

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ САПЛЕМЕНТАЦІЇ ХРОМУ У ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ З ОЖИРІННЯМ ТА ПОЄДНАННЯМ ОЖИРІННЯ З АРТЕРІАЛЬНОЮ ГІПЕРТЕНЗІЄЮ

Марушко Ю.В. <https://orcid.org/0000-0001-8066-9369>.

Костинська Н.Г. <https://orcid.org/0000-0002-1922-3381>.

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

iurii.marushko@gmail.com

Актуальність. Ряд науковців вказують на імовірну ефективність саплементациї хрому в лікуванні ожиріння. В окремих дослідженнях повідомлялося, що низький рівень хрому в плазмі крові корелює з високим кров'яним тиском у пацієнтів. Також доведено, що ліквідація дефіциту хрому у дорослих пацієнтів сприяє зниженню тривожності та покращенню розумової діяльності. Однак на сьогодні існує суттєвий дефіцит даних щодо ролі саплементациї хрому у дітей.

Ціль: оцінити вплив саплементациї хрому у дітей шкільного віку з ожирінням і коморбідністю артеріальної гіпертензії та ожиріння на якість життя, толерантність до фізичних навантажень та антропометричні показники.

Матеріали та методи. В дослідженні взяли участь 25 пацієнтів шкільного віку з ожирінням та коморбідністю артеріальної гіпертензії та ожиріння.

Результати. Після саплементациї хрому 92% дітей відмітили в себе покращення загального самопочуття, 60% пацієнтів відмітили зменшення частоти виникнення та інтенсивності головного болю, 60% дітей відмітили в себе зменшення відчуття голоду та прискорення відчуття насиченості під час прийому їжі. Виявлено достовірне покращення концентрації уваги, пам'яті та успішності в шкільних заняттях на рівні значимості $p < 0,05$. У 80% дітей виявлено суб'єктивне покращення фізичної працездатності. У пацієнтів з ожирінням після саплементациї хрому проба Руф'є знизилась з $13,4 \pm 1,5$ до $9,0 \pm 1,1$ балів ($p < 0,05$), у дітей з поєднанням АГ та ожиріння – з $15,2 \pm 1,2$ до $11,5 \pm 1,3$ балів ($p < 0,05$). У 100% пролікованих дітей зафіксовано зниження антропометричних показників. У дітей з ожирінням маса тіла знизилась на $8,2\% \pm 1,4$ від початкових результатів, індекс маси тіла на $8,4\% \pm 1,7$, обвід талії на $9,0\% \pm 2,1$, співвідношення обводу талії до зросту на $8,3\% \pm 2,9$. У дітей з коморбідністю артеріальної гіпертензії та ожиріння маса тіла в порівнянні з початковими показниками знизилась на $8,1\% \pm 1,4$, індекс маси тіла на $8,1\% \pm 1,0$, обвід талії на $7,1\% \pm 2,3$, співвідношення обводу талії до зросту на $8,5\% \pm 2,7$. Середні показники співвідношення обводу талії до зросту у пролікованих дітей знизились з $0,56 \pm 0,05$ до $0,51 \pm 0,02$ ($p = 0,037$), що свідчить про зменшення маси жирової тканини в організмі.

Висновок. Таким чином, виявлені нами дані роблять перспективним саплементацию хрому при ожирінні та його поєднанні з АГ у дітей шкільного віку.

Ключові слова: хром, ожиріння, артеріальна гіпертензія, антропометричні показники, індекс маси тіла, обвід талії, якість життя, толерантність до фізичних навантажень, діти.

Актуальність. Вивчення ролі саплементациї окремих мікро- та макроелементів в лікуванні різних захворювань на сьогодні вважається досить перспективним напрямком сучасної науки. Так, проведено ряд досліджень щодо визначення взаємозв'язку між дефіцитом магнію та тяжкості перебігу і розвитку ускладнень COVID-19 [1,2]. Також піднімається питання щодо імовірної кореляції рівня селену в організмі та ризику розвитку онкологічних захворювань [3,4]. Доведена роль ліквідації дефіциту цинку в профілактиці серцево-судинних захворювань та вірусних інфекцій [5,6].

Протягом багатьох років ведуться активні дискусії стосовно ролі хрому в організмі людини. Незважаючи на те, що опубліковано багато наукових досліджень щодо вивчення ефектів від саплементациї хрому при різних захворюваннях у дорослих людей, деякі аспекти залишаються невивченими [7]. Ряд дослідників використовують саплементацию хрому в комплексному лікуванні ожиріння. Хоча спосіб дії хрому на організм людини на молекулярному рівні достеменно не вивчений, 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 ендogenous антиоксидантів та впливає на активність антиоксидантних ферментів [8,9,10].

Разом з тим, враховуючи антиоксидантні властивості хрому, логічно припустити його терапевтичне значення в лікуванні коморбідності ожиріння та артеріальної гіпертензії (АГ) [11,12]. Доведено, що хром позитивно впливає на контроль рівня глюкози в крові, покращуючи передачу сигналів інсуліну через активацію рецептора тирозинкінази та стимулюючи транслокацію білка-транспортера глюкози в адипоцитах. Було продемонстровано, що саплементация хрому запобігає атерогенній дисліпідемії через безліч механізмів [13]. Хром бере участь і в центральних механізмах регуляції вуглеводного обміну за рахунок впливу на центральний контроль ситості, гомеостазу енергії та споживання їжі шляхом модуляції цих нейромедіаторів. При ожирінні хром має три точки прикладання: синтез серотоніну, дофамінергічна система і інсулінові рецептори. Ці три компоненти впливу складають нейробіологічну основу для здатності хрому впливати на харчову поведінку та настрої [14]. В окремих дослідженнях повідомлялося, що низький рівень хрому в плазмі крові пов'язаний з високим кров'яним тиском у пацієнтів із цукровим діабетом 2 типу [12]. Крім того, деякі науковці продемонстрували, що добавки хрому можуть покращити рівень АТ. [15]. За окремими даними, хром сприяє зниженню як систолічного, так і діастолічного АТ у дорослих [16]. Ряд науковців отримали результати, згідно яких саплементация хрому сприяє зниженню тільки діастолічного АТ [17]. Проте наявні повідомлення і про відсутність впливу дотацій хрому на АТ у дорослих [13,18].

На сьогодні в літературних джерелах також існують суперечливі дані стосовно ефективності впливу дотацій хрому на антропометричні показники і толерантність до фізичного навантаження у дорослих пацієнтів [19]. Так, за результатами дослідження О. Asbaghi та співавторів, добавки хрому сприяють зниженню діастолічного АТ у пацієнтів із цукровим

діабетом 2 типу, але не покращують індекс маси тіла (ІМТ) [20].

Навпаки, дослідження К. Brownley та його колег, яке проводилося за участю пацієнтів із переддіабетичним станом і МТ, продемонструвало зниження МТ після 6 місяців прийому добавок хрому піколінату (CrPic) однією з двох доз, 600 мкг/день або 1000 мкг/день. Тими ж авторами було доведено, що на тлі дотацій хрому зменшуються епізоди переїдання у пацієнтів з ожирінням. Це може бути пов'язане з тим, що завдяки покращенню активності інсуліну посилюється синтез серотоніну та збільшується надходження триптофану (попередника серотоніну) в мозок. Крім того, виходячи з реципрокної взаємодії між серотоніном і дофаміном через пряме синаптичне з'єднання, доведено, що хром опосередковано впливає на функцію дофаміну через рецептори серотоніну і 5-гідрокситриптаміну [21].

Також в окремих дослідженнях було продемонстровано антидепресивну дію добавок, що містять хром [22]. Доведено позитивні зміни моделі поведінки у дорослих при депресії та тривозі внаслідок курсу саплементация хрому [23].

Велика увага до вивчення ефективності хрому у дорослих співпадає з обмеженою кількістю досліджень, які вивчали б роль саплементация хрому у дітей. Так, наявні поодинокі дані щодо взаємозв'язку дефіциту хрому та когнітивних порушень у дітей різного віку [24-26]. В наших попередніх дослідженнях було визначено взаємозв'язок між дефіцитом хрому у волоссі дітей шкільного віку та наявністю у них ожиріння і АГ [7]. Однак даних щодо впливу саплементация хрому на антропометричні показники у таких дітей в літературних даних на сьогодні нема.

Ціль: оцінити вплив саплементация хрому у дітей шкільного віку з ожирінням і коморбідністю АГ та ожиріння на якість життя, толерантність до фізичних навантажень та антропометричні показники.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Нами обстежено 25 пацієнтів шкільного віку з ожирінням на базі ДКЛ №5 м. Киє-

ва у період з 2022 по 2023 рік. Серед них у 12 дітей ожиріння поєднувалось із стабільною АГ. Дівчаток було 15, хлопчиків – 10. Для порівняння нами додатково був вивчений вміст хрому у волоссі у 20 дітей шкільного віку з нормальним ІМТ (25-75 перцентилів). Вміст хрому у волоссі здорових дітей перевищував 0,5 мкг/г (від 0,51 мкг/г до 0,65 мкг/г)

Критеріями залучення в дослідження були: вік дітей 9-18 років, первинне ожиріння (за центильними таблицями Centers for Disease Control and Prevention ІМТ відповідно до віку та статі становив вище або рівно 95 перцентилу), первинна стабільна АГ, коморбідність АГ та ожиріння, зниження вмісту хрому у волоссі пацієнтів, відсутність гострих захворювань протягом останнього місяця, згода на спостереження.

Критеріями виключення в дослідженні були: надмірна маса тіла (МТ) пацієнтів, вторинні форми ожиріння та АГ, лабільна АГ, відмова від участі в дослідженні.

На початку дослідження всім пацієнтам проводилось визначення вмісту хрому у прикореневій частині волосся за допомогою рентгенфлуоресцентної спектрометрії в лабораторії Науково-технічний центр «Вірія» (МБВ № 081/12-4502-00 від 21.07.00, атестований Українським державним НВЦ стандартизації, метрології та сертифікації Укр ЦМС) на аналізаторі «ElvaX-med».

Пацієнтам проводилась саплементация піколінатом хрому (CrPic) 200 мкг 1 раз на добу вранці під час прийому їжі протягом 2 місяців. Дітям рекомендували продовжувати звичний для них рівень фізичної активності та калораж спожитої їжі. Одночасно пропонували дещо знизити споживання легкозасвоюваних вуглеводів, оскільки вони сприяють посиленому виведенню хрому з організму [25].

Діти з коморбідністю АГ та ожиріння щоденно отримували стандартну антигіпертензивну терапію - еналаприл у дозуваннях 5-20 мг на добу відповідно до тяжкості перебігу хвороби, що дозволяло контролювати захворювання.

В період саплементации хрому повідомлень від батьків про будь-які побічні реакції

CrPic або погіршення самопочуття не було.

На початку дослідження і через два місяці саплементации хрому усім дітям було проведено визначення якості життя з використанням опитувальника PedsQL 4.0 [27]. Додатково після саплементации хрому було проведено анкетування за допомогою опитувальника, розробленого нами для контролю суб'єктивної оцінки свого стану здоров'я учасниками дослідження, яке включало в себе пункти про загальне самопочуття, апетит, розумову та фізичну працездатність та задоволеність від отриманих результатів після дотації хрому.

Також перед початком саплементации хрому та після неї усім дітям було визначено ІМТ, обвід талії (ОТ), співвідношення обводу талії до зросту (ОТ/зріст), їх оцінка проводилась за загальноприйнятими стандартами [28-34].

Для визначення толерантності до фізичного навантаження до та після дотації хрому усім пацієнтам було проведено пробу Руф'є [35].

Для обробки отриманих результатів нами було використано ліцензійні версії статистичних пакетів MedStat v 5.2 (Лях Ю.Є., Гур'янов В.Г.) та EZR v1.35 (Saitama Medical Centre, Jichi Medical University, Saitama Japan 2017). Перевірка розподілу показників на нормальність проводилась за допомогою критерія Шапіро-Уїлка. Результати дослідження для показників з нормальним розподілом представлені у вигляді середнього значення (\bar{X}) та середнього квадратичного відхилення (SD). Для порівняння середніх значень в двох незалежних групах було використано однофакторний дисперсійний аналіз. Показники, розподіл яких відрізнявся від нормального, представлені у вигляді медіани та кuartилів (Me [QI;QIII]). Оскільки МТ, ІМТ та ОТ у дітей – якісні показники (оцінюються за центильними таблицями), в роботі не вказані їх середні значення у обстежених дітей, а динаміка змін внаслідок саплементации хрому представлена як відсоток зниження. Для якісних ознак розраховано частоту прояву (%) та її 95% вірогідний інтервал. Для порівняння якісних ознак використано критерій хі-квадрат. Критичний рівень значущості для перевірки статистичних гіпотез при порівнянні груп прийнято $p < 0,05$.

Дослідження було проведено відповідно до міжнародних принципів проведення клінічних досліджень GCP, GLP. На проведення дослідження було отримано інформовану згоду батьків/опікунів досліджуваних дітей.

РЕЗУЛЬТАТИ

На початку дослідження у всіх обстежених дітей було зареєстровано зниження вмісту хрому у прикореневій частині волосся нижче референтних значень (менше 0,5 мкг/г для аналізатора «ElvaX-med»). У дітей з ожирінням середні показники становили $0,29 \pm 0,09$ мкг/г, у пацієнтів з коморбідністю ожиріння та АГ - $0,24 \pm 0,07$ мкг/г.

За клінічними даними після саплементації хрому за вищевказаною схемою (200 мкг на добу два місяці) 23 (92%) пацієнта відмітили в себе покращення загального самопочуття, 15 (60%) дітей зазначили зниження частоти виникнення та інтенсивності головного болю, 12 (48%) – зменшення випадків запаморочення.

В нашій попередній роботі [36] було продемонстровано, що зниження показників якості шкільного функціонування за опитувальником PedsQL 4.0 в групі дітей з ожирінням в найбільшій мірі відбувається за рахунок зни-

ження концентрації уваги та пам'яті, а в групі дітей з коморбідністю ожиріння та АГ – зниження концентрації уваги та відставання в успішності в шкільних заняттях в порівнянні з однолітками.

Повторне анкетування пацієнтів після саплементації хрому за допомогою опитувальника PedsQL 4.0 показало тенденції до підвищення показників якості шкільного функціонування в порівнянні з початковими результатами у цих же дітей (див. табл. 1). Хоча статистичної різниці між середніми показниками якості шкільного функціонування до та після саплементації хрому виявлено не було, однак виявлено достовірне покращення концентрації уваги, пам'яті та успішності в шкільних заняттях на рівні значимості $p < 0,05$ (табл. 2).

Достовірних змін якості соціального та емоційного функціонування за опитувальником PedsQL 4.0 до та після саплементації хрому у пролікованих дітей виявлено не було. Відмічалась тенденція до покращення якості фізичного функціонування (див. табл. 1). Після дотації хрому 20 (80%) пролікованих дітей відмітили в себе суттєве суб'єктивне покращення фізичної працездатності.

Таблиця 1

Якість життя у пацієнтів з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ до та після саплементації хрому за опитувальником PedsQL 4.0, Me[QI;QIII], бали

Сфера життя	Ожиріння		Ожиріння та артеріальна гіпертензія	
	До саплементації хрому	Після саплементації хрому	До саплементації хрому	Після саплементації хрому
Фізичне функціонування	62,5[50,0;75,0]	71,8[62,5;75,0]	45,4[39,1;62,5]	50,0[43,8;62,5]
Емоційне функціонування	60,0[55,0;65,0]	60,0[55,0;65,0]	50,0[37,5;55,0]	50,0[37,5;57,5]
Соціальне функціонування	40,0[35,0;50,0]	40,0[40,0;50,0]	40,0[32,5;50,0]	40,0[32,5;50,0]
Шкільне функціонування	50,0[40,0;70,0]	60,0[45,0;75,0]	50,0[37,5;65,0]	60,0[40,0;67,5]

За результатами проби Руф'є у пацієнтів відмічалось достовірне покращення толерантності до фізичного навантаження (табл. 3).

При оцінці отриманих результатів було виявлено, що у дітей з ожирінням до саплементації хрому середні показники проби Руф'є відповідали градації «нижче середнього», після саплементації хрому – «середні». У дітей з коморбідністю ожиріння та АГ до саплементації хрому середні показники даної проби відповідали оцінці «низькі», після саплементації хрому – «нижче середнього».

За даними літератури одним із ефектів від саплементації хрому пацієнтам з ожирінням є

зниження апетиту [37]. За нашими даними після саплементації хрому за вищеописаною схемою 15 (60%) пацієнтів суб'єктивно відмітили в себе зниження апетиту та прискорення відчуття насиченості під час прийому їжі, 10 (40%) дітей не відчували ніякої різниці в порівнянні з початковими відчуттями. Загалом 100% пролікованих пацієнтів відмітили, що залишилися задоволеними результатами від саплементації хрому. У дітей з коморбідністю ожиріння та АГ після терапії (CrPic та антигіпертензивна терапія) в 100% випадків спостерігалось зниження офісного АТ до цільових значень. У всіх пацієнтів після саплементації хрому відміча-

Таблиця 2

Показники якості концентрації уваги, пам'яті та успішності в школі у пацієнтів з ожирінням та поєднанням ожиріння та АГ до та після саплементації хрому за опитувальником PedsQL 4.0 Me[QI;QIII], ум.од.

Показник якості життя	Ожиріння		Ожиріння та артеріальна гіпертензія	
	До саплементації хрому	Після саплементації хрому	До саплементації хрому	Після саплементації хрому
Концентрація уваги	50[25;50] ²	75[50;75] ¹	25[0;50] ⁴	50[50;75] ³
Пам'ять	50[25;50] ²	50[50;75] ¹	50[25;50] ⁴	50[50;75] ³
Успішність в школі	50[25;75] ²	75[50;75] ¹	50[25;50] ⁴	50[50;75] ³

Примітки:

- ¹ – відмінність від показників до саплементації хрому у дітей з ожирінням $p < 0,05$;
- ² – відмінність від показників після саплементації хрому у дітей з ожирінням $p < 0,05$;
- ³ – відмінність від показників до саплементації хрому у дітей з ожирінням та АГ $p < 0,05$;
- ⁴ – відмінність від показників після саплементації хрому у дітей з ожирінням та АГ $p < 0,05$.

Таблиця 3

Середні показники проби Руф'є у пацієнтів з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ до та після саплементації хрому (бали), $X \pm SD$

Групи	До початку саплементації хрому	Після саплементації хрому
Ожиріння	13,4 \pm 1,52	9,0 \pm 1,11
Ожиріння та артеріальна гіпертензія	15,2 \pm 1,22	11,5 \pm 1,31

Примітки:

- ¹ – відмінність від середніх показників до саплементації хрому $p < 0,05$;
- ² – відмінність від середніх показників після саплементації хрому $p < 0,05$.

лось зниження МТ, ІМТ, ОТ та ОТ/зріст. Так, середній відсоток зниження цих показників у пацієнтів з ожирінням та коморбідністю АГ та ожиріння представлено в таблиці 4.

Як видно з таблиці 4, зниження досліджуваних антропометричних показників було більш виражено у пацієнтів з ізольованим ожирінням, однак достовірні різниця між результатами дітей з ожирінням та поєднанням АГ та ожиріння було виявлено тільки для показників ОТ.

При аналізі літературних джерел було виявлено, що результати зниження МТ та ІМТ в нашому дослідженні були кращими, аніж в окремих дослідженнях, де в якості терапії ожиріння призначались препарати, які рекомендовані Управлінням з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (FDA, USA) для зниження МТ у дітей в якості допоміжної терапії разом із

загальноприйнятою модифікацією способу життя [38].

На малюнку 1 представлено середні показники ОТ/зріст у всіх пацієнтів з ожирінням та поєднанням з АГ до та після саплементації хрому.

Як видно з мал. 1, після дотації хрому протягом двох місяців у пацієнтів було виявлено достовірне зниження ОТ/зріст (з $0,56 \pm 0,05$ до $0,51 \pm 0,02$ ($p=0,037$)), що свідчить про зменшення маси жирової тканини в організмі у цих дітей.

Таким чином отримані нами результати дослідження вказують на високий ефект від застосування CrPic у дітей з ожирінням і поєднанням ожиріння і АГ, що проявляється у покращенні загального самопочуття, шкільного та фізичного функціонування, толерантності до фізичного навантаження, клінічно значимим зниженням ІМТ, ОТ та ОТ/зріст.

Таблиця 4

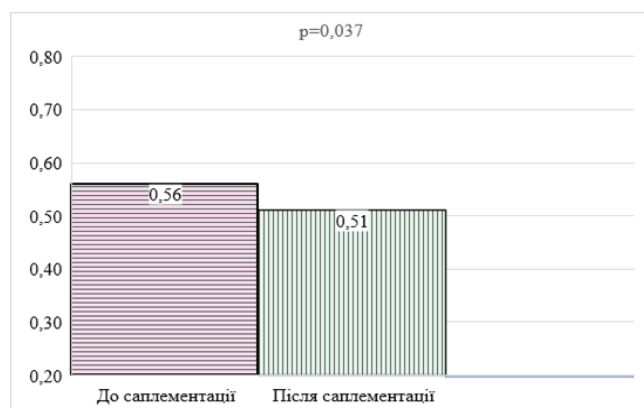
Зниження антропометричних показників після саплементації хрому у дітей з ожирінням та артеріальною гіпертензією, %, $X \pm SD$

Показник	Ожиріння	Ожиріння та артеріальна гіпертензія
Маса тіла	$8,2 \pm 1,4$	$8,1 \pm 1,4$
Індекс маси тіла	$8,4 \pm 1,7$	$8,1 \pm 1,0$
Обвід талії	$9,0 \pm 2,12$	$7,1 \pm 2,31$
Обвід талії/зріст	$8,3 \pm 2,9$	$8,5 \pm 2,7$

Примітки:

¹ – відмінність від показників у дітей з ожирінням $p < 0,05$;

² – відмінність від показників у дітей з коморбідністю ожиріння та АГ $p < 0,05$.



Мал. 1. Середні показники співвідношення обводу талії до зросту до та після саплементації хрому у пацієнтів з ожирінням та коморбідністю артеріальної гіпертензії та ожиріння

ОБГОВОРЕННЯ

Покращення фізичної працездатності і зниження індексу Руф'є, що спостерігалось в нашому дослідженні, можна пов'язати із покращенням співвідношення маси жирової та нежирової тканин тіла. Такий ефект від саплементації хрому був описаний дослідниками [39], однак в полі зору цих науковців були дорослі люди. Подібні дослідження у дітей не проводились.

Також, згідно літературних даних, покращення фізичної працездатності після саплементації CrPic певною мірою відбувається в результаті сприятливого впливу на діяльність серцево-судинної системи. Такий вплив було підтверджено в роботі В. Nussbaumerova із співавторами [13]. Дослідники вказують на значне зменшення частоти серцевих скорочень у стані спокою у пацієнтів, які отримували Cr дріжджі. Вони пов'язують такий ефект зі зменшенням симпатичної активності. Покращення шкільного функціонування у дітей в досліджуваних групах було пов'язано у великій мірі з покращенням когнітивних функцій. Такий вплив знаходить підтвердження і літературних даних [40].

Таким чином, виявлені нами дані роблять перспективним саплементацію CrPic при ожирінні та його поєднання і АГ у дітей шкільного віку.

ВИСНОВКИ

1. У дітей з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ і зниженим вмістом хрому у волоссі саплементація CrPic сприяла покращенню загального самопочуття в 92% випадків, зменшенню частоти виникнення та інтенсивності головного болю у 60% пацієнтів. Після дотації хрому 60% дітей відмітили в себе зменшення відчуття голоду та прискорення відчуття насиченості під час прийому їжі.
2. Діти з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ після саплементації хрому в 64% випадків відмітили в себе покращення пам'яті та концентрації уваги. За опитувальником

PedsQL 4.0 виявлено достовірне покращення концентрації уваги, пам'яті та успішності в шкільних заняттях ($p < 0,05$). Визначена тенденція до покращення якості шкільного функціонування у цих пацієнтів. Після дотації хрому 80% дітей відмітили в себе покращення фізичної працездатності, що було підтверджено визначенням якості фізичного функціонування за опитувальником PedsQL 4.0.

3. Показники проби Руф'є у пацієнтів з ожирінням після саплементації хрому знизилась з $13,4 \pm 1,5$ до $9,0 \pm 1,1$ балів ($p < 0,05$), у дітей з поєднанням АГ та ожиріння – з $15,2 \pm 1,2$ до $11,5 \pm 1,3$ балів ($p < 0,05$).
4. У 100% дітей з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ після саплементації хрому зафіксовано зниження ІМТ, ОТ, ОТ/зріст. У дітей з ожирінням МТ знизилась на $8,2 \pm 1,4\%$ від початкових результатів, ІМТ на $8,4 \pm 1,7\%$, ОТ на $9,0 \pm 2,1\%$, ОТ/зріст на $8,3 \pm 2,9\%$. У дітей з коморбідністю АГ та ожиріння МТ в порівнянні з початковими показниками знизилась на $8,1 \pm 1,4\%$, ІМТ на $8,1 \pm 1,0\%$, ОТ на $7,1 \pm 2,3\%$, ОТ/зріст на $8,5 \pm 2,7\%$. Достовірної різниці між результатами антропометричного обстеження дітей з ожирінням та поєднанням АГ та ожиріння виявлено не було.
5. Середні показники ОТ/зріст у дітей з ожирінням та поєднанням ожиріння з АГ після саплементації хрому знизилась з $0,56 \pm 0,05$ до $0,51 \pm 0,02$ ($p = 0,037$), що свідчить про зменшення маси жирової тканини в організмі.

Конфлікт інтересів. Автори даного рукопису стверджують, що конфлікт інтересів під час виконання дослідження та написання рукопису відсутній.

REFERENCES

1. Anna La Carrubba, Veronese N, Giovanna Di Bella, Cusumano C, Agnese Di Prazza, Stefano Ciriminna, et al. Prognostic Value of Magnesium in COVID-19: Findings from the COMEPA Study. *Nutrients*. 2023 Feb 6;15(4):830–0. DOI: 10.3390/nu15040830

2. Yu.V. Marushko, O.A. Dmytryshyn. Evaluation of the effectiveness of the magnesium-potassium complex in correcting the health status of children who have suffered from COVID-19. *Modern pediatrics Ukraine*. 2023 May 28;(4(132)):7–15. DOI: 10.15574/SP.2023.132.7
3. Niu R, Yang Q, Dong Y, Hou Y, Liu G. Selenium metabolism and regulation of immune cells in immune-associated diseases. *Journal of Cellular Physiology*. 2022 Jul 5. DOI: 10.1002/jcp.30824
4. Yuan S, Mason AM, Carter P, Vithayathil M, Kar S, Burgess S, et al. Selenium and cancer risk: Wide-angled Mendelian randomization analysis. *International Journal of Cancer*. 2021 Dec 24;150(7):1134–40. DOI: 10.1002/ijc.33902
5. Nakatani S, Mori K, Shoji T, Emoto M. Association of Zinc Deficiency with Development of CVD Events in Patients with CKD. *Nutrients*. 2021 May 15;13(5):1680. DOI: 10.3390/nu13051680
6. Read SA, Obeid S, Ahlenstiel C, Ahlenstiel G. The Role of Zinc in Antiviral Immunity. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*. 2019 Apr 22;10(4):696–710. DOI: 10.1093/advances/nmz013
7. Yu.V. Marushko, N.G. Kostynska, T.V. Hyshchak, T.V. Marushko. 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*. 2022 Apr 30;(3(123)):73–9. DOI: 10.15574/SP.2022.123.73
8. Kooshki F, Tutunchi H, Vajdi M, Karimi A, Niazkar HR, Shoorei H, et al. A Comprehensive insight into the effect of chromium supplementation on oxidative stress indices in diabetes mellitus: A systematic review. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2021 Jan 18. DOI: 10.1111/1440-1681.13462
9. Dworzański W, Sembratowicz I, Cholewińska E, Tutaj K, Fotschki B, Juśkiewicz J, et al. Effects of Different Chromium Compounds on Hematology and Inflammatory Cytokines in Rats Fed High-Fat Diet. *Frontiers in Immunology*. 2021 Feb 26;12. DOI: 10.3389/fimmu.2021.614000
10. Psareva VG. Activity of the System of Oxidative Stress as Antioxidant Protection in Hypertension with Different Classes of Obesity Psareva V. G. *Ukrainiskij žurnal medicini biologii ta sportu*. 2019 Jun 5;4(4):124–9. DOI: 10.26693/jmbs04.04.124
11. Netyazhenko VZ, Bazhenova NM. 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*. 2020 Oct 30; (4): 56–62. DOI: 10.30841/2307-5112.4.2020.217657
12. Ngala RA, Awe MA, Nsiah P. The effects of plasma chromium on lipid profile, glucose metabolism and cardiovascular risk in type 2 diabetes mellitus. A case - control study. *PLOS ONE*. 2018 Jul 5;13(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0197977
13. Nussbaumerova B, Rosolova H, Krizek M, Sefrna F, Racek J, Müller L, et al. Chromium Supplementation Reduces Resting Heart Rate in Patients with Metabolic Syndrome and Impaired Glucose Tolerance. *Biological Trace Element Research*. 2017 Aug 30;183(2):192–9. DOI: 10.1007/s12011-017-1128-6
14. Brownley KA, Boettiger CA, Young L, Cefalu WT. Dietary chromium supplementation for targeted treatment of diabetes patients with comorbid depression and binge eating. *Medical Hypotheses*. 2015 Jul; 85(1):45–8. DOI: 10.1016/j.mehy.2015.03.020
15. Yen Lin Chen, Jiunn Diann Lin, Te Lin Hsia, Frank Chiahung Mao, Chun Hsien Hsu, Pei D. The effect of chromium on inflammatory markers, 1st and 2nd phase insulin secretion in type 2 diabetes. *European journal of nutrition*. 2013 Mar 14;53(1):127–33. DOI: 10.1007/s00394-013-0508-8
16. Lari A, Fatahi S, Sohoul MH, Shidfar F. The Impact of Chromium Supplementation on Blood Pressure: A Systematic Review and Dose–Response Meta Analysis of Randomized Controlled Trials. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*. 2021 Jun 3;28(4):333–42. DOI: 10.1007/s40292-021-00456-8
17. Farrokhian A, Mahmoodian M, Bahmani F, Amirani E, Shafabakhsh R, Asemi Z. The Influences of Chromium Supplementation on Metabolic Status in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus and Coronary Heart Disease.

- Biological Trace Element Research. 2019 Jun 26;194(2):313–20. DOI: 10.1007/s12011-019-01783-7
18. Ghanbari M, Amini MR, Djafarian K, Shab-Bidar S. The effects of chromium supplementation on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2021 Jul 23; 340–349. DOI: 10.1038/s41430-021-00973-8
 19. Banach W, Nitschke K, Krajewska N, Mongiałło W, Matuszak O, Muszyński J, et al. The Association between Excess Body Mass and Disturbances in Somatic Mineral Levels. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020 Oct 3;21(19)7306. DOI: 10.3390/ijms21197306
 20. Asbaghi O, Naeni F, Ashtary-Larky D, Kaviani M, Rezaei Kelishadi M, Eslampour E, et al. Effects of chromium supplementation on blood pressure, body mass index, liver function enzymes and malondialdehyde in patients with type 2 diabetes: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*. 2021 Aug 1; 60:102755 DOI: 10.1016/j.ctim.2021.102755
 21. Brownley KA, Von Holle A, Hamer RM, La Via M, Bulik CM. A double-blind, randomized pilot trial of chromium picolinate for binge eating disorder: Results of the Binge Eating and Chromium (BEACH) Study. *Journal of Psychosomatic Research*. 2013 Jul;75(1):36–42. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2013.03.092
 22. Dubey V, F. Vahid Ansari, Divya Vohora, Khanam R. Possible involvement of corticosterone and serotonin in antidepressant and anti-anxiety effects of chromium picolinate in chronic unpredictable mild stress induced depression and anxiety in rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2015 Jan 1; 29:222–6. DOI: 10.1016/j.jtemb.2014.06.014
 23. Marmett B, Nunes RB. Effects of Chromium Picolinate Supplementation on Control of Metabolic Variables: A Systematic Review. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2016 Sep 14;4(10):633–9. DOI: 10.12691/jfnr-4-10-1
 24. Islam GMR, Rahman MM, Hasan MI, Tadesse AW, Hamadani JD, Hamer DH. Hair, serum and urine chromium levels in children with cognitive defects: A systematic review and meta-analysis of case control studies. *Chemosphere*. 2022 Mar; 291:133017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.133017
 25. Marushko Yu, Tarynska O. The level of chrome in children`s hair. *Actual Problems of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology*. 2014 2: 47-49.
 26. Zhang J, Lin J, Zhao X, Yao F, Feng C, He Z, et al. Trace Element Changes in the Plasma of Autism Spectrum Disorder Children and the Positive Correlation Between Chromium and Vanadium. *Biological Trace Element Research*. 2022 Jan 10;200(12):4924–35. DOI: 10.1007/s12011-021-03082-6
 27. Paediatric Quality of Life (PedsQL) Available on: <https://www.corc.uk.net/outcome-experience-measures/paediatric-quality-of-life-pedsql>
 28. Data Table of BMI-for-age Charts. National Center for Health Statistics. Available on: https://www.cdc.gov/growthcharts/html_charts/bmiagerev.htm
 29. Pediatric Obesity—Assessment, Treatment, and Prevention: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2017 Jan 31. DOI:10.1210/jc.2016-2573.
 30. Onis M. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatrica*. 2007 Jan 2;95(S450):76–85. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02378.x.
 31. The IDF consensus definition of the Metabolic Syndrome in Children and Adolescents. International diabetes federation. Available on: <https://idf.org/media/uploads/2023/05/attachments-31.pdf>
 32. Bacopoulou F, Efthymiou V, Landis G, Rentoumis A, Chrousos GP. (2015). Waist circumference, waist-to-hip ratio and waist-to-height ratio reference percentiles for abdominal obesity among Greek adolescents. *BMC Pediatr*. 2015 May 15 (1): 50. DOI: 10.1186/s12887-015-0366-z
 33. Taxová Braunerová R, Kunešová M, Heinen MM, Rutter H, Hassapidou M, Duleva V, et al. Waist circumference and waist-to-height ratio in 7-year-old children—WHO Childhood

- Obesity Surveillance Initiative. Obesity Reviews. 2021 Aug 17. DOI: 10.1111/obr.13208.
34. Yu.V. Marushko, T.V. Hyshchak, N.G. Kostynska. Research of body weight, height and waist circumference in children of Kyiv at the present stage. *Sučasna pediatriâ Ukraïna*. 2022 Sep 30;(5(125)):60–8. DOI: 10.15574/SP.2022.125.60.
35. Інструкція про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури. Офіційний вебпортал парламенту України. 2015. Available on: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0773-09#Text>
36. Yu.V. Marushko, N.G. Kostynska, T.V. Hyshchak. Assessment of life quality indicators in school-age children with hypertension and obesity. *Modern pediatrics Ukraine*. 2023 Mar 28;(2(130)):50–9. DOI: 10.15574/SP.2023.130.50.
37. Heshmati J, Omani-Samani R, Vesali S, Maroufizadeh S, Rezaeinejad M, Razavi M, et al. 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. *Hormone and Metabolic Research = Hormon- Und Stoffwechselforschung = Hormones Et Metabolisme* [Internet]. 2018 Mar 1;50(3):193–200. DOI: 10.1055/s-0044-101835
38. Bensignor MO, Kelly AS, Arslanian S. Anti-obesity pharmacotherapy for treatment of pediatric type 2 diabetes: Review of the literature and lessons learned from adults. *Frontiers in Endocrinology*. 2022 Oct 27;13. DOI: 10.3389/fendo.2022.1043650
39. Heffernan S, Horner K, De Vito G, Conway G. The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients*. 2019 Mar 24;11(3):696. DOI: 10.3390/nu11030696
40. Akhtar A, Dhaliwal J, Saroj P, Uniyal A, Bishnoi M, Sah SP. 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. *Inflammopharmacology*. 2020 Jan 3; 385–400. DOI: 10.1007/s10787-019-00681-7