

УДК 616.314-002-02

DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov625559>

Концентрация некоторых макроэлементов эмали зубов у пациентов, проживающих в районах с различными уровнями фторида в питьевой воде

М.Г. Тумасян, С.Г. Тумасян, Е.А. Сатыго

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Роль фторидов в профилактике кариеса многократно продемонстрирована в исследованиях, поэтому изучение состава зубов в регионах с различными концентрациями фторидов в питьевой воде остается актуальным.

Цель исследования — определить связь между концентрацией фторида в питьевой воде и содержанием макроэлементов в эмали зубов.

Материалы и методы. Собрана информация о концентрации фторида в питьевой воде в различных районах. Затем у пациентов, проживающих в этих районах, проанализировано содержание макроэлементов в эмали зубов.

Результаты. Продемонстрировано наличие значимой корреляции между концентрацией фторида в питьевой воде и содержанием определенных микроэлементов в эмали зубов у пациентов. Высокая концентрация фторида в питьевой воде была связана с повышенным содержанием определенных макроэлементов в зубной эмали, в то время как низкая — ассоциирована с их меньшими уровнями.

Выводы. Результаты исследования подчеркивают важность содержания фторида в питьевой воде для здоровья зубов. Они также предоставляют дополнительные данные для разработки рекомендаций по оптимальному уровню фторида в питьевой воде, направленных на поддержание здоровья зубов населения в различных районах. Дальнейшие исследования в этой области могут помочь уточнить эти результаты и улучшить понимание взаимосвязи между фторидом и макроэлементами в зубной эмали.

Ключевые слова: кариес зубов; фториды; питьевая вода; эмаль; макроэлементы.

Как цитировать

Тумасян М.Г., Тумасян С.Г., Сатыго Е.А. Концентрация некоторых макроэлементов эмали зубов у пациентов, проживающих в районах с различными уровнями фторида в питьевой воде // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2024. Т. 16. № 1. С. 25–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov625559>

DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov625559>

Concentration of some macronutrients of tooth enamel in patients living in areas with different concentrations of fluoride in drinking water

Michel G. Toumassian, Serge G. Toumassian, Elena A. Satygo

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: This article examines the effect of fluoride concentration in drinking water on the concentration of certain macronutrients of tooth enamel in patients living in areas with different levels of fluoride.

AIM: To determine the relationship between the concentration of fluoride in drinking water and the content of macronutrients in tooth enamel.

MATERIALS AND METHODS: Information was collected on the concentration of fluoride in drinking water in various areas. Then a sample of patients living in these areas was collected and the content of trace elements in the enamel of their teeth was analyzed.

RESULTS: The data obtained demonstrate the presence of a significant correlation between the concentration of fluoride in drinking water and the content of certain macronutrients in the enamel of patients' teeth. A high concentration of fluoride in drinking water was associated with an increased content of certain trace elements, while a low concentration of fluoride was associated with their low levels.

CONCLUSIONS: These results highlight the importance of fluoride content in drinking water for dental health. They also provide additional data for the development of recommendations on the optimal level of fluoride in drinking water, which can help in maintaining dental health of the population in various areas. Further research in this area may help refine these results and advance our understanding of the relationship between fluoride and macronutrients in tooth enamel.

Keywords: dental caries; fluorides; drinking water; enamel; macronutrients.

To cite this article

Toumassian MG, Toumassian SG, Satygo EA. Concentration of some macronutrients of tooth enamel in patients living in areas with different concentrations of fluoride in drinking water. *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. 2024;16(1):25–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov625559>

Received: 11.01.2024

Accepted: 19.01.2024

Published: 28.03.2024

ОБОСНОВАНИЕ

По данным национального эпидемиологического стоматологического исследования, распространенность кариеса временных зубов у детей в возрасте 6 лет составляет 84 %. В работе Э.М. Кузьминой у 12-летних детей распространенность кариеса постоянных зубов составила 72 %, при интенсивности 3,4 кариозных полостей в среднем на одного обследованного [1].

В Санкт-Петербурге и Ленинградской области зафиксированы высокие уровни распространенности кариеса зубов у детей и его интенсивности, по данным исследования А.В. Силина и соавт. [2].

J.M. Díaz-Monroy и соавт. установили, что кариес-восприимчивость зубов зависит от состава тканей зуба и их устойчивости к растворению в кислоте. Концентрация макроэлементов в эмали зубов играет важную роль в ее прочности и устойчивости к разрушению [3]. Роль фторидов в профилактике кариеса многократно продемонстрирована в исследованиях [4–6].

По данным множества публикаций [7–12], в регионах с низким содержанием фторидов в питьевой воде рекомендовано использовать фториды для эндогенной и экзогенной профилактики кариеса зубов. Однако авторы систематических обзоров все больше обращают внимание на побочные эффекты такого применения фторидов, в частности Н.Р. Whelton и соавт. [13].

J. Wilmers и соавт. установили, что различные концентрации микроэлементов могут влиять на структуру и свойства зубной эмали, определяя ее прочность или резистентность.

Организация и размер кристаллов апатита в зубной эмали влияют на ее твердость и оптические свойства. Кристаллы гидроксиапатита содержат множество микроэлементов, включающихся в зубную эмаль во время минерализации и созревания зуба. Описано присутствие 18 микроэлементов в зубной эмали человека с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии: фтора (F), стронция (Sr), калия (K), алюминия (Al), кремния (Si), никеля (Ni), бора (B), железа (Fe), меди (Cu), хрома (Cr), цинка (Zn), магния (Mg), марганца (Mn), кобальта (Co), селена (Se), свинца (Pb), молибдена (Mo) и ванадия (V). Микроэлементы могут влиять на средний размер неорганического компонента зубной эмали, то есть кристаллов гидроксиапатита [14–15].

В работах Т.Ф. Тереховой и Р.М. Ахмадбели [16–17] показано, что концентрации микро- и макроэлементов в эмали зубов на этапах минерализации зависят от количества поступающего фторида в организм ребенка.

На основе вышеизложенного изучение состава зубов в регионах с различными концентрациями фторидов в питьевой воде остается актуальным.

Цель исследования — изучить содержание некоторых макроэлементов эмали зубов у пациентов, проживающих в районах с различными концентрациями фторида в питьевой воде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На клинических приемах обследованы 22 ребенка, постоянно проживающих в Санкт-Петербурге, и 18 детей из Выборгского района Ленинградской области в возрасте 16–18 лет. Все пациенты нуждались в ортодонтическом лечении с удалением третьих моляров. У детей определяли общее количество кариозных, пломбированных и удаленных зубов (индекс КПУ).

На первом этапе сделаны заборы питьевой воды в различных районах г. Санкт-Петербурга и некоторых районах Ленинградской области. Определены фториды в образцах с использованием фторселективного электрода.

Изучены концентрации некоторых макроэлементов в эмали удаленных зубов пациентов, проживающих в разных районах Санкт-Петербурга (16 зубов) и Выборгском районе Ленинградской области (12 зубов). Все зубы (третьи моляры) были удалены по ортодонтическим показаниям.

Макроэлементы исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и выполняли их количественный анализ. Нормы концентраций микроэлементов изучены [14].

Все результаты обработаны статистически. Анализ дескриптивных статистик показал значимые отличия, подтвержденные *t*-тестом для парных выборок ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У детей, проживающих в Выборгском районе Ленинградской области, индекс КПУ был $1,16 \pm 0,09$, тогда как у детей из Санкт-Петербурга он составил $4,21 \pm 0,14$.

В результате исследования установлено, что концентрация фторидов в питьевой воде г. Санкт-Петербурга находится в пределах $0,34 \pm 0,16$ мг/л, что значительно ниже нормы, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения и Стоматологической ассоциацией России. Концентрация же фторида в питьевой воде Выборгского района Ленинградской области находится в пределах нормы ($1,02 \pm 0,11$ мг/л).

Установлено, что у пациентов г. Санкт-Петербурга, где концентрация фторид-иона в питьевой воде была в среднем $0,34 \pm 0,16$ мг/л, содержание магния, кальция, железа и цинка было снижено относительно нормы. В эмали зубов пациентов, проживающих в Выборгском районе Ленинградской области (при концентрации фторид-иона в питьевой воде $1,02 \pm 0,11$ мг/л) содержание железа, кальция и цинка находилось в пределах нормы.

Выявлена прямая корреляционная связь между содержанием фторид-иона в питьевой воде и концентрацией магния, цинка, кальция и железа в зубах. Различия между показателями содержания макроэлементов в зубах у пациентов, проживающих в регионах с низкой и оптимальной концентрациями фторида в питьевой воде, достоверны (табл. 1, 2).

Таблица 1. Содержание некоторых микроэлементов в эмали зубов у пациентов, постоянно проживающих на территории Санкт-Петербурга при концентрации фторида в питьевой воде $0,34 \pm 0,16$ мг/л

Table 1. The content of certain trace elements in tooth enamel in patients permanently residing in Saint Petersburg (fluoride concentration in drinking water 0.34 ± 0.16 mg/l)

Микроэлемент	Норма, мкг/г	Выявленное значение, мкг/г	Отклонение от нормы, %
Магний	250–282	226,23 ± 3,18	9,5
Железо	32–110	23,68 ± 1,07	26,0
Цинк	173–250	129,39 ± 5,18	25,2
Кальций	6180–8700	4378,23 ± 24,18	29,1

Таблица 2. Содержание некоторых микроэлементов в эмали зубов у пациентов, постоянно проживающих на территории Выборгского района Ленинградской области при концентрации фторида в питьевой воде $1,02 \pm 0,11$ мг/л

Table 2. The content of certain trace elements in tooth enamel in patients permanently residing in the Vyborgsky district of the Leningrad region with a fluoride concentration in drinking water of 1.02 ± 0.11 mg/l

Микроэлемент	Норма, мкг/г	Выявленное значение, мкг/г	Отклонение от нормы, %
Магний	250–282	281,21 ± 2,09	0
Железо	32–110	37,93 ± 1,15	0
Цинк	173–250	182,12 ± 6,12	0
Кальций	6180–8700	6275,36 ± 13,18	0

Коэффициент детерминации указывает, насколько тесной является связь между факторами регрессии и зависимой переменной, это соотношение объясненных и необъясненных сумм квадратов возмущений. По данным исследования С.А. Айвазяна [18], чем ближе значение коэффициента к 1, тем ярче выражена зависимость (табл. 3).

По данным Т.Ф. Тереховой и соавт. [13], а также других авторов [14], добавление фторид-иона в пищевую соль уже через полгода увеличивало содержание кальция и фосфора в эмали зубов у детей, но снижало концентрации цинка, магния, хлора.

В настоящем исследовании также наблюдали увеличение содержания кальция у пациентов, получающих питьевую воду с оптимальной концентрацией фторид-иона. Результат потребления соли был более индивидуальным, чем эффект от потребления питьевой воды. Установлена прямая сильная корреляция между концентрацией фторид-иона в питьевой воде и содержанием кальция, цинка и железа в структуре зубов.

Таблица 3. Коэффициент детерминации между концентрацией фторид-иона в питьевой воде и содержанием магния, цинка, кальция и железа в структуре зубов

Table 3. Coefficient of determination between the concentration of fluoride ion in drinking water and the content of magnesium, zinc, calcium and iron in the structure of teeth

Макроэлемент	Коэффициент детерминации
Магний	0,0159
Цинк	0,9807
Кальций	0,9807
Железо	0,1975

ВЫВОДЫ

1. Установлено снижение концентраций железа, цинка, кальция и магния относительно нормы в структуре зубов у жителей Санкт-Петербурга.
2. Выявлена прямая корреляционная связь между концентрацией фторид-иона в питьевой воде и содержанием кальция, магния, цинка и железа в структуре зубов.
3. Низкое содержание железа, цинка, кальция и магния в эмали зубов у пациентов, проживающих в Санкт-Петербурге, необходимо учитывать при рекомендации потребления минеральной воды и витаминно-минеральных комплексов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование выполнено на собственные средства авторов.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Наибольший вклад распределен следующим образом: М.Г. Тумасян — хроматографическое исследование, анализ полученных данных, написание текста; С.Г. Тумасян — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материалов, написание текста; Е.А. Сатыго — обработка материалов.

Этический комитет. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова (№ 1305 от 15.05.2015).

Благодарности. Исследования выполнены с использованием оборудования СЗГМУ им. И.И. Мечникова. Авторы признательны сотрудникам университета за консультации.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The study had no external funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author contribution. All the authors have made a significant contribution to the development of the concept, research, and preparation of the article as well as read and approved the final version before its publication.

Personal contribution of each author: *M.G. Toumassian* — gas chromatography–mass spectrometry, data analysis, text writing; *S.G. Toumassian* — experimental design, collecting and preparation of samples, text writing; *E.A. Satygo* — preparation of samples.

Ethics approval. The present study protocol was approved by the local Ethics Committee of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (No. 1305 dated 15.05.2015).

Acknowledgments. The research was performed using equipment of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. The authors express their gratitude to the university staff for their consultations.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кузьмина Э.М., Кузьмина И.Н., Васина С.А., Смирнова Т.А. Стоматологическая заболеваемость населения России. Состояние твердых тканей зубов. Распространенность зубочелюстных аномалий. Потребность в протезировании. Москва: МГМСУ, 2009. 236 с. EDN: RZJHPL
- Силин А.В., Козлов В.А., Сатыго Е.А. Анализ показателей распространенности и интенсивности кариеса постоянных зубов у детей Санкт-Петербурга // Стоматология детского возраста и профилактика. 2014. Т. 13, № 1(48). С. 14–17. EDN: SBDDUJ
- Díaz-Monroy J.M., Contreras-Bulnes R., Olea-Mejía O.F., et al. Chemical changes associated with increased acid resistance of Er:YAG laser irradiated enamel // *Sci World J.* 2014. Vol. 2014. P. 501357. doi: 10.1155/2014/501357
- Орехова Л.Ю., Кузьмина Э.М., Кузьмина И.Н., и др. Резолюция Экспертного совета «Современный взгляд на лечебно-профилактическое действие индивидуальных средств для ухода за полостью рта, содержащих фториды» // Стоматология. 2019. Т. 98, № 4. С. 28–33. EDN: EOLCPC doi: 10.17116/stomat20199804129
- Petersen P.E., Ogawa H. Prevention of dental caries through the use of fluoride—the WHO approach // *Community Dent Health.* 2016. Vol. 33, N. 2. P. 66–68.
- Yeung C.A., Chong L.Y., Glenn A.M. Fluoridated milk for preventing dental caries // *Cochrane Database Syst Rev.* 2015. Vol. 2015, N. 9. P. CD003876. doi: 10.1002/14651858.CD003876.pub4
- Шашмурина А.Б., Мишутина О.Л., Шашмурина В.Р. Оценка качества питьевой воды для планирования эндогенной профилактики кариеса зубов // Стоматология детского возраста и профилактика. 2021. Т. 21, № 2(78). С. 88–93. EDN: YMZQBQ doi: 10.33925/1683-3031-2021-21-2-88-93
- Baik A., Alamoudi N., El-Housseiny A., Altuwirqi A. Fluoride varnishes for preventing occlusal dental caries: A review // *Dent J (Ba-sel).* 2021. Vol. 9, N. 6. P. 64. doi: 10.3390/dj9060064
- Мусиев А.А., Волков А.Г., Прикул В.Ф., и др. Интенсивность кариеса и элементный состав смешанной слюны у взрослых пациентов с флюорозом зубов // Стоматология. 2019. Т. 98, № 5. С. 56–59. EDN: KBDCYC doi: 10.17116/stomat20199805156
- Муртазаев С.С., Диникулов Ж.А., Хасанов Ф.К. Фтор в превентивной стоматологии // Вестник науки и образования. 2022. № 8(128). С. 73–80. EDN: KJDWSJ
- Нигколова Д.Э., Аккалаева И.А. Причины возникновения кариеса зубов при недостатке фторидов в питьевой воде // Молодой ученый. 2023. № 4(451). С. 110–112. EDN: VIGLDY
- Русских И.С. Роль фторидов в профилактике кариеса зубов // Актуальные исследования. 2020. Т. 23, № 26. С. 55–57. EDN: VTWWOX
- Whelton H.P., Spencer A.J., Do L.G., Rugg-Gunn A.J. Fluoride revolution and dental caries: evolution of policies for global use // *J Dent Res.* 2019. Vol. 98, N. 8. P. 837–846. doi: 10.1177/0022034519843495
- Микаелян Н.П., Комаров О.С. Биохимия твердых тканей полости рта в норме и при патологии: учебное пособие / под ред. А.В. Шестопалова. Москва, 2019. 71 с.
- Wilmers J., Bargmann S. Nature's design solutions in dental enamel: Uniting high strength and extreme damage resistance // *Acta Biomater.* 2020. Vol. 107. P. 1–24. doi: 10.1016/j.actbio.2020.02.019
- Терехова Т.Н., Горбачёва К.А. Послойное распределение минеральных компонентов в твёрдых тканях временных зубов // Здравоохранение. 1997. № 7. С. 19–20.
- Ахмедбейли Р.М., Сафаров А.М., Мамедов Ф.Ю., и др. Влияние фторированно-йодированной соли на минеральный состав временных зубов, формирующихся при биогеохимическом дефиците фторидов и йодидов // Казанский медицинский журнал. 2016. Т. 97, № 4. С. 565–568. doi: 10.17750/KMJ2015-565
- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для студентов экон. спец. вузов. Москва: ЮНИТИ, 1998. 1022 с.

REFERENCES

- Kuzmina EM, Kuzmina IN, Smirnova T.A. Oral diseases prevalence among Russian population. Teeth condition. Dentofacial abnormalities. Procthrtic treatment need. Moscow: MGMSU; 2009. 236 p. (In Russ.) EDN: RZJHPL
- Silin AV, Kozlov VA, Satygo EA. Analysis of the prevalence and intensity of caries of permanent teeth in children of St. Petersburg. *Pe-diatric dentistry and dental profilaxis.* 2014;13(1(48)):14–17. (In Russ.) EDN: SBDDUJ
- Díaz-Monroy JM, Contreras-Bulnes R, Olea-Mejía OF, et al. Chemical changes associated with increased acid resistance of Er: YAG laser irradiated enamel. *Sci World J.* 2014;2014:501357. doi: 10.1155/2014/501357

4. Orekhova LY, Kuzmina EM, Kuzmina IN, et al. Consensus resolution on a modern view on the therapeutic and prophylactic effect of individual oral care products containing fluoride. *Stomatologiya*. 2019;98(4):28–33. EDN: EOLCPC doi: 10.17116/stomat20199804129
5. Petersen PE, Ogawa H. Prevention of dental caries through the use of fluoride—the WHO approach. *Community Dent Health*. 2016;33(2):66–68.
6. Yeung CA, Chong LY, Glenn AM. Fluoridated milk for preventing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(9):CD003876. doi: 10.1002/14651858.CD003876.pub4
7. Shashmurina AB, Mishutina OL, Shashmurina VR. Assessment of the drinking water quality for planning endogenous prevention of dental caries. *Pediatric dentistry and dental profilaxis*. 2021;21(2(78)):88–93. EDN: YMZQBQ doi: 10.33925/1683-3031-2021-21-2-88-93
8. Baik A, Alamoudi N, El-Housseiny A, Altuwirqi A. Fluoride varnishes for preventing occlusal dental caries: A review. *Dent J (Basel)*. 2021;9(6):64. doi: 10.3390/dj9060064
9. Musiyev AA, Volkov AG, Prikuls VF, et al. Caries experience and elementary composition of mixed saliva in adult patients with dental fluorosis. *Stomatologiya*. 2019;98(5):56–59. EDN: KBDCYC doi: 10.17116/stomat20199805156
10. Murtazaev SS, Dinikulov ZhA, Khasanov FK. Fluorine in preventive dentistry. *Bulletin of Science and Education*. 2022;(8(128)):73–80. EDN: KJDWSJ
11. Nigkolova DE, Akkalaeva IA. The causes of dental caries with a lack of fluorides in drinking water. *Young scientist*. 2023;(4(451)):110–112. (In Russ.) EDN: VIGLDY
12. Russkikh IS. The role of fluorides in the prevention of dental caries. *Current research*. 2020;23(26):55–57. EDN: VTWWOX
13. Whelton HP, Spencer AJ, Do LG, Rugg-Gunn AJ. Fluoride revolution and dental caries: evolution of policies for global use. *J Dent Res*. 2019;98(8):837–846. doi: 10.1177/0022034519843495
14. Mikaelyan NP, Komarov OS. *Biochemistry of hard tissues of the oral cavity in normal and pathological conditions: textbook*. Ed. by A.V. Shestopalov. Moscow; 2019. 71 p. (In Russ.)
15. Wilmers J, Bargmann S. Nature's design solutions in dental enamel: Uniting high strength and extreme damage resistance. *Acta Biomater*. 2020;107:1–24. doi: 10.1016/j.actbio.2020.02.019
16. Terekhova TN, Gorbacheva KA. Layered distribution of minerals in the solid tissues of deciduous teeth. *Healthcare*. 1997;(7):19–20. (In Russ.)
17. Ahmedbeyli RM, Safarov AM, Mamedov FY, et al. Influence of fluorinated and iodized salt on mineral composition of deciduous teeth formed in biogeochemical deficiency of fluoride and iodide. *Kazan medical journal*. 2016;97(4):565–568. doi: 10.17750/KMJ2015-565
18. Ayvazyan SA, Mkhitarian VS. *Applied statistics and essentials of econometrics. Textbook for students of economic universities*. Moscow: UNITY; 1998. 1022 p.

ОБ АВТОРАХ

* Михаил Грачьевич Тумасян;

адрес: Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41;
ORCID: 0000-0001-8067-9735;
eLibrary SPIN: 7220-9284;
e-mail: ToumassianMichel@gmail.com

Серг Грачьевич Тумасян;

ORCID: 0000-0002-8439-585X;
eLibrary SPIN: 8218-1615;
e-mail: 79119800070@yandex.ru

Елена Александровна Сатыго, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-9801-503X;
eLibrary SPIN: 8776-0513;
e-mail: stom9@yandex.ru

AUTHORS INFO

* Michel G. Toumassian;

address: 41 Kirochnaya St., Saint Petersburg, 191015, Russia;
ORCID: 0000-0001-8067-9735;
eLibrary SPIN: 7220-9284;
e-mail: ToumassianMichel@gmail.com

Serge G. Toumassian;

ORCID: 0000-0002-8439-585X;
eLibrary SPIN: 8218-1615;
e-mail: 79119800070@yandex.ru

Elena A. Satygo, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0001-9801-503X;
eLibrary SPIN: 8776-0513;
e-mail: stom9@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author