УДК 612.311.1:612.014.422 + 616.314-002-056

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЗУБНОЙ ЭМАЛИ ЛИЦ С РАЗЛИЧНОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К РЕАЛИЗАЦИИ КАРИЕСА КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕЁ МОРФОЛОГИИ И ТЕКСТУРЫ

Михейкина Н.И., Горбунова И.Л.

ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: nataly2711@mail.ru

Резистентность зубов к кариесу на молекулярном уровне связана со строением и свойствами зубной эмали. Изучение электропроводности зубной эмали кариесподверженных и кариесрезистентных лиц позволяет обосновать особенности её морфологического строения и текстуры, что позволит в дальнейшем максимально индивидуализировать выбор реминерализующего средства, а также объём, кратность и способ его нанесения. Опираясь на данные электрометрического исследования зубов, мы можем косвенно судить об особенностях пористости эмали, а также о степени её насыщенности кальцием и фосфором. В настоящее время определение резистентности зубной эмали с помощью аппарата «Дент-Эст» нашло широкое применение в кариесологии. Изучение резистентности зубов в указанном аспекте позволяет научно решить вопрос о целях и задачах профилактики, использовать резистентных лиц в качестве контрольной группы.

Ключевые слова: электропроводность, реминерализация, зубная эмаль, пористость, насыщенность кальцием и фосфором

THE CONDUCTIVITY OF DENTAL ENAMEL PERSONS WITH DIFFERENT PREDISPOSITION THE IMPLEMENTATION OF CARIES AS A CRITERION FOR ASSESSING THE FEATURES OF ITS MORPHOLOGY AND TEXTURE

Mikheykina N.I., Gorbunova I.L.

Federal Budgetary Educational Facility «Omsk State Medical Academy» of the Russian Health Ministry, Omsk, e-mail: nataly2711@mail.ru

The resistance of teeth to dental caries at the molecular level associated with the structure and properties of dental enamel. The study of the conductivity of tooth enamel coreesponding and seriesresonant allows individuals to justify features of its morphological structure and texture that will allow as much as possible to individualize the choice of remineralization funds, as well as the amount, frequency and method of application. Based on data electrometric studies of teeth, we can indirectly judge the characteristics of the porosity of the enamel, as well as on the degree of saturation of calcium and phosphorus. Currently, the definition of resistance of the tooth enamel using the apparatus «DENT-EST» widely used in karjalohja. The study of resistance of the teeth in the specified aspect allows the research to decide on the goals and objectives of prevention, use of resistant individuals as control group.

Keywords: conductivity, remineralization, dental enamel, porosity, saturation calcium and phosphorus

Несмотря на огромное количество работ, посвящённых этиологии и патогенезу кариеса зубов, эта проблема до сих пор остаётся актуальной [13]. До конца не решены вопросы прогнозирования, возникновения и течения этого распространённого заболевания, не полностью выявлены и оценены факторы, способствующие его развитию. Несомненно, что всё это сказывается на эффективности профилактики и лечения кариеса.

Большинство исследователей решающую роль в развитии кариеса отводят местной ситуации в полости рта. Микрофлора полости рта, большое количество мягкого зубного налёта, нарушение слюноотделения, воспалительные и дистрофические заболевания пародонта, множественные ретенционные пункты могут способствовать активному течению кариеса [3, 5, 10, 11, 14, 15, 17]. В то же время ряд исследований [19, 21] ставят под сомнение ведущую роль перечисленных выше факторов при кариесе, так как точно такая же ситуация в полости рта может быть у кариесрезистентных.

Доказано, что немаловажную роль в реализации кариеса играет мера устойчивости (резистентности) тканей зубов к агрессивным факторам полости рта, совокупность которых нередко трактуется как кариесогенная ситуация [4, 6, 16, 18]. Резистентность зубов к кариесу может быть связана с морфологическим строением эмали, изменением её основных свойств (кислотоустойчивость, проницаемость, микротвёрдость), большое значение имеет форма и рельеф зубов, величина межзубных промежутков [7, 8, 9].

Существует довольно много способов определения степени устойчивости зубов

к кариесу. Наиболее распространёнными из них в настоящее время являются инструментальные методы диагностики, основанные на электропроводности твёрдых тканей зубов [1, 2].

Цель исследования: изучение электропроводности зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц для обоснования её устойчивости или подверженности процессам деминерализации.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной задачи проведено клиническое обследование 215 человек обоего пола в возрасте 18–45 лет. Все обследованные были разделены на две группы: кариесрезистентные (КР) и кариесподверженные (КП). Под кариесрезистентностью понимали ситуацию, когда у обследуемых лиц в полости рта не было ни одного кариозного, пломбированного или удалённого зуба. Индекс КПУ у таких людей был равен нулю. Кариесподверженными считались люди, у которых есть хотя бы один кариозный, пломбированный или удалённый по поводу осложнения кариеса зуб, индекс КПУ у таких людей был ≥ 1. Группу КР составили 100 человек (49 мужчин и 51 женщина). Группу КП составили 115 человек (55 мужчин и 60 женщин). Всего нами было обследовано 215 человек. Средний возраст обследованных лиц составлял 33 ± 2,1 года. Электропроводность зубной эмали определяли с помощью электрометрического прибора «ДЕНТ-ЭСТ». Принцип действия аппарата «ДЕНТ-ЭСТ» основан на возможности электрометрического определения электропроводности твёрдых тканей посредством измерения величины (силы) микротока, проходящего через твёрдые ткани зуба. Электрометрический способ определения резистентности зубной эмали основан на пропускании электрического тока заданной величины через твёрдые ткани зубов и определении той величины тока, которая отражается на шкале прибора после замыкания электрической цепи [20, 21]. Морфологические характеристики зубной эмали изучали в Омском региональном научном центре коллективного пользования на базе Омского научного центра СО РАН НИИ проблем переработки углеродов (директор – чл.-корр. РАН В.А. Лихолобов). Удельный объем пор, средний размер пор и распределение пор по размерам исследовали адсорбционно-капиллярным и ртутно-порометрическими методами [20]. Количественное содержание кальция и фосфора в образцах эмали определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на анализаторе VRA-30 (Германия). В исследовании применялись методы анализа таблиц сопряженности, корреляционный анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из данных, представленных на рис. 1, электропроводность эмали кариесподверженных (КП) лиц статистически значимо ($p \leq 0{,}01$) превосходит электропроводность эмали кариесрезистентных (КР) лиц. Так, электропроводность КР составляет 0,49 мкА, в то время как электропроводность КП лиц составляет 0,73 мкА, что является бóльшим отклонением от абсолютного нуля, являющегося показателем законченной минерализации эмали.

Полученные результаты, отражающие взаимосвязь процессов минерализации и электропроводности эмали, взяты за основу в наших дальнейших исследованиях.

На следующем этапе работы мы сопоставили процессы электропроводности зубной эмали КР и КП лиц с морфологическими и текстуральными характеристиками. Для этого из 215 человек, принявших участие в исследовании, нами были отобраны 25 пациентов (7 КР и 18 КП), у которых была дополнительно изучена зубная эмаль в исследованиях *in vitro*. У всех этих людей по ортодонтическим показаниям были удалены верхние премоляры в количестве 1–2 зубов, что сделало возможным установление взаимосвязей между электропроводностью зубной эмали, свидетельствующей о резистентности, с её основными физико-химическими показателями. Всего было обследовано 39 образцов интактной зубной эмали.

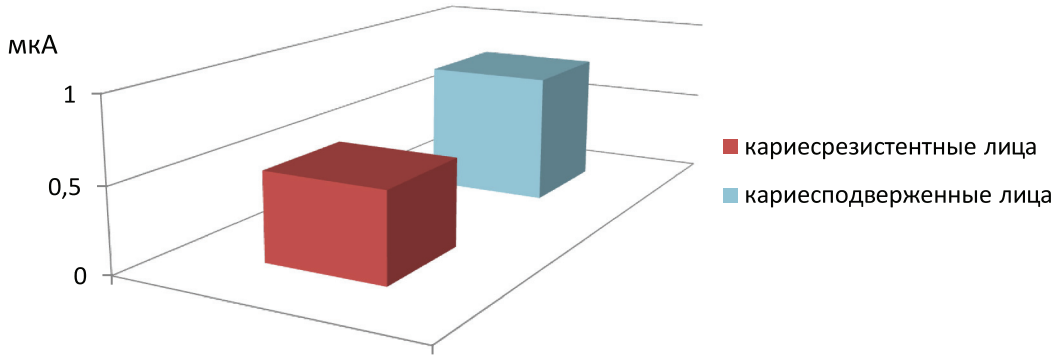

Рис. 1. Показатели электропроводности зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц.

Морфологическое строение, химический состав и структура эмали являются ведущими факторами, обеспечивающими кариесрезистентность или кариесвосприимчивость зубов. Известно [5], что деминерализация эмали, играющая важную роль в возникновении и развитии кариеса, зависит не только от химического и фазового состава, но и от геометрического строения эмали, то есть от морфологии и текстуры вещества. Под текстурой понимается совокупность таких структурно-геометрических характеристик, как удельная поверхность частиц, удельный объем пор, размер частиц и пор, пористость, и др., количественно отражающих геометрическое строение (морфологию) вещества [9].

Известно, что Ca и P являются основными элементами в составе зубной эмали, так как они определяют состав и структуру кристаллов гидроксиапатитов [5, 6, 7], являющихся «фундаментом» этой биологической системы. Изменение содержания этих элементов и их соотношения (Ca/P = 1,66 для структуры $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) может указывать на протекание процессов де- и реминерализации. Поэтому, в нашем исследовании мы изучили и сравнили количественное содержание Ca и P, а также их соотношения в образцах интактной эмали КР и КП лиц.

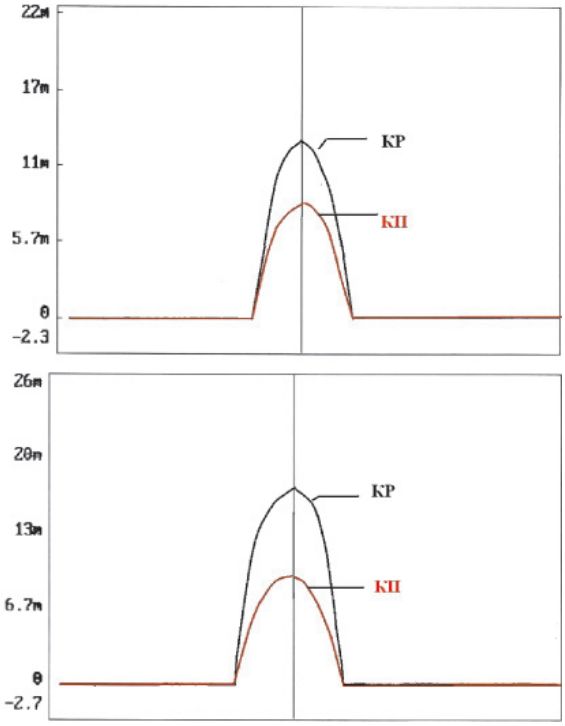

Рис. 2. Спектральные характеристики содержания Ca в образцах интактной эмали кариесрезистентных (КР) и кариесподверженных (КП) лиц, полученные методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой

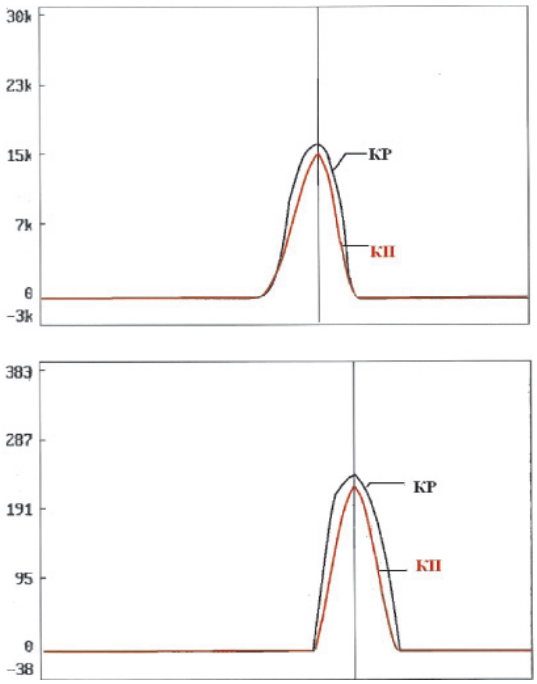

Рис. 3. Спектральные характеристики содержания P в образцах интактной эмали кариесрезистентных (КР) и кариесподверженных (КП) лиц, полученные методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой

На рис. 2 и 3 представлены спектры содержания Ca и P в образцах эмали КР и КП лиц.

Исходя из данных, представленных на рис. 2 и 3, следует, что по процентному содержанию фосфора образцы эмали интактных зубов КР и КП лиц достоверно не различались (у КР – 19,73 ± 0,24 %, у КП – 19,24 ± 0,37 %), а значения показателя, характеризующего концентрацию кальция в эмали, имели тенденцию к снижению у КП ($p \leq 0,05$). Так, если в эмали интактных зубов КР лиц содержание кальция было в пределах 36,04 ± 0,12 %, то у КП оно составило 34,83 ± 0,40 % ($p \leq 0,05$).

В таблице представлены основные текстурные характеристики исследуемых образцов зубной эмали лиц. Из данных, представленных в таблице, видно, что средние величины площади удельной поверхности меньше в образцах эмали КП лиц. Однако морфология поверхности эмали сама по себе не определяет кристаллохимическое строение зубных тканей. Вместе с тем увеличение пористости зубной эмали, по всей видимости, отражает факт нарушения упаковки первичных кристаллов эмали вплоть до изменения значений параметров элементарной ячейки её основных структурных элементов – апатитов. Кариозный процесс, по своему механизму, способствует возникновению условий для повышения их растворимости.

Значения удельной поверхности (SБЭТ), удельного объёма пор (Vs), среднего размера пор (Dпор.) и среднего размера частиц (Dчаст.) образцов зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц

Резистентность к кариесу зубов	$S_{БЭТ}$, м²/г	$V_s \cdot 10^9$, м³/г	$D_{пор}$, нм	$D_{час}$, нм
Эмаль кариесрезистентных лиц	1,30 ± 0,11	7,00 ± 0,69	23,4 ± 3,30	1140 ± 100
Эмаль кариесподверженных лиц	0,79 ± 0,09	4,24 ± 1,16	21,5 ± 5,90	1870 ± 210

Примечание. В таблице указаны только достоверные значения.

В процессе работы нами была установлена корреляционная связь между пористостью эмали и величинами тока, проходящего через исследуемые участки зуба (жевательная поверхность и пришеечная область как зоны, в которых наиболее часто развивается деминерализация, и в то же время наиболее доступные для исследования поверхности зубов). Проведённый корреляционный анализ позволил установить прямую зависимость между изучаемыми показателями. Помимо этого была установлена обратная корреляция между показателями электропроводности эмали и содержанием в ней кальция: чем меньше содержание кальция в зубной эмали, тем выше значение цифр, характеризующих её электропроводность. Все полученные результаты имели высокую степень достоверности.

Выводы

Таким образом, в проведённом исследовании двумя независимыми друг от друга методами была установлена неодинаковая устойчивость к кариесу КП и КР лиц, что подтверждается проведёнными физико-химическими исследованиями *in vitro*, а также электрометрическим способом определения резистентности зубов к кариесу.

Реализация кариеса зубов находится в прямой зависимости от особенностей морфологического строения и текстуры зубной эмали. Эти показатели косвенным образом можно определить с помощью электрометрического исследования.

Список литературы

1. A61C19/04 Электронное устройство / Кисельникова Л.П., Бояркина Е.С. № 2009103226/14-18; заявл 02.02.2009; опубл. 27.06.2010.

2. А.С. № 1439507, J 01 K 33/53. Способ определения минерализации эмали зуба / Леонтьев В.К., Иванова Г.Г., Жорова Т.Н., Стефанеев Д.И. № 4165132/28-14; заявл. 22.12.86; опубл. 23.11.88. Б.И. № 43.

3. Бокая В.Г., Недосеко В.Б., Сунцов В.Г. Гликолитическая и утилизующая активность осадка смешанной слюны у лиц, резистентных к кариесу зубов, с множественным кариесом и в условиях местной углеводной нагрузки // Тезисы докладов XII областной конференции стоматологов. – Омск, 1982. – С. 21–22.

4. Боровский Е.В. Клинико-морфологическая характеристика кариеса эмали // Клин. стоматология. – 2005. – № 4. – С. 65–69.

5. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. – М.: Медицина, 1991. – 302 с.

6. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Кариесрезистентность // Клин. стоматол. – 2002. – № 5. – С. 26–28.

7. Бутвиловский А.В., Барковский Е.В., Кармалькова И.С. Химические основы деминерализации и реминерализации эмали зубов // Вестн. Витебского гос. мед. ун-та. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 138.

8. Взаимосвязь кариеса и зубочелюстных аномалий / П.А. Кузнецов, В.А. Дистель, А.В. Пономарёв и др. // Стоматология. – 1981. – Т. 60, № 5. – С. 58–59.

9. Дроздов В.А., Горбунова И.Л., Недосеко В.Б. Текстурные характеристики эмали зуба и её резистентность к кариесу // Стоматология. – 2002. – № 4. – С. 4–9.

10. К характеристике микробной флоры при кариесе зубов / В.Ф. Кустикова, Е.А. Земская, Л.В. Морозова // География кариеса зубов. – М., 1966. – С. 176–187.

11. Круглова Л.Н., Недосеко В.Б. О механизме влияния мягкого зубного налета на скопление сахарозы зубами в условиях полости рта // Стоматология. – 1988. – № 2. – С. 7–8.

12. Левицкий А.П., Мизина И.К. Зубной налёт. – Киев: Здоров,я, 1987. – 80 с

13. Леонтьев В.К. Кариес зубов — сложные и нерешенные проблемы // Новое в стоматол. 2003. — № 6. – С. 6–7.

14. Леонтьев В.К. О функции слюнных желез и составе слюны при кариесе // Этиология и патогенез основных стоматологических заболеваний. – М., 1997. – С. 36–41.

15. Леонтьев В.К. Об особенностях минерализующей функции слюны // Стоматология. – 1983. – № 6. – С. 5–8.

16. Недосеко В.Б. Резистентность зубов в проблеме кариеса: дис. ... д-ра мед.наук. – Омск, 1987. – 541с.

17. Рединова Т.Л. Углеводы и кариес зубов. – Устинов, 1986. – 6 с. – Деп. во ВНИИМИ МЗ СССР № 11729-86.

18. Скрипкина Г.И. Дозонологическая диагностика и прогнозирование кариозного процесса у детей (клинико-лабораторное исследование, математическое моделирование): автореф. дис. д-ра. мед. наук : 14.00.14. Омск, 2012. – 35 с.

19. Gutierrez P., Piña C., Lara V.H., Bosch P. Characterization of enamel with variable caries risk // Arch Oral Biol. – 2005 Oct. – № 50(10). – P. 843–8.

20. He L.H., Swain M.V. Understanding the mechanical behavior of human enamel from its structural and compositional characteristics // J of the Mechanical behavior of biomedical materials. – 2008. – Vol. 1. – P. 18–29.

21. Hicks J., Garcia-Godoy F., Flaitz C. Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2) // J Clin Pediatr Dent. – 2004 Winter. – № 28(2). – P. 119–24.

References

1. A61C19/04 Elektronnoe ustroystvo / Kiselnikova L.P., Boyarkina E.S. no. 2009103226/14-18; zayavl 02.02.2009; opubl. 27.06.2010.

2. A.C. no. 1439507, J 01 K 33/53. Sposob opredeleniya mineralizatsii emali zuba / Leontev V.K., Ivanova G.G., Zhorova T.N., Stefaneev D.I. no. 4165132/28-14; zayavl. 22.12.86; opubl. 23.11.88. B.I. no. 43.

3. Bokaya V.G. Glikoliticheskaya i utilizuyuschaya aktivnost osadka smeshannoy slyunyi u lits, rezistentnyih k kariesu zubov, s mnozhestvennyim kariesom i v usloviyah mestnoy uglevodnoy nagruzki / V.G. Bokaya, V.B. Nedoseko, V.G. Suntsov // Tezisyi dokladov XII oblastnoy konferentsii stomatologov. Omsk, 1982. pp. 21–22.

4. Borovskiy E. V. Kliniko-morfologicheskaya harakteristika kariesa emali // Klin. stomatologiya. 2005. no. 4. pp. 65–69.

5. Borovskiy E.V. Biologiya polosti rta / E.V. Borovskiy V.K. Leontev. M.: Meditsina, 1991. 302 p.

6. Borovskiy E.V. Kariesrezistentnost / E.V. Borovskiy, V.K. Leontev // Klin, stomatol. 2002. no. 5. pp. 26–28.

7. Butvilovskiy A.V. Himicheskie osnovyi demineralizatsii i remineralizatsii emali zubov / A. V. Butvilovskiy E.V. Barkovskiy, I.S. Karmalkova // Vestn. Vitebskogo gos. med. un-ta. 2011. T. 10, no. 1. pp. 138.

8. Vzaimosvyaz kariesa i zubochelyustnyih anomaliy / P.A. Kuznetsov, V.A. Distel, A.V. Ponomaryov i dr. // Stomatologiya. 1981. t.60, no. 5. pp. 58–59.

9. Drozdov V.A. Teksturnyie harakteristiki emali zuba i eYo rezistentnost k kariesu / V.A. Drozdov, I.L. Gorbunova, V.B. Nedoseko // Stomatologiya. 2002. no. 4. pp. 4–9.

10. K harakteristike mikrobnoy floryi pri kariese zubov / V.F. Kustikova, E.A. Zemskaya, L.V. Morozova // Geografiya kariesa zubov. M., 1966. pp. 176–187.

11. Kruglova L.N. O mehanizme vliyaniya myagkogo zubnogo naleta na skoplenie saharozyi zubami v usloviyah polosti rta / L.N. Kruglova, V.B. Nedoseko // Stomatologiya. 1988. no. 2. pp. 7–8.

12. Levitskiy A.P. Zubnoy nalYot / A.P. Levitskiy, I.K. Mizina. Kiev: Zdorov,ya, 1987. 80 p.

13. Leontev V.K. Karies zubov – slozhnyie i nereshennyie problemyi // Novoe v stomatol. 2003. no. 6. pp. 6–7.

14. Leontev V.K. O funktsii slyunnyih zhelez i sostave slyunyi pri kariese // Etiologiya i patogenez osnovnyih stomatologicheskih zabolevaniy. M., 1997. pp. 36–41.

15. Leontev V.K. Ob osobennostyah mineralizuyuschey funktsii slyunyi // Stomatologiya. 1983. no. 6. pp. 5–8.

16. Nedoseko V.B. Rezistentnost zubov v probleme kariesa: Dis. ... d-ra med.nauk. Omsk, 1987. 541 p.

17. Redinova T.L. Uglevodyi i karies zubov / T.L. Redinova. Ustinov, 1986. 6 p. Dep. vo VNIIMI MZ SSSR no. 11729–86.

18. Ckripkina G.I. Dozonologicheskaya diagnostika i prognozirovanie karioznogo protsessa u detey (kliniko-laboratornoe issledovanie, matematicheskoe modelirovanie): avtoref. dis. d-ra. med. nauk: 14.00.14. Omsk, 2012. 35 p.

19. Gutierrez P, Piña C, Lara VH, Bosch P. Characterization of enamel with variable caries risk. Arch Oral Biol. 2005 Oct; 50(10): 843–8.

20. He L.H. Understanding the mechanical behavior of human enamel from its structural and compositional characteristics / L.H. He, M.V. Swain // J of the Mechanical behavior of biomedical materials. 2008. Vol. 1. pp. 18–29.

21. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). J Clin Pediatr Dent. 2004 Winter; 28(2): 119–24.

Рецензенты:

Недосеко В.Б., д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии, ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» МЗ РФ, г. Омск;

Скрипкина Г.И., д.м.н., доцент, заведующая кафедрой детской стоматологии, ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» МЗ РФ, г. Омск.

Работа поступила в редакцию 28.01.2015.