

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ИНТАКТНОЙ ЗУБНОЙ ЭМАЛИ КАРИЕСПОДВЕРЖЕННЫХ И КАРИЕСРЕЗИСТЕНТНЫХ ЛИЦ

Горбунова И.Л.¹, Михейкина Н.И.¹, Дроздов В.А.²

¹ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Министерства Здравоохранения России, г. Омск, Россия (Омск БУЗОО ГКСП №1 ул.Волочаевская 21А) e-mail: nataly2711@mail.ru

²ОНЦ СО РАН, Омский региональный ЦКП СО РАН, 644040, г. Омск, Нефтезаводская, 54

Целью исследования стало определение физико-химических особенностей интактной эмали кариесподверженных и кариесрезистентных лиц. Проведён анализ качественного элементного состава интактной зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц с применением атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Эмаль зубов лиц с различным уровнем резистентности к кариесу имеет одинаковую структуру гидроксиапатита. Установлено, что элементный состав интактной эмали зубов у кариесрезистентных и кариесподверженных лиц одинаков, но меняется количественное содержание тех или иных элементов в пределах каждого уровня. У кариесподверженных пациентов отмечается более пористая структура интактной эмали зубов. Полученные нами результаты указывают, что образцы интактной эмали, различной по уровню резистентности к кариесу, имеют разные предпосылки для возможной деминерализации, обусловленные различием их мезотекстуры.

Ключевые слова: гидроксиапатит зубной эмали, зубная эмаль, пористость, элементный состав.

THE MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE INTACT DENTAL ENAMEL CARIESLIABLE AND CARIESRESISTANT PERSONS

Gorbunova I.L.¹, Mikheykina N.I.¹, Drozdov V.A.²

¹Federal Budgetary Educational Facility "Omsk State Medical Academy" of the Russian Health Ministry, Omsk, Russian Federation (Omsk, city dental clinic №1 Volochaevskaya street 21A) e-mail: nataly2711@mail.ru

²Omsk Nauchny Center Sibirskogo Department Russian Academy of Sciences, Omsk Regional Center Kollektivnogo Use Sibirskogo Department Russian Academy of Sciences, 644040 Omsk Neftzavodskay street, 54

The aim of the study was the determination of physico-chemical characteristics intact enamel cariesliable and cariesresistant persons. Qualitative elemental composition analysis of intact dental enamel cariesliable and cariesresistant persons was carried out using atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma. The enamel of the teeth of individuals with different levels of resistance to caries has the same structure of hydroxyapatite. It has been specified that elemental composition of intact dental enamel cariesliable and cariesresistant persons was the same, but quantitative content of certain elements within each age group was found to be changed. In cariesliable persons more porous structure of intact dental enamel was observed. Our results indicate that the samples of intact enamel on the level of resistance to caries have different prerequisites for possible demineralization caused by the difference of their megatexture.

Keywords: hydroxyapatite dental enamel, dental enamel, porosity, elemental composition.

Несмотря на огромное количество работ, посвященных изучению этиологии и патогенеза кариеса зубов, эта проблема остается до сих пор актуальной [8,12]. Согласно последним статистическим данным, полученным по результатам отчетов Министерства Здравоохранения, в нашем регионе среди стоматологической патологии кариес занимает одно из ведущих мест [9]. Известно, что кариес зубов инициируется микрофлорой зубной бляшки. Видовой состав микроорганизмов, роль которых в развитии кариозного процесса уже доказана, изучен достаточно хорошо [2]. Это, прежде всего, такие штаммы, как *S. Mutants*, *S. Sanguis*, *S. Mitis*, *S. Salivarius*, *Actinomyces Viscosus*. Вместе с тем на течение и прогрессирование заболевания оказывает влияние огромное количество факторов, как

локальных, так и системных, на фоне изменённой или неизменённой резистентности полости рта. Все это позволяет отнести кариес к разряду мультифакториальных заболеваний.

Согласно современным представлениям в основе кариозного процесса лежит деминерализация эмали [1]. Но скорость наступления деминерализации у всех людей различна [14]. Так, для некоторых людей достаточно незначительной кариесогенной атаки, чтобы кариозный процесс реализовался. В тоже время отмечено, что некоторые люди допускают погрешности в гигиене полости рта и употребляют кариесогенные продукты, однако развития кариеса зубов при этом не происходит. [4] В этой связи мы предположили, что деминерализация эмали, а следовательно, и развитие кариозного процесса, зависят и от структуры самой зубной эмали

Цель исследования: определить физико-химические особенности интактной эмали лиц с различным уровнем резистентности к кариесу.

Для достижения цели исследования поставлены следующие **задачи:**

1. Определить качественный и количественный элементный состав интактной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц.
2. Изучить кристалло-химические особенности строения гидроксиапатита интактной эмали лиц с различным уровнем резистентности.
3. Определить текстуру интактной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц (пористость, удельный объём пор, распределение пор по поверхности).

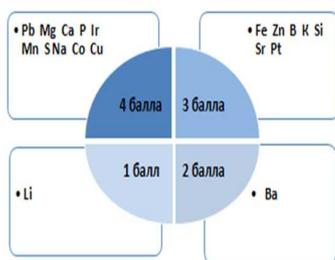
Материалы и методы исследования В соответствии с поставленными задачами нами проведено исследование 300 образцов эмали интактных премоляров верхних челюстей у кариесрезистентных и кариесподверженных лиц. Зубы удалялись по ортодонтическим показаниям у лиц в возрасте 15-25 лет, постоянно проживающих в городе Омске. Как следует из амбулаторных карт, все эти люди были практически здоровы, среди перенесенных заболеваний в анамнезе отмечались лишь инфекционные: ветряная оспа, дизентерия, острые респираторные заболевания вирусной этиологии, грипп. Набор материала производился на базе лечебно-профилактических учреждений г. Омска: ГКСП №1, Городской детской стоматологической поликлиники №1, стоматологических отделений городских многопрофильных поликлиник, а также некоторых частных стоматологических клиник г. Омска.

С целью сохранения зуба как объекта лабораторного исследования производилось щадящее удаление, со стремлением не допустить нарушения целостности поверхностного слоя эмали при наложении и фиксации щечек щипцов на коронковую часть зуба. После удаления зубы промывались проточной водой, освобождались от мягких тканей и хранились в 0,9% изотоническом растворе NaCl в стеклянной таре с притёртой крышкой при температуре не выше -10°C. При этом тара для хранения была индивидуальной для каждого

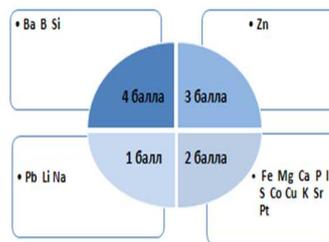
отдельного зуба. На склянки наклеивались этикетки, на которых были указаны фамилия и инициалы, паспортные данные и уровень резистентности пациента к кариесу, а также показания к удалению и дата его проведения.

Свежеудаленные зубы перед исследованием подвергались специальной подготовке, которая заключалась в разделении коронковой и корневой частей алмазным диском. После этого выделялся чистый препарат эмали путем механического освобождения последней от подлежащих тканей (дентин, пульпа). Морфологические характеристики зубной эмали изучали в Омском региональном научном центре коллективного пользования на базе Омского научного центра СО РАН и «НИИ проблем переработки углеводов» (директор – чл.-корр. РАН В.А. Лихолобов). Нами был проведен анализ качественного элементного состава интактной зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц с применением атомно-эмиссионной спектроскопии и индуктивно связанной плазмы на ICP-спектрометре «Оптима 3000». Удельный объем пор, средний размер пор и распределение пор по размерам исследовали адсорбционно-капиллярным и ртутно-порометрическими методами [3, 16].

Результаты исследования В ходе исследования было выявлено, что эмаль кариесрезистентных и кариесподверженных лиц не отличается по качественному элементному составу, однако количество тех или иных элементов в пределах каждого уровня различно. Для относительной оценки содержания элементов в эмали зубов лиц с различным уровнем резистентности к кариесу нами была введена условная четырёхбалльная шкала обозначений. Суть её состоит в следующем: наибольшая степень включения того или иного элемента в эмаль зубов оценивалась нами в 4 балла, наименьшая - в 1 балл. Между этими двумя значениями существовало два промежуточных, которые оценивались в 2 и 3 балла. Следует признать, что наибольшую балльную оценку содержания элементов имели образцы эмали кариесрезистентных лиц (рисунок).



Эмаль кариесрезистентных лиц



Эмаль кариесподверженных лиц

Рис.1. Относительные показатели содержания исследуемых химических элементов в образцах интактной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц

А образцы эмали кариесподверженных лиц, напротив, имели достаточно низкие относительные концентрации изучаемых элементов по предложенной нами системе (рисунок).

Так как известно, что основой кристаллических призм зубной эмали является фаза состава $\text{Ca}_{10\pm n}(\text{PO}_4)_{6\pm n}(\text{OH})_{2-x}$, причём существуют различия в строении её кристаллической структуры и текстуры, мы предположили, что эмаль кариесрезистентных и кариесподверженных лиц имеет свою кристалло-химическую формулу, отражающую строение гидроксиапатита [7,11,12,16,17]. Для подтверждения или опровержения этой гипотезы образцы интактной эмали лиц с различным уровнем устойчивости к кариесу были изучены с помощью метода рентгенофазового анализа. В результате проведённого исследования выяснилось, что приповерхностный слой эмали толщиной 1,2-1,5 мм интактных зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям у лиц с различным уровнем резистентности к кариесу, содержит кристаллиты со структурой, близкой к структуре гидроксиапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Таким образом, установлено, что интактная эмаль кариесрезистентных и кариесподверженных лиц не имеет существенных отличий в строении кристаллов гидроксиапатита. Но различие свойств эмали у лиц с различным уровнем резистентности, возможно, может быть обусловлено разницей в текстуре вещества при одинаковой кристаллической решётке. То есть, при наличии фазы гидроксиапатита определённого состава реализуется различная упаковка кристаллов в эмали, что должно определять разную пористость исследуемых образцов. Основные текстурные характеристики образцов зубной эмали: площадь удельной поверхности, удельный объем пор, средний размер пор и распределение пор по размерам исследовали адсорбционно-капиллярным и ртутно-порометрическими методами. В настоящее время эти методы являются наиболее распространенными при исследовании пористых материалов различной природы и происхождения. [3]

В ходе проведённых исследований было установлено, что интактная эмаль зубов кариесрезистентных и кариесподверженных лиц относится к малопористым объектам с суммарной пористостью 4-6% и имеет определённые различия по своим текстурным характеристикам. Установлено, что суммарная пористость и удельная поверхность исследуемых образцов интактной эмали отличается и достаточно закономерно увеличивается от кариесрезистентных людей к кариесподверженным. Изменение суммарной пористости образцов обусловлено, прежде всего, увеличением количества мезопор без существенного изменения их эффективного размера. В то же время увеличение удельной поверхности образцов определяется уменьшением средних размеров кристаллитов фазы гидроксиапатита. В таблице представлены основные текстурные характеристики исследуемых образцов зубной эмали лиц различных возрастных групп. Прежде всего, отметим,

что полученные значения удельной поверхности и удельного объема мезопор в образцах достаточно малы. Так, площади удельной поверхности имеют значения на уровне $\sim 1 \text{ м}^2/\text{г}$, а значения удельного объема пор находятся в интервале $0,004\text{-}0,007 \text{ см}^3/\text{г}$. Это указывает, что по данным адсорбции исследуемые объекты являются грубодисперсными и малопористыми веществами (таблица).

Значения удельной поверхности (СБЭТ), удельного объёма пор (V_s), среднего размера пор ($D_{\text{пор.}}$) и среднего размера частиц ($D_{\text{час.}}$) образцов зубной эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц

Резистентность к кариесу зубов	СБЭТ, $\text{м}^2/\text{г}$	$V_s \times 10^9$, $\text{м}^3/\text{г}$	$D_{\text{пор.}}$, нм	$D_{\text{час.}}$, нм
Эмаль кариесрезистентных лиц	$1,30 \pm 0,11$	$7,00 \pm 0,69$	$23,4 \pm 3,30$	1140 ± 100
Эмаль кариесподверженных лиц	$0,79 \pm 0,09$	$4,24 \pm 1,16$	$21,5 \pm 5,90$	1870 ± 210

Примечание: В таблице указаны только достоверные значения

Видно, что средние величины площади удельной поверхности меньше в образцах эмали кариесподверженных лиц. Так, если для образцов эмали кариесрезистентных лиц значение площади удельной поверхности пор соответствует $1,30 \pm 0,11 \text{ м}^2/\text{г}$, то для эмали кариесподверженных лиц показатель этого значения равен $0,79 \pm 0,09 \text{ м}^2/\text{г}$. Аналогично снижаются и средние значения удельного объема пор, которые составляют $0,007 \pm 0,001 \text{ см}^3/\text{г}$ и $0,004 \pm 0,001 \text{ см}^3/\text{г}$ соответственно. В то же время рассчитанные величины среднего размера пор практически не меняются с учетом статистических разбросов и соответствуют величине примерно $20 \pm 5 \text{ нм}$.

На основании полученных данных можно заключить, что для образцов интактной эмали кариесрезистентных лиц характерно образование более мелких кристаллитов (более высокая удельная поверхность), вероятно более разориентированных в пространстве, то есть хуже упорядоченных, чем в образцах эмали кариесподверженных лиц. Это приводит к увеличению мезопористости в образцах эмали кариесрезистентных лиц, обусловленной, по-видимому, прежде всего пространством между кристаллитами (межкристаллическая пористость). Причем, так как размер пор не увеличивается ($D_{\text{пор.}} \sim 20 \pm 5 \text{ нм}$), то увеличение пористости связано с увеличением числа таких пор. Важно отметить, что, так как значение удельного объема мезопор в образцах интактной эмали очень низкое, то количество таких

мезопор крайне мало и их образование следует, по-видимому, рассматривать как результат формирования (по каким-либо причинам) “дефектных областей” в целом в упорядоченной кристаллической структуре эмали. Существенно то, что по данным многих авторов, развитие начальных стадий кариеса характеризуется именно увеличением в приповерхностных слоях межкристаллических пространств за счет частичного растворения кристаллов в областях границ призм и даже в их сердцевине [1,5,15]. В результате пораженная эмаль имеет значительно меньшие размеры, чем интактная. Полученные нами результаты указывают, что образцы интактной эмали, различной по уровню резистентности к кариесу, имеют разные предпосылки для возможной деминерализации, обусловленные различием их мезотекстуры.

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что качественный элементный состав эмали кариесрезистентных и кариесподверженных лиц одинаков, однако меняется количественное содержание тех или иных элементов в пределах каждого уровня.

Эмаль зубов лиц с различным уровнем резистентности к кариесу имеет одинаковую структуру гидроксиапатита, соответствующую формуле $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Эмаль зубов кариесрезистентных и кариесподверженных лиц имеет различия в текстурных характеристиках, а именно в удельной поверхности и удельном объеме пор. Образцы зубной эмали кариесподверженных лиц имеет более неоднородную, более пористую текстуру в отличие от образцов эмали зубов кариесрезистентных лиц. Такие показатели, как суммарная пористость и удельная поверхность исследуемых образцов интактной эмали у лиц с различным уровнем резистентности к кариесу отличаются и достаточно закономерно уменьшаются от кариесрезистентных к кариесподверженным образцам.

Список литературы

1. Боровский Е.В. Биология полости рта / Е.В. Боровский В.К. Леонтьев. – М.: Медицина, 1991. – 302 с.
2. К характеристике микробной флоры при кариесе зубов / В.Ф. Кустикова, Е.А. Земская, Л.В. Морозова // География кариеса зубов.- М., 1966.- С.176-187.
3. Горбунова И.Л., Дроздов В.А., Недосеко В.Б., Гуляева Т.И. Исследование текстуры зубной эмали лиц с различным уровнем резистентности к кариесу адсорбционно-структурным методом. - Омский научный вестник.- Омск, март 2000г. - С.142-145.
4. Недосеко В.Б. Резистентность зубов в проблеме кариеса: Дис. д-ра мед.наук. - Омск, 1987. - 541с.

5. Новик И.О. О содержании микроэлементов в интактных и кариозных зубах / И.О. Новик // Труды IV Всесоюзного съезда стоматологов. – М., 1964. – С. 146.
6. Результаты исследования морфологического строения, химического состава и параметров кристаллической решётки апатитов твёрдых тканей зубов / А.В. Цимбалистов [и др.] // Институт стоматологии. – 2004. – № 2 (23). – С. 60-63.
7. Савранский Ф.З. Физико-химические и структурные особенности строения эмали зуба человека, изученные методом электронного парамагнитного резонанса / Ф.З. Савранский // Новое в терапевтической, детской и хирургической стоматологии. – М., 2004. – С. 78-79.
8. Стоматологическая заболеваемость населения России / под ред. Э.М. Кузьминой. – М. : Информэлектро, 1999. – 228 с.
9. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.omsk.gks.ru.
10. Antonakos A. Micro-Raman and FTIR studies of synthetic and natural apatites / A. Antonakos, E. Liarokapis, T. Leventouri // Biomaterials. – 2007. – Vol. 28. – P. 3043-3054.
11. Assessment of enamel chemistry composition and its relationship with caries susceptibility / L.K.A. Rodrigues [et al.] // Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE. – 2005. – Vol. 5687, № 28. – P. 132-139.
12. Chen M. Oral health status by social group / M. Chen, R. Andersen // Comparing oral health care system: a second International Collaborative Study. – Geneva, 1997. – P. 149-163.
13. Comparative tem study of dental tissue hydroxyapatite with chemically obtained apatite / C. Stefanov [et al.] // Romanian in Biotechnological Letters. Printed in Rumania. All rights reserved. Original paper. – 2010. – Vol. 15, № 3. – P.117-125.
14. Doméjean-Orliaguet S. Caries risk assessment in an educational environment / S. Doméjean-Orliaguet, S.A. Gansky, J.D. Featherstone // J. of dental education. – 2006. – Vol. 70, № 12. – P. 1346-1354.
15. Electron spin relaxation of radicals in irradiated tooth enamel and synthetic hydroxyapatite / H. Sato [et al.] // Radiation Measurement. – 2007. – Vol. 42. – P. 997–1004.
16. FT- Raman investigation of human dental enamel surfaces [Electronic resource] / Mihály J. [et al.]//J.of Raman Spectroscopy. – 2009. – Access mode; www.interscience.wiley.com/journal/jrs.
17. Shellis R.P. Apparent solubility distributions of hydroxyapatite and enamel apatite / R.P. Shellis, R.M. Wilson // J. of Colloid and Interface Science. – 2004. – Vol. 278. – P. 325-33.

Рецензенты:

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

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