічного та діастолічного артеріального тиску в пацієнтів з ожирінням та артеріальною гіпертензією. У результаті проведеного дослідження виявлено, що рівень хрому у волоссі дітей шкільного віку за наявності артеріальної гіпертензії в поєднанні з ожирінням статистично достовірно ($p < 0,01$) нижчий, ніж у здорових однолітків.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: хром, мікроелементи, ожиріння, артеріальна гіпертензія, коморбідність, діти.

The biological role of chromium and the impact of changes in its content on the course of obesity and hypertension in children (literature review, own research)**Yu. V. Marushko, N. G. Kostynska, T. V. Hyshchak, T. V. Marushko**

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

The study of the role of certain microelements deficiency in the human body has not lost its relevance for decades. One of these microelements is chromium. Given its ability to reduce oxidative stress and chronic inflammation in the human body, much attention is being paid to studying the role of chromium in the treatment of obesity and hypertension. A number of scientists in their studies have shown a positive effect of chromium supplementation in these diseases. However, a large number of unexplored questions remain. In particular, most of the studies are devoted to the study of isolated diseases, while many patients usually have a comorbidity of several diseases. Also, the study of the role of this microelement in children remains without the attention of scientists. Most scientists note the need for further research in this direction.

Purpose — to summarize the literature data and the results of our own studies of the biological role of chromium and the impact of changes in its content on the course of obesity and hypertension in children.

Results and conclusions. Today, the role of chromium in the treatment and prevention of obesity and hypertension continues to be studied. According to literature sources, with a decrease in the level of chromium in the blood plasma of patients, obesity and hypertension are statistically significantly more often recorded. In systematic reviews chromium supplementation has been shown to reduce body weight and systolic and diastolic blood pressure in patients with obesity and hypertension. As a result of the study, it was found that the level of chromium in the hair of school-age children with hypertension in combination with obesity is statistically significantly ($p < 0.01$) lower than in healthy peers.

No conflict of interests was declared by the authors.

Key words: chromium, microelements, obesity, hypertension, comorbidity, children.

Протягом останніх десятиріч вчені приділяють багато уваги вивченню ролі дефіциту деяких мікроелементів у розвитку та лікуванні різноманітних захворювань. Одним із таких мікроелементів є хром. Понад 60 років у світі вивчають вплив цього мікроелемента на організм людини. На сьогодні в літературі є багато відомостей щодо його властивостей, однак дослідження продовжуються [4,20,22,26,37,42].

У центрі уваги більшості дослідників знаходиться хром (III), оскільки він відіграє важливу роль у профілактиці та лікуванні багатьох захворювань людини [9,14,15].

Основні позитивні ефекти хрому (III) такі: поліпшення обміну ліпідів, оптимізація антропометричних даних пацієнтів (маса тіла, обвід талії) без впливу на м'язову тканину, підвищення толерантності до глюкози, нормалізація артеріального тиску тощо

[9]. Водночас хром (VI) — це потенційно токсичний важкий метал, який чинить канцерогенний та мутагенний вплив на людський організм і є серйозним забруднювачем навколишнього середовища [31,36,30].

Враховуючи вищенаведені лікувальні ефекти хрому (III), його вивчення в умовах сьогодення має велике значення для ведення пацієнтів з ожирінням, оскільки останнє є важливою медико-соціальною проблемою. Невпинне зростання рівня поширеності ожиріння серед дорослих і дітей у світі (близько 700 млн дорослих та 124 млн дітей [7]) робить актуальним удосконалення лікувальних і профілактичних заходів цим пацієнтам [40,41].

Ожиріння має не тільки негативні естетичні наслідки, але й тісно пов'язане зі значною кількістю ускладнень, а при коморбідності з іншими хворобами змінює перебіг останніх [41]. Так, все частіше порушують питання про підвищений ризик розвитку та тяжчий перебіг у разі комбінації з ожирінням бронхіальної астми [2,18,24,25], гіпертонічної хвороби [11,19] та іншими.

Ожиріння потребує комплексного підходу до лікувально-реабілітаційних заходів. На сьогодні розроблена значна кількість рекомендацій для зниження надмірної маси тіла [6], проте немає однозначних результатів щодо їх ефективності. Багато з поширених методик схуднення мають тимчасовий лікувальний ефект, оскільки часто під їх дією відбувається втрата організмом рідини, а не жирової тканини [47].

Ряд дослідників використовують препарати хрому в комплексному лікуванні ожиріння. Хоча спосіб дії хрому на організм людини на молекулярному рівні є предметом активних

дискусій, доведеним механізмом його впливу на ожиріння є здатність знижувати оксидативний стрес і хронічне запалення, які вважаються ключовими факторами в патогенезі ожиріння. Крім того, хром підвищує рівень глутатіону (ендогенний антиоксидант), впливає на активність супероксиддисмутази та каталази (антиоксидантні ферменти) [4,15,27].

Як антиоксидант хром має певне значення в лікуванні коморбідності ожиріння та артеріальної гіпертензії [22,23,27].

У разі поєднання артеріальної гіпертензії та ожиріння підвищується ймовірність розвитку кардіоваскулярних ризиків, цукрового діабету II типу тощо [5,22].

Проведені нами раніше дослідження вказують на те, що при коморбідності артеріальної гіпертензії та ожиріння в дітей знижується толерантність до фізичних навантажень і суттєво погіршується якість життя [17].

Мета дослідження — узагальнити дані літератури та результати власних досліджень щодо біологічної ролі хрому і впливу змін його вмісту на перебіг ожиріння та артеріальної гіпертензії в дітей.

Хром (Cr) — це хімічний елемент VI В групи четвертого періоду з періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва з атомним номером 24 [29].

Хром потрапляє до людського організму з водою, повітрям і продуктами харчування (овочі та фрукти, морепродукти, яйця, дріжджі, м'ясо, бобові). Окремо слід зазначити, що вміст цього хімічного елемента в рослинах та м'ясі значною мірою залежить від його вмісту в ґрунті та воді тієї місцевості, з якої походять зазначені продукти (табл. 1). Певна кількість хрому потрапляє до організму внаслідок обробки їжі за допомогою предметів із нержавіючої сталі [8,29,33–35].

Хром всмоктується переважно в тонкому кишечнику шляхом пасивної дифузії. До тканин доставляється за допомогою трансферину шляхом ендцитозу. Накопичується переважно в печінці, кишечнику, щитоподібній залозі, хрящовій та кістковій тканинах, легенях. Незасвоєний хром виводиться з калом, сечею, потом. У разі посиленних фізичних навантажень, стресу, інфекційних захворювань, цукрового діабету, харчування з великою кількістю вуглеводів відбувається посилене виведення хрому з сечею. Біодоступність із неорганічних сполук становить 0,5–1%,

Таблиця 1

Вміст хрому в деяких продуктах харчування (А.В. Скальний)

Продукт харчування	Вміст хрому (мкг) у 100 г продукту
Пшеничний хліб грубого помелу	49,0
Пшеничний хліб	37,0
Кукурудза	32,0
Жито	25,0
Овес	13,1
Ячмінь	13,0
Картопля	33,0
Цибуля	15,5
Лісовий горіх	14,0
Мигдаль	12,0
Какао	60,0
Чорний чай	110,0

однак при його надходженні у вигляді комплексних сполук (піколінат, хлорид, аспарагінат) зростає до 20–25%. Клінічні прояви дефіциту хрому в організмі дорослої людини з'являються при надходженні його менше 20 мкг/добу. Поріг токсичності становить 5 мкг/добу [18,24,32,33,44].

Добова потреба хрому залежить від віку, статі та збільшується під час вагітності й лактації в жінок. Рекомендації щодо дієтичного харчування від Міністерства охорони здоров'я та соціальних служб США і Міністерства сільського господарства США (2005 р.) наведено в таблиці 2.

У середньому в організмі дорослої людини міститься близько 6 г хрому. Найвища концентрація цього мікроелемента спостерігається в печінці (0,2 мкг/кг), нирках (0,6 мкг/кг), м'язах (0,024–0,84 мкг/кг) і нігтях (6,2 мкг/кг). У клінічній практиці та наукових дослідженнях рівень хрому зазвичай визначається в сироватці крові (норма – 0,1–0,5 мкг/л), у волоссі (0,2–0,7 мкг/г), у сечі (0,1–1,5 мкг/л) за допомогою мас-спектрометрії [13,28,33]. Літературні джерела вказують на те, що переконливих даних щодо побічних ефектів від споживання надлишку хрому з їжею або біологічними добавками в літературі немає, тому і не визначають верхню допустиму межу його вмісту в організмі людини [44].

За даними літератури, знижений вміст хрому в організмі призводить до розвитку інсулінорезистентності та порушення обміну ліпідів, унаслідок чого можуть розвиватися такі захворювання, як цукровий діабет II типу, ожиріння [12,14]. Показана кореляція дефіциту хрому з підвищенням кардіоваскулярних ризиків [21,50].

Існують дослідження, які вказують на здатність хрому зменшувати вміст прозапальних біомаркерів (фактор некрозу пухлин А, С-реактивний білок, інтерлейкіни, молекула міжклітинної адгезії 1, адипоцитокіни), тому за недостатності хрому в організмі людини підвищується ризик розвитку запальних захворювань та їх тяжчого перебігу [21,44].

Крім того, дослідники вказують на зниження пам'яті та когнітивних властивостей у людей з недостатнім рівнем хрому в організмі [1,18].

Європейська комісія з питань дієтичних продуктів, харчування та алергії дійшла висновку, що механізм дії хрому (III) на організм

Таблиця 2
Рекомендації щодо добової потреби хрому (мкг) для людей різного віку і статі від Міністерства охорони здоров'я та соціальних служб США і Міністерства сільського господарства США (2005 р.)*

Вік	Чоловіки	Жінки	Вагітність	Лактація
0–6 місяців	0,2	0,2		
7–12 місяців	5,5	5,5		
1–3 роки	11	11		
4–8 років	15	15		
9–13 років	25	21		
14–18 років	35	25	29	44
19–50 років	35	25	30	45
Від 50 років	30	20		

Примітка: * – для немовлят від народження до 12 місяців показники зазначені на середньому споживанні хрому немовлятами, які харчуються переважно жіночим молоком [43].

людини остаточно не визначений, а роль в метаболізмі обґрунтована недостатньо [45,46]. Сьогодні більшість науковців наголошують на необхідності проведення подальших досліджень щодо ролі хрому в лікуванні та профілактиці багатьох захворювань та називають його мікроелементом із вираженою фармакологічною активністю [32,45].

Так, проведено декілька метааналізів літературних джерел із біологічної ролі хрому на базі електронних даних «Pubmed», які містять різну кількість досліджень і пацієнтів [22,26,28,37,39,42,50].

У 2021 р. опубліковано дослідження [20], проведене на самцях щурів, у якому поряд з іншими параметрами вивчали вплив хрому на масу тіла в особин, які мають переддіабет та ожиріння. Усіх досліджуваних тварин за допомогою рандомізації поділили на чотири групи. Перша група (контрольна) отримувала стандартну дієту; друга група – 32% інвертованого цукру; третя група – дотацію хрому (III) хлориду; четверта група – дотацію хрому (III) хлориду в поєднанні з високоінвертованим цукром. Результати дослідження вказують на те, що дотація хрому до раціону щурів разом із поліпшенням метаболізму глюкози позитивно впливає на масу тіла – знижується індекс маси тіла ($p=0,04$) та очеревинний жир ($p<0,001$).

У 2017 р. опубліковано метааналіз, який включав шість рандомізованих клінічних досліджень, проведених серед жінок із синдромом полікістозних яєчників. Істотної різниці в показниках індексу маси тіла до та

після лікування серед пацієнтів, які отримували та не отримували хром, не виявлено [37].

У 2018 р. опубліковано дослідження, у ході якого вивчали рівень хрому в плазмі крові пацієнтів з ожирінням та артеріальною гіпертензією. Дослідження включало 331 пацієнта обох статей віком від 35 до 65 років. Виявлено, що рівень хрому в осіб з ожирінням і/або обводом талії понад 102 см для чоловіків та 88 см для жінок достовірно нижчий, ніж у людей без цих ознак ($p < 0,05$). Також знижений рівень хрому відмічено в пацієнтів із поєднанням цукрового діабету та артеріальної гіпертензії ($p \leq 0,001$). Достовірної кореляції в пацієнтів із цукровим діабетом між ліпідним профілем і рівнем хрому не виявлено [22].

У 2019 р. опубліковано метааналіз, присвячений вивченню впливу саплементації хрому на антропометричних показників в осіб з ожирінням та надмірною масою тіла. Проаналізовано 19 досліджень, придатних для статистичного об'єднання, включено результати 1316 учасників різного віку та статі. Аналіз даних показав деяке поліпшення антропометричних показників серед пацієнтів з ожирінням: зниження маси тіла (середня різниця: $-0,75$ кг, 95% довірчий інтервал, $-1,04$, $-0,45$, $p < 0,001$), індекс маси тіла (середня різниця: $-0,40$ кг, 95% довірчий інтервал, $-0,66$, $-0,13$, $p = 0,003$) і відсоток жиру в організмі (середня різниця: $-0,68$ кг, 95% довірчий інтервал, $-1,32$, $-0,03$, $p = 0,04$) в осіб із зайвою вагою / ожирінням. У контрольній групі змін не виявлено. Найкращі результати спостерігалися в дослідженнях, тривалість яких становила менше 12 тижнів, а доза саплементованого хрому — менше 400 мкг/добу. Однак, на думку авторів, ефект середній, а клінічна значущість хрому як засобу для зниження маси тіла сумнівна. Автори також наголошують на необхідності проведення додаткових досліджень для досконалішого вивчення впливу цього мікроелемента на масу тіла, особливо в пацієнтів із деякими супутніми захворюваннями [42].

У 2021 р. опубліковано дослідження, проведене в Китаї за участю 6754 пацієнтів віком від 18 років. Усіх досліджуваних поділено на дві групи. Перша включала в себе пацієнтів з артеріальною гіпертензією, друга — контрольна. Вивчали дані артеріального тиску та рівень 12 мікроелементів у сироватці крові. Результати дослідження показали, що за наявності артеріальної гіпертензії рівень хрому

в сироватці крові нижчий, ніж у контрольній групі (перша група — $8,77 \pm 10,12$ мкг/л; друга група — $10,12 \pm 10,72$ мкг/л). Автори наголошують на необхідності подальших досліджень, які допомогли б встановити наявність або відсутність взаємозв'язку зниження рівня хрому в організмі та розвитку артеріальної гіпертензії [50].

У 2020 р. опубліковано дослідження, метою якого стало вивчення рівня різних мікроелементів у сироватці крові та волоссі пацієнтів з ожирінням та з нормальною масою тіла. Проводили статистичну обробку даних 395 пацієнтів (199 — з нормальною масою тіла, 196 — з ожирінням). Рівень мікроелементів визначали за допомогою мас-спектрометрії з індуктивнозв'язаною плазмою в NexION 300D (PerkinElmer Inc., США). У результаті дослідження встановлено, що рівень хрому в сироватці крові людей з ожирінням на 47% нижчий, ніж в осіб із нормальною масою тіла. У регресійній моделі, скорегованій на вік і стать, рівень хрому у волоссі був обернено пропорційним індексу маси тіла [39].

Отже, у результаті багатьох досліджень показано статистично значущу роль хрому та його змін в організмі людини при ожирінні, артеріальній гіпертензії, інших захворюваннях. Однак окремими дослідниками виявлено тенденцію до змін вмісту хрому в пацієнтів з ожирінням та артеріальною гіпертензією, але достовірних даних не отримано. Такі результати вказують на необхідність подальших досліджень вивчення ролі хрому в перебігу соматичних захворювань.

Нами на базі Дитячої клінічної лікарні № 5 міста Києва проведено дослідження щодо визначення вмісту хрому у волоссі дітей. Обстежено 63 дитини віком від 8 до 18 років, які спостерігались у лікаря з приводу ожиріння, артеріальної гіпертензії або їх поєднання. Усім дітям проведено вимір антропометричних показників (маса тіла, зріст, індекс маси тіла), добовий моніторинг артеріального тиску (апарат «Meditech АВРМ-04», Угорщина), аналіз прикореневої частини волосся на вміст хрому за допомогою рентгенфлуоресцентної спектрометрії в лабораторії НТЦ «Віріа» (МВВ № 081/12-4502-00 від 21.07.00, атестований Українським державним НВЦ стандартизації, метрології та сертифікації Укр ЦМС) на аналізаторі «ElvaX-med». Усіх дітей поділено на три групи: до першої

залучено дітей ($n=40$) з нормальною масою тіла та нормальним артеріальним тиском; до другої ($n=10$) – з ожирінням та нормальним артеріальним тиском; до третьої ($n=13$) – з ожирінням у поєднанні з артеріальною гіпертензією. Статистичну обробку даних проведено в програмі «MedStat» (Ю.Є. Лях, В.Г. Гур'янов). Розподіл отриманих результатів на нормальність перевірено за допомогою критерію Шапіро–Уїлка, закон розподілу для всіх досліджуваних груп не відрізнявся від нормального. Результати дослідження наведено у вигляді середнього значення (\bar{X}) та середнього квадратичного відхилення (SD). Порівняння середніх значень у трьох незалежних групах проведено за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу, по-стеріорні порівняння – за критерієм Шеффе [10]. Для перевірки статистичних гіпотез при порівнянні груп як критичний рівень значущості (p) прийнято $p < 0,05$.

Дослідження виконано відповідно до міжнародних принципів проведення клінічних досліджень GCP, GLP. Протокол дослідження затверджено на засіданні Комісії з питань біоетичної експертизи при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця (№ 127 від 2 грудня 2019 року).

Вміст хрому у волоссі дітей першої досліджуваної групи (здорові діти) становив $0,28 \pm 0,12$ мкг/г ($\bar{X} \pm SD$), що відповідає нормі. У другій досліджуваній групі рівень хрому був дещо нижчим і становив $0,24 \pm 0,08$ мкг/г, однак достовірної різниці між результатами в першій та другій групах не виявлено ($p=0,59$). Рівень хрому в дітей третьої групи становив $0,17 \pm 0,05$ мкг/г, що статистично відрізнялося від показників у першій досліджуваній групі ($p < 0,01$). Отримані результати вказують на те, що за наявності ожиріння в пацієнтів спостерігається тенденція до зменшення вмісту хрому у волоссі. При коморбідності артеріальної гіпертензії з ожирінням рівень хрому в організмі пацієнтів достовірно нижчий, ніж у здорових дітей. Однак достовірності між показниками вмісту хрому в дітей другої та третьої груп не виявлено. Це підкреслює з найбільшою вірогідністю, що саме при ожирінні відбуваються зміни вмісту хрому.

Ряд досліджень присвячено застосуванню препаратів хрому в терапії ожиріння. На користь застосування хрому в лікуванні

ожиріння свідчать результати метааналізу, опублікованого у 2021 р. [38]. Авторами проаналізовано 38 досліджень (41 лікувальна група, 7605 учасників), доступних на ресурсах «PubMed» / «Medline», «Scopus», «Web of sciences», «Google Scholar» та бібліотеці Кокрейна, опублікованих до серпня 2020 року. Виявлено, що хром значно знижує рівень ліпопротеїдів дуже низької щільності. Однак антропометричні дані пацієнтів не були в полі зору дослідників.

У 2021 р. опубліковано метааналіз 11 досліджень за участю 637 учасників дорослого віку. Вивчали вплив саплементації хрому на артеріальний тиск у пацієнтів з артеріальною гіпертензією. Оцінка отриманих результатів показала зниження систолічного та діастолічного артеріального тиску в пацієнтів, які отримували дотацію хрому (середня різниця систолічного артеріального тиску – 2,51 мм рт. ст.; 95% довірчий інтервал – від 4,97 до -0,05, $p=0,04$; середня різниця діастолічного артеріального тиску – 2,51 мм рт. ст.; 95% довірчий інтервал – від 1,96 до -0,12, $p=0,026$). Антропометричні дані не були в полі зору дослідників [16].

Отже, незважаючи на значну кількість проведених досліджень, на сьогодні продовжують вивчати роль хрому в організмі людини. Більшість літературних джерел вказують на лікувальні властивості хрому при ожирінні. Водночас окремі дослідники не виявили такого позитивного впливу [37,38,42,47].

Також недостатньо досліджень, які б вивчали роль цього мікроелемента при коморбідності ожиріння з артеріальною гіпертензією та при ізольованій артеріальній гіпертензії [16]. Звертає на себе увагу те, що майже всі дослідження проведені серед дорослого населення. У літературних джерелах є поодинокі повідомлення щодо впливу дефіциту хрому на розвиток когнітивних порушень у дітей різних вікових груп [13,18,49]. Вивчали рівень хрому в організмі дітей, які отримували хіміотерапію з метою лікування гострого лімфобластного лейкозу [3]. Також проводили дослідження щодо рівня хрому в дітей різного віку, які отримують парентеральне харчування [48]. Однак масштабних досліджень, які б вивчали ефект від саплементації хрому в дітей при ожирінні, артеріальній гіпертензії або їх поєднанні, не проводили.

Висновки

Сьогодні роль хрому в лікуванні й профілактиці ожиріння та артеріальної гіпертензії продовжують вивчати. За даними літературних джерел, у разі зниження рівня хрому в плазмі крові пацієнтів статистично достовірно частіше реєструють ожиріння та артеріальну гіпертензію.

За даними систематичних оглядів, саплементация хрому сприяє зниженню маси тіла, а

також систолічного і діастолічного артеріального тиску в пацієнтів з ожирінням та артеріальною гіпертензією.

У результаті проведеного дослідження виявлено, що рівень хрому у волоссі дітей шкільного віку за наявності артеріальної гіпертензії в поєднанні з ожирінням статистично достовірно ($p < 0,01$) нижчий, ніж у здорових одноклітків.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

- Akhtar A, Dhaliwal J, Saroj P et al. (2020). Chromium picolinate attenuates cognitive deficit in ICV-STZ rat paradigm of sporadic Alzheimer's-like dementia via targeting neuroinflammatory and IRS-1/PI3K/AKT/GSK-3 β pathway. *Inflammo pharmacology*. 28 (2): 385–400. doi: 10.1007/s10787-019-00681-7.
- Deng X, Ma J, Yuan Y, Zhang Z, Niu W. (2019). Association between overweight or obesity and the risk for childhood asthma and wheeze: An updated meta-analysis on 18 articles and 73 252 children. *Pediatr Obes*. 14 (9). doi: 10.1111/ijpo.12532.
- Dubey P, Thakur V, Chattopadhyay M. (2020). Role of Minerals and Trace Elements in Diabetes and Insulin Resistance. *Nutrients*. 12 (6): 1864. doi: 10.3390/nu12061864.
- Dworzański W, Sembratowicz I, Cholewińska E et al. (2021). Effects of Different Chromium Compounds on Hematology and Inflammatory Cytokines in Rats Fed High-Fat Diet. *Front Immunol*. 12: 614000. doi: 10.3389/fimmu.2021.614000.
- Dzhuryak VS, Bondarchuk IV, Sydoruk LP et al. (2017). The risk of chronic kidney disease and diabetes mellitus in patients with arterial hypertension. *Simeina medytsyna*. 2: 51–54.
- Gabel K, Hoddy KK, Varady KA. (2019). Safety of 8-h time restricted feeding in adults with obesity. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolism*. 44 (1): 107–109. doi: 10.1139/apnm-2018-0389.
- Garwood P. (2017). Tenfold increase in childhood and adolescent obesity in four decades: new study by Imperial College London and WHO. World Health Organization. URL: <http://surl.li/bvubw>.
- Guarneri F, Costa C, Cannavò SP et al. (2017). Release of nickel and chromium in common foods during cooking in 18/10 (grade 316) stainless steel pots. *Contact Dermatitis*. 76 (1): 40–48. doi: 10.1111/cod.12692.
- Heshmati J, Omani-Samani R, Vesali S et al. (2018). The Effects of Supplementation with Chromium on Insulin Resistance Indices in Women with Polycystic Ovarian Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Horm Metab Res*. 50 (3): 193–200. doi: 10.1055/s-0044-101835.
- Hurianov VH, Liakh Yule, Parii VD. (2018). Posibnyk z biostatystyky. Analiz rezultativ medychnykh doslidzhen u paketi EZR. Kyiv: Vistka: 208.
- Hyshchak TV, Marushko YuV. (2016). Adaptation phase in children with primary hypertension. *Sovremennaya pediatriya*. 7 (79): 88–93. doi: 10.15574/SP.2016.79.88.
- Imanparast F, Javaheri J, Kamankesh F et al. (2020). The effects of chromium and vitamin D₃ co-supplementation on insulin resistance and tumor necrosis factor-alpha in type 2 diabetes: a randomized placebo-controlled trial. *Appl Physiol Nutr Metab*. 45 (5): 471–477. doi: 10.1139/apnm-2019-0113.
- Islam GMR, Rahman MM, Hasan MI et al. (2022). Hair, serum and urine chromium levels in children with cognitive defects: A systematic review and meta-analysis of case control studies. *Chemosphere*. 291 (2): 133017. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.133017.
- Khodavirdipour A, Haddadi F, Keshavarzi S. (2020). Chromium Supplementation; Negotiation with Diabetes Mellitus, Hyperlipidemia and Depression. *J Diabetes Metab Disord*. 19 (1): 585–595. doi: 10.1007/s40200-020-00501-8.
- Kooshki F, Tutunchi H, Vajdi M et al. (2021). A Comprehensive insight into the effect of chromium supplementation on oxidative stress indices in diabetes mellitus: A systematic review. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 48 (3): 291–309. doi: 10.1111/1440-1681.13462.
- Lari A, Fatahi S, Sohoul MH et al. (2021). F The Impact of Chromium Supplementation on Blood Pressure: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Randomized-Controlled Trials. *High Blood Press Cardiovasc Prev*. 28 (4): 333–342. doi: 10.1007/s40292-021-00456-8.
- Marushko Y, Hyshchak T, Marushko T, Onufriev O, Zlobynets A, Khomych O. (2020). Health-related quality of life in pediatric patients with high-normal blood pressure and primary arterial hypertension. *Family Medicine & Primary Care Review*. 22 (4): 291–296. doi: 10.5114/fmpcr.2020.100433.
- Marushko Yu, Tarynska O. (2014). The level of chrome in children's hair. *Actual Problems of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology*. 2: 47–49.
- Marushko Y, Kostynska N, Hyshchak T. (2021). Exercise tolerance of school-age children with hypertension, considering body weight. *Zaporozhye Medical Journal*. 23, 4 (127): 509–515.
- Molz P, Molz WA, Dallemole DR et al. (2021). Potential Ameliorative Effects of Chromium Supplementation on Glucose Metabolism, Obesity, and Genomic Stability in Prediabetic Rat Model. *Biol Trace Elem Res*. 199 (5): 1893–1899. doi: 10.1007/s12011-020-02299-1.
- Moradi F, Maleki V, Saleh-Ghadimi S et al. (2019). Potential roles of chromium on inflammatory biomarkers in diabetes: A Systematic. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 46 (11): 975–983. doi: 10.1111/1440-1681.13144.
- Netyazhenko VZ, Bazhenova NM. (2020). The effect of obesity on the state of platelet-plasma hemostasis in patients with essential hypertension in combination with non-alcoholic fatty liver disease. *Simeina medytsyna*. 4: 56–62.
- Ngala RA, Awe MA, Nsiah P. (2018). The effects of plasma chromium on lipid profile, glucose metabolism

- and cardiovascular risk in type 2 diabetes mellitus. A case — control study. *PLoS One*. 13: 7. doi: 10.1371/journal.pone.0197977.
24. Novokshanova AL. (2018). *Byokhymyia dlia tekhnolohov v 2 ch. Chast 2. 2-e yzd. Uchebnyk y praktykum dlia bakalavryata*. Moskva: 302.
25. Nyambuya TM, Djudla PV, Mxinwa V, Nkambule BB. (2020). Obesity-related asthma in children is characterized by T-helper 1 rather than T-helper 2 immune response: A meta-analysis. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 125 (4): 425–432. doi: 10.1016/j.anaai.2020.06.020.
26. Onakpoya I, Posadzki P, Ernst E. (2013). Chromium supplementation in overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Obes Rev*. 14 (6): 496–507. doi: 10.1111/obr.12026.
27. Psarova V. (2019). Activity of the System of Oxidative Stress as Antioxidant Protection in Hypertension with Different Classes of Obesity. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*. 4 (4): 124–129.
28. Psarova V. (2019). Dependence of the activity of the system of oxidative stress — antioxidant protection on insulin resistance in patients with essential hypertension and obesity. *Eastern Ukrainian Medical Journal*. 7 (4): 323–328. doi: 10.21272/eumj.
29. Reutina SV. (2009). The role of chromium in the person's organism. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 4: 50–55.
30. Sadogurska KV, Kaplunenko VG, Chekman IS. (2014). Chromium and nanochromium: properties, prospects of application in medical practice. *Ukrainian medical journal*. 1 (99): 14–16.
31. Shahid M, Shamshada S, Rafiq M et al. (2017). Chromium speciation, bioavailability, uptake, toxicity and detoxification in soil-plant system: A review. *Chemosphere*. 178: 513–533. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.03.074.
32. Skalnyi A, Zaitseva Y, Tynkov A. (2018). *Mykrotlementy y sport. Personalizovannaia korrektsiia elementnoho statusa*. Moskva: 288.
33. Skalnyi AV, Rudakov YA, Notova SV et al. (2005). *Byoelementolohyia: osnovnye poniatiia y termyny termynolohycheskyi slovar*. Orenburh: 50.
34. Skalnyi AV. (2004). *Khymycheskye elementy v fyziolohyy y ekolohyicheloveka*. Moskva: 216.
35. Spears JW, Lloyd KE, Krafka K. (2017). Chromium concentrations in ruminant feed ingredients. *J Dairy Sci*. 100 (5): 3584–3590. doi: 10.3168/jds.2016-12153.
36. Tang X, Huang Y, Li Y et al. (2021). Study on detoxification and removal mechanisms of hexavalent chromium by microorganisms. *Ecotoxicol Environ Saf*. 208: 111699. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111699.
37. Tang XL, Sun Z, Gong L. (2018). Chromium supplementation in women with polycystic ovary syndrome: Systematic review and meta-analysis. *J Obstet Gynaecol Res*. 44 (1): 134–143. doi: 10.1111/jog.13462.
38. Tarrahi MJ, Tarrahi MA, Rafiee M et al. (2021). The effects of chromium supplementation on lipid profile in humans: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmacol Res*. 164: 105308. doi: 10.1016/j.phrs.2020.105308.
39. Tinkov AA, Skalnaya MG, Ajsuvakova OP et al. (2021). Selenium, Zinc, Chromium, and Vanadium Levels in Serum, Hair, and Urine Samples of Obese Adults Assessed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Biol Trace Elem Res*. 199 (2): 490–499. doi: 10.1007/s12011-020-02177-w.
40. Tkachenko VI, Bagro TO. (2020). The impact of stress on pathogenetic mechanisms of obesity (Systematic review). *Family Medicine*. 4: 88–91. doi: 10.37987/1997-9894.2016.1-2(197-8).203418.
41. Tkachenko VI, Bahro TO, Vydyborets' NV et al. (2016). Metabolic syndrome: diagnostics and prevention in family doctor practice. *Medicine of Ukraine*. 1–2 (197–198): 42–45.
42. Tsang C, Taghizadeh M, Aghabagheri E et al. (2019). A meta-analysis of the effect of chromium supplementation on anthropometric indices of subjects with overweight or obesity. *Clin Obes*. 9: 4. doi: 10.1111/cob.12313.
43. Tulasiand G, Jayantha Rao K. (2014). Essentiality of chromium for human health and dietary nutrition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2 (1): 107–108.
44. Vincent JB, Lukaski HC. (2018). Chromium. *Adv Nutr*. 9 (4): 505–506. doi: 10.1093/advances/nmx021.
45. Vincent JB. (2017). New Evidence against Chromium as an Essential Trace Element. *J Nutr*. 147 (12): 2212–2219. doi: 10.3945/jn.117.255901.
46. Vincent JB. (2019). Effects of chromium supplementation on body composition, human and animal health, and insulin and glucose metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 22 (6): 483–489. doi: 10.1097/MCO.0000000000000604.
47. Willoughby D, Hewlings S, Kalman D. (2018). Body Composition Changes in Weight Loss: Strategies and Supplementation for Maintaining Lean Body Mass, a Brief Review. *Nutrients*. 10 (12): 1876. doi: 10.3390/nu10121876.
48. Zemrani B, McCallum Z, Bines JE. (2018). Trace Element Provision in Parenteral Nutrition in Children: One Size Does Not Fit All. *Nutrients*. 10 (11): 1819. doi: 10.3390/nu10111819.
49. Zhang J, Lin J, Zhao X et al. (2022). Trace Element Changes in the Plasma of Autism Spectrum Disorder Children and the Positive Correlation Between Chromium and Vanadium. *Biol Trace Elem Res*. doi: 10.1007/s12011-021-03082-6.
50. Zhang Z, Zhao S, Wu H et al. (2022). Cross-sectional study: Relationship between serum trace elements and hypertension. *J Trace Elem Med Biol*. 69: 126893. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126893.

Відомості про авторів:

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

Костинська Наталія Георгіївна — PhD-аспірант каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, б-р Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0002-1922-3381>.

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

Марушко Тетяна Вікторівна — д.мед.н., проф., зав. каф. педіатрії №2 НУОЗ України імені П.Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Дорогожицька, 9. <http://orcid.org/0000-0002-0442-2695>.

Стаття надійшла до редакції 03.01.2022 р., прийнята до друку 18.04.2022 р.