УДК 616.31-053.2:628.1:543.3(477.85)
DOI https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-4

Годованець Оксана Іванівна,
доктор медичних наук, професор,
професор кафедри стоматології дитячого віку,
Буковинський державний медичний університет
ORCID ID: 0000-0002-1889-3893
SCOPUS ID: 58159912200
м. Чернівці, Україна

Котельбан Анастасія Василівна,
кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри стоматології дитячого віку,
Буковинський державний медичний університет
ORCID ID: 0000-0001-8266-3454
SCOPUS ID: 57220955342
м. Чернівці, Україна

Обґрунтування впливу мікроелементного складу питної води на стан стоматологічного здоров'я дітей

Вступ. Стоматологічне здоров'я дітей є важливим індикатором загального стану здоров'я населення і значною мірою залежить від чинників довкілля. Провідну роль відіграє якість питної води. Вода є постійним і неконтрольованим джерелом надходження мікроелементів в організм людини, що робить її склад критично важливим у формуванні здоров'я з раннього віку. Мікроелементи, зокрема фтор, кальцій, магній, цинк, залізо та мідь, беруть участь у численних біохімічних процесах: забезпечують розвиток і підтримання функціональної цілісності твердих тканин зуба, впливають на процеси мінералізації емалі, модулюють мікробний склад ротової порожнини, беруть участь у формуванні локального імунітету.

Мета дослідження: оцінити вплив мікроелементного складу питної води на стоматологічне здоров'я дітей шляхом аналізу кореляційних зв'язків між рівнем інтенсивності карієсу та вмістом фтору, кальцію, магнію, міді, цинку та заліза.

Матеріали і методи дослідження. Для вирішення поставленої мети нами проведено стоматологічне обстеження 839 дітей Чернівецької області та взято проби питної води в школах, де проводилися стоматологічні огляди школярів. Хіміко-аналітичні дослідження проб води провели в НДУ «Український науковий центр екології моря». Для оцінки наявності кореляційного зв'язку між ознаками застосовували кореляційний аналіз Пірсона.

Результати дослідження. Результати дослідження підтверджують статистично значущі кореляційні зв'язки між вмістом мікроелементів у питній воді та інтенсивністю карієсу у дітей. Встановлено виражений зворотний зв'язок для фтору ($r = –0,829$, $p < 0,05$), що підтверджується міжнародними дослідженнями. Вміст кальцію та магнію у питній воді продемонстрували помірно позитивні зв'язки з карієсом, що може пояснюватися складністю мінералізаційних процесів і можливими порушеннями їхнього співвідношення. Цинк, завдяки антимікробним властивостям, мав зворотну кореляцію середньої сили ($r = –0,602$), а його присутність у воді розглядається як захисний чинник. Залізо та мідь виявили слабкі кореляційні зв'язки, що вказує на менш значущий їхній вплив на розвиток карієсу.

Висновки. Проведений кореляційний аналіз підтвердив взаємозв'язки різної сили між мікроелементним складом питної води та розвитком карієсу у дітей. Отримані результати обґрунтовують необхідність впровадження комплексних профілактичних заходів, спрямованих на корекцію мінерального балансу води та зміцнення стоматологічного здоров'я в організованих дитячих колективах.

Ключові слова: карієс, фтор, питна вода, мікроелементи, діти, профілактика.

Godovanets Oksana Ivanivna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Pediatric Dentistry of the Bukovinian State Medical University, ORCID ID: 0000-0002-1889-3893, SCOPUS ID: 58159912200, Chernivtsi, Ukraine

Kotelban Anastasiia Vasylivna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pediatric Dentistry of the Bukovinian State Medical University, ORCID ID: 0000-0001-8266-3454, SCOPUS ID: 57220955342, Chernivtsi, Ukraine

Substantiation of the influence of trace element composition of drinking water on the state of dental health of children

Introduction. The dental health of children is an important indicator of the general health of the population and largely depends on environmental factors. The quality of drinking water plays a key role. Water is a constant and uncontrolled source of micronutrients in the human body, which makes its composition critically important in shaping health from an early age. Trace elements, in particular fluoride, calcium, magnesium, zinc, iron and copper, are involved in numerous biochemical processes: they ensure the development and maintenance of the functional integrity of hard tooth tissues, affect the processes of enamel mineralization, modulate the microbial composition of the oral cavity, and participate in the formation of local immunity.

Objective of the research: to assess the impact of the trace element composition of drinking water on children's dental health by analyzing the correlation between the level of caries intensity and the content of fluoride, calcium, magnesium, copper, zinc, and iron.

Materials and methods. To achieve this goal, we conducted a dental examination of 839 children in the Chernivtsi region and took samples of drinking water in schools where dental examinations of schoolchildren were conducted. Chemical and analytical studies of water

samples were conducted at the «Ukrainian Scientific Center for Marine Ecology». Pearson's correlation analysis was used to assess the presence of a correlation between the signs.

Results of the study. The results of the study confirm statistically significant correlations between the content of trace elements in drinking water and the intensity of caries in children. A pronounced inverse relationship was found for fluoride ($r = -0.829$, $p < 0.01$), which is confirmed by international studies. Calcium and magnesium demonstrated moderately positive associations with caries, which may be explained by the complexity of mineralization processes and possible disorders of their ratio. Zinc, due to its antimicrobial properties, had an inverse correlation of medium strength ($r = -0.602$), and its presence in water is considered a protective factor. Iron and copper showed weak correlations, indicating that their influence on caries development is less significant.

Conclusion. The correlation analysis confirmed the relationships of varying strength between the trace element composition of drinking water and the development of caries in children. The obtained results substantiate the need to implement comprehensive preventive measures aimed at correcting the mineral balance of water and improving dental health in organized children's groups.

Key words: caries, fluoride, drinking water, trace elements, children, prevention.

Вступ. Забезпечення стоматологічного здоров'я дітей залишається актуальним не тільки в Україні, а й в усьому світі. Одним із найпоширеніших і водночас найбільш соціально значущих стоматологічних захворювань є карієс зубів. Серед численних чинників, що впливають на ризик його розвитку, вагомими є умови навколишнього середовища, зокрема якісний склад питної води [1–5].

Питна вода є основним джерелом надходження мікроелементів в організм людини. Ці елементи відіграють важливу роль у забезпеченні мінералізації емалі, регуляції мікробіоти ротової порожнини та підтриманні локального імунного захисту. Залежно від хімічного складу води, мікроелементи можуть справляти як захисний, так і патогенний вплив на стан твердих тканин зубів [5, 6, 7].

Протягом останніх десятиліть питання про взаємозв'язок між концентрацією мікроелементів у питній воді та інтенсивністю карієсу стало об'єктом численних наукових досліджень. Найбільшу увагу в цьому контексті приділяють фтору, кальцію та магнію – завдяки їхній прямій участі у процесах формування та зміцнення зубної емалі [8, 9]. Дослідження впливу цих компонентів дозволяє не лише поглибити розуміння патогенезу карієсу, але й обґрунтувати ефективні шляхи його профілактики.

Мета дослідження: оцінити вплив мікроелементного складу питної води на стоматологічне здоров'я дітей шляхом аналізу кореляційних зв'язків між рівнем інтенсивності карієсу та вмістом фтору, кальцію, магнію, міді, цинку та заліза.

Методологія та методи дослідження. Для вирішення поставленої мети нами проведено стоматологічне обстеження 839 дітей Чернівецької області та взято проби питної води в школах, де проводилися стоматологічні огляди школярів. Хіміко-аналітичні дослідження проб води провели в НДУ «Український науковий центр екології моря». Для оцінки наявності кореляційного зв'язку між ознаками застосовували кореляційний аналіз Пірсона для нормально розподілених вибірок.

Результати дослідження та їх обговорення. Результати проведеного дослідження підтверджують наявність статистично значущих кореляційних зв'язків між вмістом досліджуваних мікроелементів у питній воді та інтенсивністю карієсу зубів у дітей, що наведено у таблиці 1.

Найбільш вираженим виявився зворотний зв'язок між концентрацією фтору в питній воді та рівнем карієсу ($r = –0,829$, $p < 0,05$). Такі дані свідчать про значний вплив досліджуваного мікроелементу на стан твердих тканин зубів. За даними ВООЗ, оптимальною карієс профілактичною концентрацією фтору в питній воді є 1,0–1,5 мг/л [4].

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції Пірсона між інтенсивністю карієсу та мікроелементами у питній воді

Показник	Коефіцієнт кореляції
Кальцій у воді	0,453, $p < 0,05$
Магній у воді	0,478, $p < 0,05$
Фтор	-0,829, $p < 0,05$
Цинк	-0,602, $p < 0,05$
Залізо	-0,352, $p < 0,05$
Мідь	0,305, $p < 0,05$

Примітки: жк – наявність середнього кореляційного зв'язку (0,6–0,7), ж – наявність помірного кореляційного зв'язку (0,3–0,5).

Ефективність його використання обумовлена хімічною здатністю інтегруватися в кристалічну решітку гідроксиапатитів емалі, перетворюючи їх на фторапатити. Ці сполуки є стійкішими до дії кислот, що утворюються в результаті метаболізму карієсогенних мікроорганізмів, таких як *Streptococcus mutans* [5].

Так, у дослідженні Petersen P. E. et al. (2005) виявлено, що оптимальна концентрація фтору у воді забезпечує істотне зниження показників карієсу серед дитячого населення [3]. Аналогічні результати наведено в роботі Wolf T. et al. (2021), де зазначено високий профілактичний ефект фтору в програмі масової профілактики карієсу зубів [7]. Hackley DM et al. (2021) також повідомляють про сильний зворотний кореляційний зв'язок між вмістом фтору та індексом DMF-S, що підтверджує дані нашого аналізу [6].

Кальцій – один з основних мікроелементів, що формує структуру емалі, дентину та цементу зуба. Його дефіцит призводить до підвищеної пористості тканин і зниження мінералізації, що полегшує проникнення бактерій і розвиток каріозного процесу. Згідно з проведеним аналізом, рівень кальцію у воді має позитивний кореляційний зв'язок помірної сили з рівнем інтенсивності карієсу ($r= 0,453$, $p<0,05$), що пояснюється впливом багатьох супутніх чинників: серед яких підвищена жорсткість води та низька біодоступність інших елементів, зокрема магнію або фтору.

У дослідженні Toumba K. et all. (2019) вказано на подібну тенденцію: у регіонах з підвищеним вмістом кальцію спостерігається вищий рівень карієсу, що автори пов'язують з дисбалансом pH і дефіцитом фтору [5].

Магній виступає важливим ко-фактором у формуванні мінералізованих тканин зубів, а також бере участь у ферментативних процесах, що забезпечують ріст і диференціацію клітин. Встановлений позитивний кореляційний зв'язок з інтенсивністю карієсу (r= 0,478, p<0,05) також свідчить про складність взаємодій у середовищі ротової порожнини. Адже наявність магнію у воді може мати як позитивний вплив (покращення ремінералізації), так і потенційно негативний – у разі порушення співвідношення з кальцієм або фтором. Порушення співвідношення кальцію до магнію знижує ефективність мінералізаційних процесів [10].

Цинк має виражені антибактеріальні властивості, що пояснює встановлений зворотний кореляційний зв'язок з інтенсивністю карієсу (r= -0,602, p<0,05). Його дія зумовлена здатністю інгібувати активність ферментів, відповідальних за метаболізм бактерій, а також знижувати кількість карієсогенних мікроорганізмів.

Так, згідно з Al-Ansari H. et all (2024), цинк інгібує ферменти карієсогенних бактерій і може мати захисну антибактеріальну дію незалежно від процесів ремінералізації [8].

Багато сучасних зубних паст містять цинк як активний компонент, що підтримує їхню антимікробну дію. У природному середовищі цинк надходить до організму не лише з водою, а й з продуктами харчування, однак саме його присутність у питній воді забезпечує постійний рівень надходження [10].

Щодо заліза, виявлений слабкий зворотний кореляційний зв'язок (r= -0,352, p<0,05), що свідчить про потенційне, хоча і не виражене, зниження ризику карієсу при помірному рівні заліза у воді. Варто пам'ятати, що надлишок заліза може призводити до утворення зубного нальоту, натомість його помірна кількість може сприяти імунному захисту слизової оболонки.

Мідь має слабкий прямий зв'язок з інтенсивністю карієсу (r= 0,305, p<0,05). Цей елемент, хоча і виконує певні функції в обміні речовин та не має вираженого ремінералізуючого чи антимікробного ефекту, на відміну від фтору чи цинку. Наявність міді у воді часто є наслідком її надходження з труб або водопровідної системи, і тому її вплив більше залежить від технічних, а не природних чинників [10].

Висновки. Отже, проведений кореляційний аналіз дозволив встановити взаємозв'язки різної сили між розвитком карієсу та наявністю мікроелементів у питній воді. Найсильніший захисний ефект було виявлено у фтору, що обґрунтовує його широке використання у профілактиці карієсу. Водночас помірно позитивні зв'язки з кальцієм і магнієм свідчать про складність та багатофакторність мінералізаційних процесів. Антибактеріальні властивості цинку підсилюють природний захист ротової порожнини, тоді як мідь та залізо мають менш виражений вплив на ризик розвитку карієсу.

Розуміння цих механізмів дає змогу розробити патогенетично обґрунтовані профілактичні програми, що включають моніторинг складу питної води, локальну ремінералізаційну терапію та підбір відповідних засобів гігієни ротової порожнини. Особливо важливим є впровадження таких заходів у дитячих колективах, де формуються навички догляду за зубами та закладається основа стоматологічного здоров'я.

REFERENCES

1. Denga OV, Svitlichna OM, Vorokhta YuM. Trace Elements and Dental Health of Children Population. Environmental and health. 2008;1:53–55. [in Ukranian].
2. Lototska OV, Kondratjuk VA, Kucher SV. Quality of Drinking Water as one of the Determinants of Public Health in the Western Region of Ukraine. Bulletin of Social Hygiene and Health Protection Organization of Ukraine. 2019;1(79):12-18. DOI 10.11603/1681-2786.2019.1.10278 [in Ukranian].
3. Petersen PE, Lennon MA. Effective use of fluorides for the prevention of dental caries in the 21st century: the WHO approach. Community Dent Oral Epidemiol. 2004 Oct;32(5):319-21. doi: 10.1111/j.1600-0528.2004.00175.x. PMID: 15341615.
4. World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). Geneva: WHO Press. https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151
5. Toumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis NA. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated EAPD policy document. Eur Arch Paediatr Dent. 2019;20(6):507-516. doi: 10.1007/s40368-019-00464-2. Epub 2019 Nov 8. PMID: 31631242.
6. Hackley DM, Jain S, Pagni SE, Finkelman M, Ntaganira J, Morgan JP. Oral health conditions and correlates: a national oral health survey of Rwanda. Glob Health Action. (2021) 14(1):1904628. 10.1080/16549716.2021.1904628
7. Wolf TG, Cagetti MG, Fisher JM, Seeberger GK, Campus G. Non-communicable diseases and oral health: an overview. Front Oral Health. (2021) 2:725460. 10.3389%2Ffroh.2021.725460
8. Al-Ansari H, Al-Qashouti H, Al-Neama R, Al-Moadhadi A, Nazzal H, Philip N. Content of cariostatic trace elements (F, Cu, and Zn) in the commercially packaged and public tap waters of Qatar. Saudi Dent J. 2024 Oct;36(10):1321-1325. doi: 10.1016/j.sdentj.2024.07.011. Epub 2024 Jul 16. PMID: 39525927; PMCID: PMC11544180.
9. Zheng D, Liu Y, Luo L, Shahid MZ, Hou D. Spatial variation and health risk assessment of fluoride in drinking water in the Chongqing urban areas, China. Environ Geochem Health. 2020 Sep;42(9):2925-2941. doi: 10.1007/s10653-020-00532-3. Epub 2020 Feb 15. PMID: 32062738.
10. Bruvo M, Ekstrand K, Arvin E, Spliid H, Moe D, Kirkeby S, Bardow A. Optimal drinking water composition for caries control in populations. J Dent Res. 2008 Apr;87(4):340-3. doi: 10.1177/154405910808700407. PMID: 18362315.