

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

*Александров М.Т., Дмитриева Е.Ф., Артемова О.А., Ахмедов А.Н.*

### ВЛИЯНИЕ СЛЮНЫ И СРЕДСТВ ГИГИЕНЫ ПОЛОСТИ РТА НА ПОКАЗАТЕЛИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), 119146, г. Москва

**Задача.** В условиях *in vitro* исследовать методом раман-флюоресцентной спектроскопии влияние слюны и средств гигиены полости рта на показатели минерализации различных анатомо-топографических зон зубов для различных функциональных групп, обосновать его клиническую целесообразность и эффективность.

**Методы.** В доклиническом исследовании *in vitro* на 90 модельных тест-объектах зубов (резцы, премоляры и моляры), удаленных по клиническим показаниям, проводили раман-флюоресцентное исследование степени минерализации (Рамановские характеристики спектра), нарушения гигиенического состояния зубов (наличие зубного налета и интенсивность его флюоресценции) и оценку эффективности реминерализующих средств (пленки, суспензии) у различных функциональных групп зубов. Для регистрации исследуемых показателей использовали АПК «ИнСпектр М» с длиной зондирующего излучения 532 нм. Преимуществами Раман-флюоресцентной спектроскопии для определения степени минерализации и гигиенического состояния твердых тканей зуба являются объективность (цифровая технология), экспрессность, неинвазивность, простой и не разрушающий контроль степени минерализации/деминерализации твердых тканей зуба и его гигиенического состояния, возможность документирования и хранения информации (создание базы данных).

**Результаты.** Проведен качественный и количественный анализ влияния слюны и средств гигиены полости рта на минерализацию и гигиеническое состояние различных функциональных групп зубов.

**Ключевые слова:** эмаль; слюна; минерализация; анатомо-топографическая зона; твердые ткани зуба; средства гигиены полости рта; раман-флюоресцентная спектроскопия; оценка гигиенического состояния.

**Для цитирования:** Александров М.Т., Дмитриева Е.Ф., Артемова О.А., Ахмедов А.Н. Влияние слюны и средств гигиены полости рта на показатели минерализации твердых тканей зуба различных функциональных групп. *Российский стоматологический журнал*. 2019; 23 (3-4): 100-105. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2019-23-3-4-100-105>

*Alexandrov M.T., Dmitrieva E.F., Artemova O.A., Akhmedov A.N.*

#### RESEARCH OF INFLUENCE OF SALIVARY AND ORAL CLEANING HYGIENE ON INDICATORS OF MINERALIZATION OF HARD TOOTH TISSUES OF DIFFERENT FUNCTIONAL GROUPS

I.M. Sechenov First MG MU (Sechenovskiy Universitet), 119146, Moscow

*In vitro, investigate by the method of Raman fluorescence spectroscopy the effect of saliva and oral hygiene products on the mineralization indices of various anatomical and topographic areas of teeth for their various functional groups, to substantiate its clinical feasibility and effectiveness. Methods: in a preclinical in vitro study on 90 model test objects of teeth (incisors, premolars, and molars) removed according to clinical indications, a Raman fluorescence study of the degree of mineralization (Raman spectrum characteristics), dental hygiene conditions (plaque and intensity fluorescence) and evaluation of the effectiveness of remineralizing agents (films, suspensions) in various functional groups of teeth. For registration of the studied parameters, InSpektr M agro-industrial complex was used with a probe wavelength of 532 nm. The advantages of Raman fluorescence spectroscopy for determining the degree of mineralization and the hygienic state of tooth hard tissues are objectivity (digital technology), expressivity, non-invasiveness, simple and non-invasive control the degree of mineralization / demineralization of the hard tissues of the tooth and its hygienic state, the possibility of documenting and storing information (creating a database). Results: In the course of the study, a qualitative and quantitative analysis of the influence of saliva and oral hygiene products on the mineralization and hygienic condition of various functional groups of teeth was carried out.*

**Key words:** enamel; saliva; mineralization; anatomical and topographic zone; hard tooth tissues; oral hygiene products; Raman fluorescence spectroscopy; hygiene assessment.

**For citation:** Alexandrov M.T., Dmitrieva E.F., Artemova O.A., Akhmedov A.N. Research of influence of salivary and oral cleaning hygiene on indicators of mineralization of hard tooth tissues of different functional groups. *Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal*. 2019; 23(3-4): 100-105. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2019-23-3-4-100-105>

**For correspondence:** Aleksandrov Mikhail Timofeevich, MD, professor, E-mail: alex\_mta@mail.ru

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received 06.04.2019

Accepted 16.04.2019

В настоящее время кариес зубов – одно из наиболее распространенных стоматологических заболеваний среди детского и взрослого населения Российской Федерации. Одним из местных факторов возникновения кариеса является неудовлетворительный гигиенический уход за полостью рта, а также изменение количественного и качественного состава ротовой жидкости [1].

В системе профилактики кариеса ведущим аспектом является гигиена полости рта. Теоретическим обоснованием использования средств гигиены полости рта с целью реминерализации в профилактике кариеса и минерализации твердых тканей зуба являются научные исследования, подтверждающие, что важнейшее свойство эмали – проницаемость, которая обеспечивается благодаря наличию в ней микропространств, заполненных водой, по которым способны проникать вещества как неорганической, так и органической природы – в зависимости от их полярности и величины. Проникновению и перемещению ионов в водной фазе эмали способствует осмотическое давление, которое является основным механизмом процесса реминерализации и деминерализации твердых тканей зуба. В этом физиологическом процессе определяющую роль играет ротовая жидкость (слюна) – основной источник поступления веществ в структуру зуба [2–4]. Однако неизученным остается вопрос, как экспрессно, одновременно и без изменения исследуемых структур зуба провести диагностические измерения его минерализации и наличие зубного налета и как средства гигиены полости рта (различные по механизму действия зубные пасты и порошки) и способы их применения влияют на минерализацию твердых тканей зуба и их гигиенический статус. Таким образом, представляют интерес все три основных фактора, влияющих на минерализацию твердых тканей зубов: слюны, средств гигиены и способов нанесения реминерализующих зубных порошков и паст. Данный вопрос практически не освещен в литературе.

Исходя из представленных проблемных вопросов, следует отметить, что в последние годы все больший интерес в клинической и экспериментальной медицине вызывают инновационные методы диагностики, позволяющие оценить минерализацию твердых тканей зуба и костей, в том числе при воздействии на него физических, химических и биологических факторов на уровне молекулярных превращений и, что особенно важно, неинвазивным путем [5]. К таким методам относится раман-флюоресцентная спектроскопия, разработанная методологически и методически доктором медицинских наук, профессором, лауреатом государственной премии РФ Александровым М.Т. Считается, что рамановская спектроскопия позволяет объективно оценивать спектральные полосы, связанные с конкретными химическими структурами твердых тканей зуба [6, 7]. Таким образом, эту технологию в настоящее время можно считать предпочтительной при исследовании реминерализации зубов [8–14]. В связи с этим целью нашего исследования явилось комплексное изучение влияния слюны, средств гигиены полости рта (зубные пасты, зубные щетки) на

показатели минерализации и гигиеническое состояние различных анатомо-топографических зон зубов различных функциональных групп методом раман-флюоресцентной спектроскопии.

Резюмируя, еще раз следует отметить, что в литературе не представлены раман-флюоресцентные технологии, позволяющие в реальном масштабе времени одновременно оценивать как гигиеническое состояние твердых тканей зуба, так и степень их минерализации. При этом не изучен такой клинически важный аспект, как влияние слюны и средств гигиены полости рта на исследуемые показатели твердых тканей зуба.

## Материал и методы

В настоящем доклиническом исследовании *in vitro* на модельных тест-объектах зубов, удаленных по клиническим показаниям (резцы, премоляры, моляры), оценивали влияние слюны и средств гигиены полости рта, кислотообразующего фактора, а также эффективность реминерализующих средств (пленки, суспензии) на показатели минерализации и наличие зубного налета различных анатомо-топографических зон зубов, используя лазерный аппаратно-программный комплекс раман-флюоресцентной диагностики «Ин-Спектр М» с длиной волны зондирующего излучения 532 нм. Исследование проводили на основе предварительных экспериментов *in vitro*, где объективно выявлено, что рамановские спектры зубов (эмаль зуба) адекватны показателям эталонного образца гидроксил-апатита – линия ГАП. Данный результат определил выбор представленной методики для решения поставленной цели и задач исследования.

С помощью АПК «ИнСпектр М» тест-объекты (эмаль, дентин, цемент исследуемых зубов) подвергали воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения видимого диапазона – 532 нм. Одновременно производили сбор и обработку полученной информации. Измерения проводили в контактно-стабильном положении объекта (зуба) к источнику излучения. Каждое спектральное измерение соответствовало  $M_{cp}$  из 500 измерений, при длительности одного измерения – 100 мкс (на основании отработанного в эксперименте времени накопления сигнала, необходимого для его визуализации и измерения). Общее время одного измерения соответствовало 2,5–3 мин. Всего в доклиническом исследовании использовали 90 тест-объектов зубов, по 30 из каждой функциональной группы (30 резцов, 30 премоляров, 30 моляров), удаленных по клиническим показаниям.

Для количественной оценки интенсивности рамановского излучения на длине волны гидроксил-апатита –  $963\text{ см}^{-1}$  (в абсолютных единицах) измеряли показатели при максимуме и минимуме его спектральной мощности. Полученную разницу (отн. ед.) принимали за интенсивность Рамана, характеризующую наличие и концентрацию гидроксил-апатита в эмали, дентине и цементе исследуемых зубов ( $M_{cp}$ ). Для количественной оценки интенсивности флюоресценции (как характеристики наличия зубного налета) измеряли ее показатели в максимуме.

В качестве гигиенического средства для чистки зубов использовали зубную пасту Колгейт тотал, а в

качестве кислотного фактора – свежесжатый лимонный сок.

### Результаты исследования

Из полученных результатов следует, что исходные показатели интенсивности рамановского излучения, характеризующие минерализацию резцов, в присутствии слюны увеличились и составили 1218 абс. ед.,

при исходном уровне 645 абс. ед. (табл. 1, 2). Применение зубного порошка при очистке зубов приводит к поверхностной деминерализации (859 абс. ед.). При воздействии органических кислот на эмаль происходит ее растворение (216 абс. ед.). Показатели зубного налета увеличиваются при длительной аппликации слюны (1 сут) и достоверно уменьшаются при аналогичной по времени аппликации органической кисло-

Таблица 1. Влияние слюны, средств гигиены и кислотообразующих препаратов на степень минерализации эмали резцов, клыков, премоляров и моляров

Объект исследования (N)	Локализация измерения	Верхний пик (интенсивность сигнала в максимуме/длина волны в максимуме)	Нижний уровень (интенсивность сигнала в минимуме/длина волны в максимуме)	Интенсивность Рамана (относительные единицы (M ср.))
Резцы N=30	Режущий край	$y=11134 \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8079 \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=3058 \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Экватор	$y=12644, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8843, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=3801, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Пришеечная область вестибулярная поверхность	$y=9867, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=6875, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=2992, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
Клыки N=30	Режущий край	$y=13253, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8574, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=4679, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Экватор	$y=14387, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8596, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=5791, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Пришеечная область вестибулярная поверхность	$y=11098, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8436, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=2662, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
Премоляры N=30	Окклюзионная поверхность	$y=12487, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=9576, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=2911, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Экватор	$y=14376, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=9875, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=4501, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Пришеечная область вестибулярная поверхность	$y=10956, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=8457, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=2499, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
Моляры N=30	Окклюзионная поверхность	$y=17865, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=15967, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=1898, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Экватор	$y=17840, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=14329, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=3511, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$
	Пришеечная область вестибулярная поверхность	$y=15439, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=14326, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$	$y=1113, \quad x=963 \text{ см}^{-1}$

ты почти в 2 раза. Для премоляров получены аналогичные результаты, исходный уровень интенсивности рамановского излучения составил 218 абс. ед., в присутствии слюны он увеличился (706 абс. ед.), при применении зубного порошка снизился до 321 абс. ед. Действие кислоты вызвало глубокую деминерализацию эмали (94 абс. ед.). Показатели флюоресценции имели аналогичные изменения. Для моляров исходный уровень интенсивности рамановского излучения составил 365 абс. ед., в присутствии слюны он увеличился почти вдвое (681 абс. ед.), при применении зубного порошка снизился до 194 абс. ед. Действие кислоты вызвало глубокую деминерализацию эмали (191 абс. ед.). По показателям флюоресценции – аналогично. Из таблицы следует, что наибольшей минерализацией по интенсивности рамановской линии ( $y =$ ) на длине волны ( $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ) обладает эмаль зуба (режущий край), наименьшей – шейка зуба. Показано, что аппликация слюны не только увеличивает минерализацию твердых тканей зуба, но и концентрацию зубного налета (по его интенсивности флюоресценции).

И, самое главное, во всех случаях использования зубной щетки и зубной пасты приводит к существенной деминерализации твердых тканей зуба (до 50%). Это явление требует пересмотра существующих технологий их гигиенической обработки и дополнительного к ней применения реминерализирующих препаратов для быстрого восстановления прочностных характеристик зуба (его минерализации).

В связи с этим мы решили исследовать воздействие реминерализующих средств (пленки и суспензия) на минерализацию эмали зубов. Из представленных результатов видно, что после аппликации пластинами природными с кальцием и суспензией нано-ГАП уровень минерализации увеличился более чем в 2 раза (табл. 3). Этот факт имеет важное клиническое значение как в научном, так и в прикладном приложении.

### Обсуждение

Из представленных данных следует, что во всех группах зубов отмечается увеличение уровня минерализации в 2 – 3 раза в присутствии слюны и состав-

Таблица 2. Усредненные показатели (M ср) спектральных характеристик зуба для различных анатомо-топографических зон под влиянием слюны и средств гигиены

		Верхний пик (интенсивность сигнала в максимуме/длина волны в максимуме)	Нижний уровень (интенсивность сигнала в минимуме/длина волны в максимуме)	Интенсивность Рамана /абсолютные единицы/длина волны в максимуме	Интенсивность флюоресценции в максимуме	
Шейка зуба	Исходный уровень минерализации зуба	$y = 3720, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3559, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 160, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4362$	
	Экспозиция в слюне 1 сут	$y = 4593, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4384, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 209, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5351$	
	Чистка зубной пастой	1мин	$y = 3191, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3061, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 129, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4759$
		2мин	$y = 3252, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3106, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 145, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3906$
		3мин	$y = 3261, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3117, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 143, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3853$
		4мин	$y = 3067, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2926, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 140, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3639$
5мин	$y = 3065, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2880, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 184, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3632$		
Экватор	Исходный уровень минерализации зуба	$y = 3360, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2969, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 391, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3965$	
	Экспозиция в слюне 1 сут	$y = 5111, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4302, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 808, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5921$	
	Чистка зубной пастой	1мин	$y = 3869, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3458, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 410, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4610$
		2мин	$y = 3883, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3330, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 552, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4508$
		3мин	$y = 3396, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2991, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 405, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4044$
		4мин	$y = 3358, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2958, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 399, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3500$
5мин	$y = 3548, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3190, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 357, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3449$		
Режущий край эмали зуба	Исходный уровень	$y = 4934, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4404, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 529, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 6502$	
	Экспозиция в слюне 1 сут	$y = 6539, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5803, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 735, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 8719$	
	Чистка зубной пастой	1мин	$y = 5787, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5207, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 580, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 7129$
		2мин	$y = 5390, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5301, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 88, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5989$
		3мин	$y = 5165, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4705, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 459, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5788$
		4мин	$y = 4381, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3787, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 593, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5540$
5мин	$y = 4205, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3762, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 443, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 5238$		

Таблица 3. Спектральные характеристики эмали резцов до и после действия кислотообразующих препаратов, а также после аппликации пластинами природными с кальцием и суспензии 30% нано-ГАП

Объект исследования N = 30	Верхний пик (интенсивность сигнала в максимуме/ длина волны в максимуме)	Нижний уровень (интенсивность сигнала в минимуме/длина волны в максимуме)	Интенсивность Рамана /абсолютные единицы	Интенсивность флюоресценции
Эмаль после чистки зубов (резцы, клыки, премоляры, моляры)	$y = 7878, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 7317, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 560, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 7467$
Эмаль экспозиция в кислоте (1 сут)	$y = 3200, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3052, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 148, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3950$
Эмаль аппликация пластинами	$y = 7239, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 6920, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 319, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 9937$
Эмаль после курса суспензии 30% с нано-ГАП	$y = 3493, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3156, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 337, x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 4139$

ляет 1218 – 706 – 681 абс. ед., при исходном уровне 645 – 218 – 365 абс. ед. Применение зубной пасты при очистке зубов приводит к поверхностной деминерализации (859 – 321 – 194 абс. ед.). При воздействии органических кислот на эмаль происходит ее растворение (деминерализация), сопровождающееся, по-видимому, изменением формы, размеров и ориентации кристаллов гидроксиапатита (216 – 94 – 191 абс. ед.), что более чем в 5 раз ниже, чем уровень минерализации в присутствии слюны. Причина быстрого проникновения в эмаль органических кислот дислокация в кристаллической решетке эмали, так называемые вакантные места и дефекты, — отсутствие атома или колонок атомов. При оценке интенсивности флюоресценции, которая соответствует наличию зубного налета, установлено, что концентрация зубного налета и интенсивность флюоресценции зависимы, и эта зависимость близка к линейной.

Кроме того, показано, что при наблюдении исследуемых показателей в течение суток, можно сделать вывод, что зубной налет не препятствует минерализации в присутствии слюны. В присутствии кислоты, по-видимому, снижается минерализация твердых тканей зуба и подавляется рост микробов. Также из таблиц следует, что в процессе чистки зубов интенсивность флюоресценции увеличилась, что, по-видимому, свидетельствует об обнаружении микробной биопленки под зубным налетом. Таким образом, раман-флюоресцентная спектроскопия показывает интегральную флюоресценцию и в зубном налете, и в зубной биопленке.

В целом клиническое значение полученных результатов в условиях *in vitro* хорошо объясняет негативное влияние на степень минерализации зубов (по убывающей) кислот, зубных паст и позитивное влияние (по убывающей) слюны и зубных паст. Таким образом, применение зубных щеток, по-видимому, не способствуют минерализации, хотя и улучшают гигиеническое состояние полости рта.

## Выводы

По данным литературы, многие исследователи сходятся во мнении о необходимости высококачественной ежедневной гигиены [15, 16], реминерализующей терапии [17] и др. Как показало наше исследование, применение зубных паст в качестве гигиены полости рта приводит к снижению минерализации с одной стороны, с другой стороны — отмечается снижение

интенсивности флюоресценции, что говорит об удалении мягких зубных отложений. Минерализующий потенциал слюны также подтверждают полученные нами результаты. Проведенное нами исследование оценки реминерализующих препаратов показало их высокую эффективность. Полученные данные свидетельствуют, что рамановские технологии позволяют экспрессно, практически в режиме онлайн, «по месту» оценивать как степень минерализации твердых тканей зуба, так и одновременно выявлять наличие и степень активности зубного налета, а также проводить сравнительную оценку влияния различных физических, химических и биологических факторов, способствующих минерализации/деминерализации зубов. Показано, что в настоящее время необходим пересмотр технологий гигиенической обработки зубов и дополнительного к ней применения реминерализующих препаратов для быстрого восстановления прочностных характеристик зуба (его минерализации).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Терапевтическая стоматология. Болезни зубов.* В 3 ч. Ч. 1. [Электронный ресурс]: учебник / Под ред. Е.А. Волкова, О.О. Янушевича - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013.
2. Безруков С.Г., Галкина О.П. Распространенность и интенсивность кариеса зубов в зависимости от функциональных свойств ротовой жидкости у больных ювенильным ревматоидным артритом. *Современная стоматология.* 2014; 2 (59): 67—8.
3. Леонтьев В.К., Пахомов Г.Н. *Профилактика стоматологических заболеваний.* М.: 2006.
4. Окушко В.Р. *Основы физиологии зуба.* М.: 2008.
5. Красникова О.В., Рунова О.А., Гордеев А.С. Исследование кристаллохимического состава тканей зуба методом инфракрасной спектроскопии. — *Сборник статей Международной научно-практической конференции «Закономерности и тенденции развития науки».* Уфа; 2015: 83—6.
6. Tramini P., Bonnet B., Sabatier R., Maury L. A method of age estimation using Raman microspectrometry imaging of the human dentin. *Forensic Sci. Int.* 2001; 118: 1—9.
7. Penel G., Leroy G., Rey C., Bres E. Micro-Raman spectral study of the  $\text{PO}_4$  and  $\text{CO}_3$  vibrational modes in synthetic and biological apatites. *Calcif. Tissue Int.* 1998; 63: 475—81.
8. Miyazaki , Onose H., Moore B. V. Analysis of the dentin–resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent. Mater.* 2002; 18: 576—80.

9. Ko A.C.T., Hewko M., Sowa M.G., Dong C.C.S., Cleghorn B., Lin-P'ing Choo-Smith A. Early dental caries detection using a fibre-optic coupled polarization-resolved Raman spectroscopic system. *Opt. Express*. 2008; 16 (9): 6274–84.
  10. Ko A.C.-T., Lin-P'ing Choo-Smith, Hewko M., Sowa M.G., Dong C.C.S., Cleghorn B. Detection of early dental caries using polarized Raman spectroscopy. 2006; 14: 203–15.
  11. Yang S., Li B., Akkus A., Akkus O., Lang L. Wide-Field Raman Imaging of Dental Lesions. *Analyst*. 2014; 139(12), 3107-14
  12. Ionita I. Diagnosis of tooth decay using polarized micro-Raman confocal spectroscopy. *Rom. Rep. Phys.* 2009; 61: 567–74.
  13. Timchenko E.V., Timchenko P.E., Volova L.T., Rosenbaum A.Yu., Kulabukhova A.Yu. J. Physies: Conference Series 769 (2016) 012047 doi:19.1088:1742-6596/769/1/012047 Анализ тканей зубов с использованием Рамановской спектроскопии.
  14. Penel G., Delfosse C., Descamps M., Leroy G. Composition of bone and apatite biomaterials as revealed by intravital Raman microspectroscopy. *Bone*. 2005; 36 (5): 893–901.
  15. Михейкина Н.И. Анализ показателей состояния органов и тканей полости рта кариесрезистентных и кариесподверженных лиц в динамике профилактических мероприятий. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2015; 1 (101): 29–33.
  16. Нагайцева Е.А. Гигиена полости рта как профилактика стоматологических заболеваний. *Международный студенческий научный вестник*. 2016; 2: 41–7.
  17. Фаттал Р.К., Аммаев М.Г., Мелехов С.В. Эффективность современных микроинвазивных методов лечения начального кариеса зубов в зависимости от уровня гигиены полости рта пациента. *Dental forum*. 2015; 1 (56): 5–8.
- REFERENCES
1. *Therapeutic dentistry. Diseases of the teeth*. At 3 hours. Part 1. [Electronic resource]: textbook / Ed. E.A. Volkova, O.O. Yanushevich - Moscow: GEOTAR-Media; 2013. (in Russian)
  2. Bezrukov S.G., Galkina O.P. The prevalence and intensity of dental caries depending on the functional properties of the oral fluid in patients with juvenile rheumatoid arthritis. *Sovremennaya stomatologiya*. 2014; 2 (59): 67-8. (in Russian)
  3. Leontiev V.K., Pakhomov G.N. *Prevention of dental diseases*. Moscow: 2006. (in Russian)
  4. Okushko V.R. *Fundamentals of tooth physiology*. Moscow: 2008. (in Russian)
  5. Krasnikova OV, Runova OA, Gordetsov A.S. Study of the crystal chemical composition of tooth tissues by infrared spectroscopy. – *Collection of articles of the International scientific-practical conference "Patterns and trends of science."* Ufa; 2015: 83–6. (in Russian)
  6. Tramini P., Bonnet B., Sabatier R., Maury L. A method of age estimation using Raman microspectrometry imaging of the human dentin. *Forensic Sci. Int*. 2001; 118: 1–9.
  7. Penel G., Leroy G., Rey C., Bres E. Micro-Raman spectral study of the PO<sub>4</sub> and CO<sub>3</sub> vibrational modes in synthetic and biological apatites. *Calcif. Tissue Int*. 1998; 63: 475–81.
  8. Miyazaki M., Onose H., Moore B. V. Analysis of the dentin–resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent. Mater*. 2002; 18: 576–80.
  9. Ko A.C.T., Hewko M., Sowa M.G., Dong C.C., Cleghorn B., Lin-P'ing Choo-Smith A. Early dental caries detection using a fibre-optic coupled polarization-resolved Raman spectroscopic system. *Opt. Express*. 2008; 16 (9): 6274–84.
  10. Ko A.C.-T., Lin-P'ing Choo-Smith, Hewko M., Sowa M.G., Dong C.C.S., Cleghorn B. Detection of early dental caries using polarized Raman spectroscopy. 2006; 14: 203–15.
  11. Yang S., Li B., Akkus A., Akkus O., Lang L. Wide-Field Raman Imaging of Dental Lesions. *Analyst*. 2014; 139(12), 3107-14
  12. Ionita I. Diagnosis of tooth decay using polarized micro-Raman confocal spectroscopy. *Rom. Rep. Phys.* 2009; 61: 567–74.
  13. Timchenko E.V., Timchenko P.E., Volova L.T., Rosenbaum A.Yu., Kulabukhova A.Yu. J. Physies: Conference Series 769 (2016) 012047 doi:19.1088:1742-6596/769/1/012047 Analysis of tooth tissues using Raman spectroscopy.
  14. Penel G., Delfosse C., Descamps M., Leroy G. Composition of bone and apatite biomaterials as revealed by intravital Raman microspectroscopy. *Bone*. 2005; 36 (5): 893–901.
  15. Mikheykina N.I. Analysis of indicators of the state of organs and tissues of the oral cavity of caries-resistant and carioscopic individuals in the dynamics of preventive measures. *Byulleten Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. - 2015; 1 (101): 29–33. (in Russian)
  16. Nagaytseva E.A. Oral hygiene as a prevention of dental diseases. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik* 2016; 2: 41–7. (in Russian)
  17. Fattal R.K., Ammaev M.G., Melekhov S.V. Efficiency of modern microinvasive methods of treatment of initial dental caries depending on the level of oral hygiene of the patient. *Dental forum*. 2015; 1 (56): 5–8. (in Russian)

Поступила 06.04.2019

Принята в печать 16.04.2019