



<https://doi.org/10.34883/PI.2023.7.2.001>
УДК 616.314.13-085-053.2



Горлачева Т.В., Терехова Т.Н. ✉

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Содержание химических элементов в эмали зубов после кислотного травления

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала – Терехова Т.Н.; сбор материала, статистическая обработка данных, написание статьи – Горлачева Т.В.

Подана: 03.05.2023

Принята: 12.06.2023

Контакты: terechova15t@gmail.com

Резюме

Введение. Химический состав здоровой эмали зубов обеспечивает ее кариесрезистентные свойства. Воздействие ортофосфорной кислоты на эмаль вызывает ее деминерализацию, увеличивая при этом площадь поверхности эмали, способствуя улучшению силы сцепления композиционного материала с эмалью зуба, снижая при этом концентрацию кальция и фосфора.

Цель исследования. Выявить особенности содержания химических элементов в поверхностном слое эмали при различном времени кислотного травления.

Материалы и методы. Методом микрорентгеноспектрального анализа определен элементный состав поверхности эмали 56 удаленных интактных премоляров при различном времени (15, 30, 45 и 60 секунд) воздействия на них ортофосфорной кислотой.

Результаты. Выявлено, что воздействие кислоты ведет к снижению содержания фосфора в эмали исследуемых зубов по сравнению с контрольной группой с 17,9% (16,79–17,88) до 16,11% (15,01–16,43), причем время воздействия не оказывает влияния на значение этого параметра. Снижение содержания кальция на поверхности эмали происходит при времени травления 30 и более секунд с 38,64% (37,01–39,64) до 34,90% (34,32–35,02). Значение Ca/P-соотношения не имеет значимых различий в группах и составляет 2,17 (2,03–2,29).

Заключение. Содержание фосфора на поверхности эмали уменьшается при ее травлении, причем время травления (от 15 до 60 секунд) не оказывает влияния на этот показатель. Травление поверхности эмали в течение 30, 45 и 60 секунд вызывает статистически значимое уменьшение содержания кальция. Значение Ca/P-коэффициента не имеет значимых различий в 5 группах.

Ключевые слова: элементный состав эмали, время травления эмали

Gorlacheva T., Terekhova T. ✉
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The Content of Chemical Elements in Tooth Enamel After Acid Etching

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: the concept and design of the study, the collection of material – Terekhova T.; collection of material, statistical data processing, writing an article – Gorlacheva T.

Submitted: 02.05.2023

Accepted: 12.06.2023

Contacts: terekhova15t@gmail.com

Abstract

Introduction. The chemical composition of healthy tooth enamel provides its caries-resistant properties. The impact of phosphoric acid on the enamel causes its demineralization, which is necessary to improve the adhesive strength of the composite with the tooth enamel, while reducing the concentration of calcium and phosphorus.

Purpose of the study. To identify the features of the content of chemical elements in the surface layer of enamel at different times of acid etching.

Materials and methods. With the micro X-ray spectroscopy method determined the elemental composition of the enamel surface of 56 removed intact premolars at different times (15, 30, 45 and 60 seconds) of exposure to phosphoric acid.

Results. It was found that exposure to acid leads to a decrease in the phosphorus content in the enamel of the studied teeth, compared with the control group from 17,9% (16,79–17,88) to 16,11% (15,01–16,43), and the exposure time does not affect the value of this parameter. A decrease in the calcium content on the enamel surface occurs from 38,64% (37,01–39,64) to 34,90% (34,32–35,02) when the etching time is 30 seconds or more. The value of Ca/P ratio has no significant differences in the groups and is 2,17 (2,03–2,29).

Conclusion. The phosphorus content on the enamel surface decreases when it is etched, and the etching time (from 15 to 60 seconds) does not affect this indicator. Etching the enamel surface for 30, 45 and 60 seconds causes a statistically significant decrease in the calcium content. The value of Ca/P coefficient has no significant differences in the five groups.

Keywords: elemental composition of enamel, enamel etching time

■ ВВЕДЕНИЕ

Кислотное травление эмали широко используется ортодонтами всех стран мира в качестве подготовки поверхности эмали к фиксации элементов брекет-системы. В литературе имеются различные данные (от 15 до 60 секунд) о необходимой длительности воздействия кислоты на зуб [8]. Многочисленные публикации свидетельствуют о возможном ятрогенном воздействии этой процедуры на эмаль зубов: потеря 3–10 мкм эмали, уменьшение концентрации фторидов в поверхностном слое эмали, потеря гладкости и увеличение пористости поверхности эмали. Вышеперечисленные факторы могут способствовать повышению риска возникновения кариеса зубов [5, 9, 10, 13].



Зрелая эмаль зубов на 96–97% состоит из минеральных компонентов, на 0,3–1,5% – из органических веществ и на 3,8–4,3% – из воды [11]. Неорганическая часть эмали представлена главным образом апатитами: гидроксиапатитом (75%), карбон-апатитом (19%), хлорапатитом (4,4%) и фторапатитом (0,66%). Из органических веществ в эмали присутствуют белки, углеводы, липиды, азотсодержащие вещества [1].

В среднем на долю кальция приходится 35–40% массы эмали, на долю фосфора – 16–18%, фтора – 5×10^{-5} – 5×10^{-3} %, содержание железа, цинка, меди, стронция и свинца незначительно и колеблется в пределах от 10^{-5} до 10^{-4} %.

Эмаль зубов постоянно подвергается воздействию 2 процессов: деминерализации и реминерализации, зависящих от уровня кислотности ротовой жидкости. Установлено, что при снижении pH до уровня 5,5 и ниже скорость деминерализации гидроксиапатита значительно превышает скорость его реминерализации.

Соотношение кальция и фосфора в эмали зубов (Ca/P-коэффициент) указывает на резистентность эмали к действию кислот. В структуре гидроксиапатита с формулой $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ молярное соотношение кальция и фосфора составляет $10/6=1,67$. Это значение может колебаться в пределах от 1,33 до 2,0. Падение молярного кальций-фосфорного соотношения ниже 1,30 указывает на разрушение кристаллической решетки гидроксиапатита, исчерпание резерва кальция и неспособность эмали противостоять растворению. При Ca/P-коэффициенте 1,67 разрушение кристаллов происходит при выходе 2 ионов кальция, при соотношении 2,0 гидроксиапатит способен противостоять разрушению до замещения 4 ионов Ca [1, 2].

В эксперименте с помещением зубов в газированные напитки, имеющие pH от 2,16 до 6,3, установлено достоверное снижение содержания кальция и фосфора в эмали зубов по сравнению с контрольной группой при одинаковом значении Ca/P-коэффициента в зубах 2 групп [7, 12].

Обнаружено, что при использовании пероксидов для отбеливания эмали с pH менее 5,5 определяется более низкое содержание кальция и фосфора в эмали по сравнению с аналогичными препаратами, имеющими pH более 5,5. Ca/P-коэффициент при использовании отбеливающих препаратов достоверно не изменяется при использовании пероксидов с низким pH и увеличивается до 2 при применении пероксидов с высоким pH [11].

Известно, что при кариесе зубов снижается содержание кальция и фосфора, уменьшается значение Ca/P-коэффициента при увеличении содержания магния, кислорода и хлора [3, 4, 6].

Данных о содержании химических элементов в эмали зубов при различном времени ее травления в доступной отечественной и зарубежной литературе нами не обнаружено.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить особенности содержания химических элементов в поверхностном слое эмали при различном времени кислотного травления.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа» в Центре исследований и испытаний материалов с использованием рентгеноспектрального микроанализатора фирмы Oxford



Рис. 1. Сканирующий электронный микроскоп MIRA с рентгеноспектральным микроанализатором
Fig. 1. Scanning electron microscope MIRA with X-ray spectral microanalyzer

Instruments Analytical (Великобритания) изучен химический состав центральной части вестибулярной поверхности 56 интактных премоляров, удаленных по ортодонтическим показаниям (рис. 1, 2). Погрешность метода составляет 10–15 относительных процентов.

Предварительно зубы подвергались дезинфекции, очищению пастой, не содержащей F, высушиванию, травлению N-Etch Gel (37%), Ivoclar Vivadent в течение

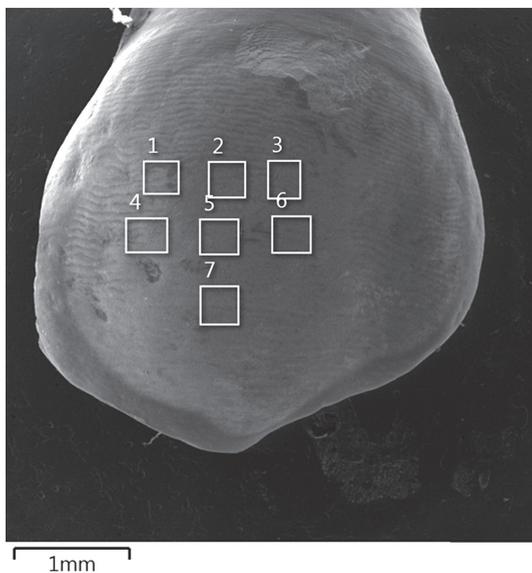


Рис. 2. Образец исследуемого премоляра с травленной вестибулярной поверхностью
Fig. 2. Sample of the studied premolar with etched vestibular surface

15 секунд (группа 2, n=14), 30 секунд (группа 3, n=14), 45 секунд (группа 4, n=14), 60 секунд (группа 5, n=14). Группу сравнения (группа 1, n=56) составили премоляры 4 исследуемых групп, химический состав которых анализировали в области нетравленной эмали.

Проведена статистическая обработка данных в программе Statistica 10, использованы методы описательной статистики, достоверность различий признаков оценивали непараметрическими методами с помощью критериев Краскела – Уоллиса (H) и z. Различия считали статистически достоверными при величине $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Элементный состав нетравленной и травленной поверхности эмали представлен в таблице.

Время травления поверхности эмали оказывает влияние на содержание в ней некоторых химических элементов: фосфора (H=39,7; $p < 0,001$), кальция (H=32,3; $p < 0,001$).

Содержание фосфора на вестибулярной поверхности эмали статистически значимо больше в группе 1 (17,2% (16,8–17,9)) по сравнению с группами 2 (16,1% (15,0–16,4)) (z=4,4; $p < 0,001$), 3 (16,1% (15,7–16,8)) (z=3,6; $p < 0,01$), 4 (16,2% (15,8–16,4)) (z=4,1; $p < 0,001$) и 5 (16,2% (16,0–16,7)) (z=3,8; $p < 0,01$) соответственно.

Содержание кальция статистически значимо больше в группе 1 (38,6% (37,0–39,6)) по сравнению с группами 3 (34,9% (34,3–35,0)) (z=4,1; $p < 0,001$), 4 (35,6% (31,1–38,3)) (z=3,2; $p < 0,05$) и 5 (34,5% (34,2–35,4)) (z=4,0; $p < 0,001$) соответственно.

Элементный состав нетравленной и травленной поверхности эмали, %, Me (25–75%)
Elemental composition of unetched and etched enamel surface, %, Me (25–75%)

Химический элемент	Нетравленная	Травленная 15 секунд	Травленная 30 секунд	Травленная 45 секунд	Травленная 60 секунд
F	0,05 (0,00–0,12)	0,00 (0,00–0,00)	0,00 (0,00–0,33)	0,04 (0,00–0,08)	0,00 (0,00–0,04)
Mg	0,11 (0,02–0,22)	0,05 (0,0–0,11)	0,09 (0,03–0,12)	0,06 (0,00–0,22)	0,04 (0,00–0,09)
Si	0,06 (0,00–0,14)	0,04 (0,00–0,06)	0,07 (0,00–0,12)	0,04 (0,00–0,08)	0,11 (0,00–0,19)
P	17,19 (16,79–17,88)	16,11 (15,01–16,43)	16,11 (15,74–16,76)	16,16 (15,75–16,43)	16,19 (16,02–16,71)
Cl	0,54 (0,46–0,64)	0,56 (0,42–0,64)	0,54 (0,47–0,59)	0,58 (0,52–0,64)	0,59 (0,51–0,69)
Ca	38,64 (37,01–39,64)	33,88 (27,46–39,94)	34,90 (34,32–35,02)	35,55 (31,05–38,34)	34,50 (34,24–35,41)
Mn	0,27 (0,08–0,46)	0,45 (0,26–0,84)	0,26 (0,15–0,60)	0,51 (0,24–0,78)	0,10 (0,04–0,49)
Fe	0,01 (0,00–0,21)	0,19 (0,00–0,25)	0,18 (0,00–0,29)	0,14 (0,05–0,28)	0,05 (0,00–0,11)
Zn	0,20 (0,01–0,34)	0,11 (0,00–0,22)	0,02 (0,00–0,07)	0,17 (0,11–0,50)	0,01 (0,00–0,06)
Ca/P	2,20 (2,13–2,31)	1,98 (1,76–2,27)	2,08 (2,07–2,22)	2,14 (1,95–2,33)	2,16 (2,06–2,21)

Не выявлено влияния времени травления на значение кальций-фосфорного соотношения в изучаемых группах ($p > 0,05$). Медиана этого параметра составила среди групп 2,17 (2,03–2,29).

Полученные данные согласуются с данными о снижении содержания кальция и фосфора на поверхности эмали при воздействии кислоты [6, 11]. Значимое снижение Са/Р-соотношения наблюдается лишь при активном кариесе зубов [5, 6].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание фосфора на поверхности эмали уменьшается при ее травлении, причем время травления (от 15 до 60 секунд) не оказывает влияния на этот показатель. Травление поверхности эмали в течени 30, 45 и 60 секунд вызывает статистически значимое уменьшение содержания кальция. Значение Са/Р-коэффициента не имеет значимых различий в 5 группах.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Butvilovskij A.V., Barkovskij E.V., Karmal'kova I.S. Chemical bases of demineralization and remineralization of tooth enamel. *Bulletin of VSMU*. 2011;10(1):138–144. (in Russian)
2. Mikaelyan N.P., Komarov O.S. *Biochemistry of hard tissues of the oral cavity in normal and pathological conditions*. M.: Publishing house FGBOU VO RNIMU them. N.I. Pirogov; 2019. 71 p. (in Russian)
3. Peshkova E.K., Pavlova T.V. Morphofunctional aspects of the carious process. *Modern high technologies*. 2014;2:73–76. (in Russian)
4. Pustovojtova N.N., Kitel V.V. The chemical composition of the surface layer of enamel, depending on its functional state. *Problems of health and ecology*. 2018;66–71. DOI: 10.51523/2708-6011.2018-15-2-13. (in Russian)
5. Abufarwa M., et al. White spot lesions: Does etching really matter? *J. Investig. Clin. Dent*. 2018;9(1). DOI: 10.1111/jicd.12285
6. Adabache-Ortiz A., et al. Comparison of Chemical Elements on Carious & Normal Premolar's Enamel Layers Using Energy Dispersive X Ray Spectrometer (X Ray-EDS). *Microscopy Research*. 2014;2:81–91.
7. Bertoldi C., Lucchi A., Zaffe D. Effects of soft-drinks and remineralising treatment on teeth assessed by morphological and quantitative X-ray investigations. *European Journal of Pediatric Dentistry*. 2015;16(4):263–271.
8. Clyvis Mauricio Ferreira da Silva, et al. Influence of different acid etching times on the shear bond strength of brackets bonded to bovine enamel. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014;112(2):122–135. DOI: 10.1016/j.sdentj.2020.10.003
9. Kanniyappan, P., Kumar S.K., Manjula W.S. Enamel Pretreatment Before Bonding Brackets – A Literature Review. *Biomedical & Pharmacology Journal*. 2015;8:631–640. DOI:10.13005/bpj/760
10. Knösel M., et al. Increased susceptibility for white spot lesions by surplus orthodontic etching exceeding bracket base area. *J. Orthod. Dentofacial Orthop*. 2012;141(5):574–582. DOI: 10.1016/j.ajodo.2011.11.017
11. Sabel, N., Karlsson A., Sjölin L. XRMA analysis and X-ray diffraction analysis of dental enamel from human permanent teeth exposed to hydrogen peroxide of varying pH. *J. Clin. Exp. Dent*. 2019;11(6):512–520. DOI: 10.4317/jced.55618
12. Sooksompien, P., Sirimaharaj V., Wanachantararak S. Carbonated Soft Drinks Induced Erosive Changes on Enamel Surfaces of Primary Teeth: SEM-EDS Analysis. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2022;15(3):1046–1052. DOI: 10.3390/nu15071785
13. Srivastava K., et al. Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics. *J. Orthod. Sci*. 2013;2(2):43–49. DOI: 10.4103/2278-0203.115081