

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34  
УДК:616.314-002-02

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ, ПОРАЖЕННЫХ ЛУЧЕВЫМ КАРИЕСОМ, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Нуриева Н. С., Беляков Г. И.

Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия

### Аннотация

**Предмет исследования** — минерализация твердых тканей зубов, пораженных лучевым кариесом, у пациентов после лучевой терапии злокачественных новообразований.

**Цель** — разработать цифровой метод диагностики лучевого кариеса, основанный на раман-флюоресцентной технологии.

**Методология.** Исследование проведено на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии ЮУГМУ. Исследование проводилось на двух группах людей (когортах), сопоставимых по полу и возрасту, добровольно согласившихся принять участие. Основная группа составила 20 человек (пациенты с лучевым кариесом), группа сравнения — 20 человек (без лучевого кариеса). Основным методом исследования являлось изучение раман-флюоресценции участков зубов на аппаратно-программном комплексе «ИнСпектр» с диагностической чувствительностью по интегральной концентрации аэробно-анаэробной микробной взвеси до  $10^9$  КОЕ/мл. Было произведено исследование зубов в патологическом участке у пациентов основной группы и в интактном участке у пациентов группы сравнения.

**Результаты.** Раман-флюоресцентная диагностика интактной поверхности зуба и поверхности с патологическим очагом позволила наглядно увидеть разницу в минерализации в оцифрованных показателях. Так, например, по данным показателей пациентов с поражением зубов лучевым кариесом можно сделать вывод, что показатели минерализации в пораженном лучевым кариесом очаге  $y = (172 \pm 0,04, x = 963 \text{ см}^{-1})$  ниже показателей интактной области ( $y = 1174 \pm 0,071, x = 963 \text{ см}^{-1}$ ).

**Выводы.** Метод раман-флюоресцентной диагностики можно использовать в диагностике лучевого кариеса, так как существует разность потенциалов здорового и пораженного участков твердых тканей зуба. На основе проведенного исследования автор рекомендует использовать аппаратно-программный комплекс «ИнСпектр» для диагностики лучевого кариеса.

**Ключевые слова:** лучевой кариес, минерализация твердых тканей, раман-флюоресценция, стоматология, лучевая терапия, онкология

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Наталья Сергеевна НУРИЕВА** ORCID ID 0000-0002-5656-2286  
д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский  
государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия  
natakira@mail.ru

**Герман Игоревич БЕЛЯКОВ** ORCID ID 0000-0002-1927-0751  
аспирант кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский  
государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия  
belyakov-95@mail.ru

Адрес для переписки: **Герман Игоревич БЕЛЯКОВ**  
454005 г. Челябинск ул. Цвиллинга д. 63, кв. 64  
+7 (963) 4749759  
belyakov-95@mail.ru

### Образец цитирования:

Нуриева Н. С., Беляков Г. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ, ПОРАЖЕННЫХ ЛУЧЕВЫМ КАРИЕСОМ,  
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ. Проблемы стоматологии. 2022; 4: 30-34.

© Нуриева Н. С. и др., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34

Поступила 19.12.2022. Принята к печати 13.01.2023

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34

## **STUDY OF THE MINERALIZATION OF HARD TISSUES OF THE TEETH AFFECTED BY RADIATION CARIES USING THE METHOD OF RAMAN FLUORESCENT DIAGNOSIS**

**Nurieva N.S., Belyakov G.I.**

*South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*

### **Annotation**

**Subject.** Mineralization of hard tissues of teeth affected by radiation caries in patients after radiation therapy of malignant neoplasms.

**Objectives.** To develop a digital method for diagnosing radiation caries based on Raman fluorescence technology.

**Methodology.** The study was conducted at the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics of South Ural State Medical University. The study was conducted on two groups of people (cohorts) comparable in sex and age, who voluntarily agreed to take part in it. The main group consisted of 20 people (patients with radiation caries), the comparison group – 20 people (without radiation caries). The main research method was the study of Raman fluorescence of tooth areas using the «InSpectr» hardware-software complex with diagnostic sensitivity according to the integral concentration of aerobic-anaerobic microbial suspension up to  $10^9$  KOE/ml. A study was made of teeth in the pathological area in patients of the main group, and in the intact area in patients of the comparison group.

**Results.** Raman fluorescent diagnostics of the intact tooth surface and the surface with a pathological focus made it possible to clearly see the difference in mineralization in digitized indicators. So, for example, according to the indicators of patients with damage to the teeth by radiation caries, it can be concluded that the indicators of mineralization in the focus affected by radiation caries ( $y = 172 \pm 0.04$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ) are lower than those of the intact area ( $y = 1174 \pm 0.071$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ )

**Conclusion.** The method of Raman fluorescence diagnostics can be used in the diagnosis of radiation caries, since there is a potential difference between the healthy and the affected areas of the hard tissues of the tooth. On the basis of the study, the author recommends using the «InSpectr» hardware-software complex for diagnosing radiation caries.

**Keywords:** *radiation caries, mineralization of hard tissues, Raman fluorescence, dentistry, radiation therapy, oncology*

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

**Natalia S. NURIEVA** ORCID ID 0000-0002-5656-2286

*Grand PhD in Medical Sciences, Professor of the Department of Prosthetic Dentistry, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*  
natakipa@mail.ru

**German I. BELYAKOV** ORCID ID 0000-0002-1927-0751

*Postgraduate student of the Department of Prosthetic Dentistry, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*  
belyakov-95@mail.ru

**Correspondence address: German I. BELYAKOV**

*454005 Chelyabinsk, str. Zwillinga, 63, apt. 64*

+7 (963) 4749759

belyakov-95@mail.ru

### **For citation:**

*Nurieva N.S., Belyakov G.I.*

*STUDY OF THE MINERALIZATION OF HARD TISSUES OF THE TEETH AFFECTED BY RADIATION CARIES USING THE METHOD OF RAMAN FLUORESCENT DIAGNOSIS.. Actual problems in dentistry. 2022; 4: 30-34. (In Russ.)*

© Nurieva N.S. et al., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34

Received 19.12.2022. Accepted 13.01.2023

## Введение

В настоящее время злокачественные новообразования (ЗНО) стоят на втором месте по причине смертности населения в мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, за 2015 год количество смертей по причине ЗНО составило 8,8 млн [1]. ЗНО являются основной причиной смертности, уступая только сердечно-сосудистым заболеваниям. В то же время, около 10% всех ЗНО может иметь локализацию на голове и шее. Особенностью лечения большинства злокачественных новообразований является комплексный подход с участием врачей разных специальностей и направлений. Состоит лечение в применении хирургических, лучевых и химиотерапевтических методов. По данным, предоставленным Всемирной организацией здравоохранения, при лечении в 60–65% случаев с ЗНО необходимо применение лучевой терапии. Однако после лучевой терапии очень часто наблюдаются осложнения, среди которых большой процент занимают лучевые поражения твердых тканей.

По приведенным высоким показателям заболеваемости можно сделать вывод, что проблема заболеваемости лучевым кариесом является актуальной. Также следует учитывать растущую популярность в общей медицине, и в частности в стоматологии, методов лазерной раман-флуоресцентной спектроскопии. Использование различных технологий и приборов на их основе с каждым годом становится все шире [2–4].

**Цель работы** — разработать цифровой метод диагностики лучевого кариеса зубов, основанный на методе раман-флуоресции.

## Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании было принято решение изучать изменение твердых тканей при лучевых поражениях. Одной из характеристик, которая меняется в результате воздействия, является минерализация твердых тканей зуба. [5]. Для оценки изменений

минерализации использовали метод раман-флуоресцентной спектроскопии. Все исследования проводили на аппаратно-программном комплексе «ИнСпектр М», на котором заранее была установлена длина волны зондирующего излучения 514 нм [2].

Данный АПК «ИнСпектр М» может быть использован для измерения различных спектров (рамановского рассеяния и/или фотолюминесценции твердых тел, гелей, жидкостей и порошков). Особенностью конструкции этого прибора является то, что он состоит из нескольких частей: источника излучения (в данной конфигурации — лазерного), собирающей части со специальным фильтром спектра, и части, способной производить анализ рассеянного излучения. Также в приборе имеется детектор-анализатор, который может зафиксировать информацию об амплитуде и спектре изучаемого рассеянного излучения. [4]. Диапазон спектра прибора «ИнСпектр М» дает возможность изучать молекулярные колебания веществ (органических и неорганических), благодаря чему очень быстро производится измерение спектральных характеристик исследуемого объекта (рамановских и/или флуоресцентных), определение положения спектра и интенсивности линий спектра (рамановской и флуоресцентной части) (рис. 1).

Настоящее исследование проводилось на двух группах людей (когортах), сопоставимых по полу и возрасту, имеющих в анамнезе лучевую терапию по поводу ЗНО области головы и шеи, добровольно согласившихся принять участие. Основная группа составила 20 человек (пациенты с лучевым кариесом, МКБ КОЗ.81 «Изменения эмали, обусловленные облучением»), группа сравнения — 20 человек (без лучевого кариеса). Основным методом исследования являлось изучение раман-флуоресценции участков зубов на аппаратно-программном комплексе «ИнСпектр М» с диагностической чувствительностью по интегральной концентрации аэробно-анаэробной микробной взвеси до  $10^9$  КОЕ/мл.

Было произведено исследование зубов в патологическом участке у пациентов основной группы и в интактном участке у пациентов группы сравнения. Для анализа интенсивности рамановского излучения пораженного и интактного участка твердых тканей в количественном эквиваленте (в относительных единицах) были зафиксированы показатели в максимальной и минимальной мощности, а также информация об интенсивности флуоресценции (М ср.). Интенсивность Рамана (М ср.) считали как разницу показателей максимальной и минимальной мощности [4].

В дальнейшем была произведена обработка результатов с помощью программной части прибора. Все измерения происходили в течение 3 мин. Для удобства восприятия информации данные измерений (М ср.) были объединены и представлены в таблице (табл. 1) и изображены на рисунке (рис. 3.).



Рис. 1. АПК «ИнСпектрМ» со световодной насадкой  
Fig. 1. Hardware and software complex «InSpectrM»  
with a light guide attachment

### Результаты исследования и их обсуждение

Информация, которую мы получили в исследовании, дала объективную оценку патологическому процессу. Полученные результаты обрабатывали в соответствии с принципами медицинской статистики с использованием пакета программ IBM SPSS Statistics 20. Количественные показатели были обработаны с использованием методов описательной статистики и представлены в виде среднего значения ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $m$ ). Результаты вычисления представлены в форме  $M \pm m$ .

Раман-флюоресцентная диагностика интактной поверхности зуба и поверхности с патологическим очагом позволила наглядно увидеть разницу в минерализации в оцифрованных показателях. Данные в области интактного и патологического участка твердых тканей зубов сильно отличались. Итоговые систематизированные результаты раман-флюоресцентной диагностики представлены в таблице (табл. 1, рис. 2.). Из таблицы следует, что выявлено достоверное различие минерализации твердых тканей зубов между основной и группой сравнения. По полученным данным показатели интенсивности Рамана (отн. ед.) в очаге ( $y = 172 \pm 0,04$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ) ниже показателей интактной области ( $y = 1174 \pm 0,071$ ,

$x = 963 \text{ см}^{-1}$ ). То есть участки зубов, пораженных лучевым кариесом, имеют существенно сниженный уровень минерализации (рис. 3.).

Проведенное исследование показывает возможность использования инновационной раман-флюоресцентной технологии, а также обосновывает необходимость ее применения в клинической практике. Сегодня данный метод — единственный, дающий объективную количественную оценку состояния минерализации твердых тканей зуба, которая является одной из основных при проведении диагностики поражений твердых тканей зубов.

В ходе работы был разработан клинический алгоритм применения РФД для повышения эффективности и качества диагностики, профилактики и лечения кариозных поражений твердых тканей зубов:

Подготовка к работе аппаратно-программного комплекса «ИнСпектр М».

Ознакомление пациента с данной процедурой, объяснение техники безопасности и подписание информированного согласия РФД.

Подготовка врача и пациента к данной процедуре. Обозначение зуба с патологией.

Снятие показателей с интактного участка зуба и патологического.

Таблица 1

Спектральные характеристики твердых тканей зуба  
Table 1. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth

Объект исследования, $n = 20$	Верхний уровень (интенсивность сигнала в максимуме/длина волны в максимуме)	Нижний уровень (интенсивность сигнала в минимуме/длина волны в максимуме)	Интенсивность Рамана (отн. ед.)
Интактный участок	$y = 17534 \pm 0,039$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 16360 \pm 0,06$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 1174 \pm 0,071$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$
Пораженный участок	$y = 7914 \pm 0,034$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 7742 \pm 0,044$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 172 \pm 0,04$ , $x = 963 \text{ см}^{-1}$

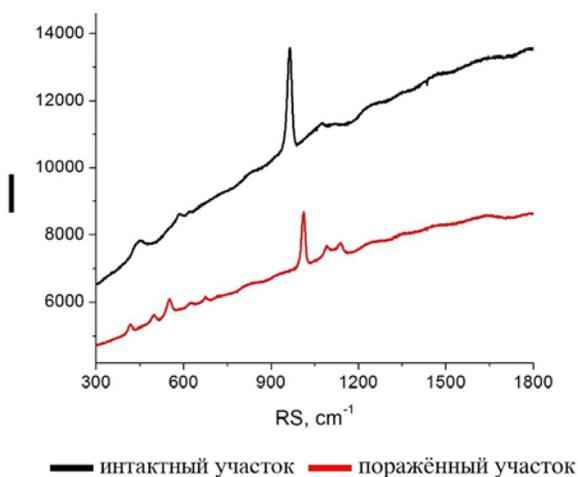


Рис. 2. Нахождение рамановских линий  
Fig. 2. Finding Raman lines

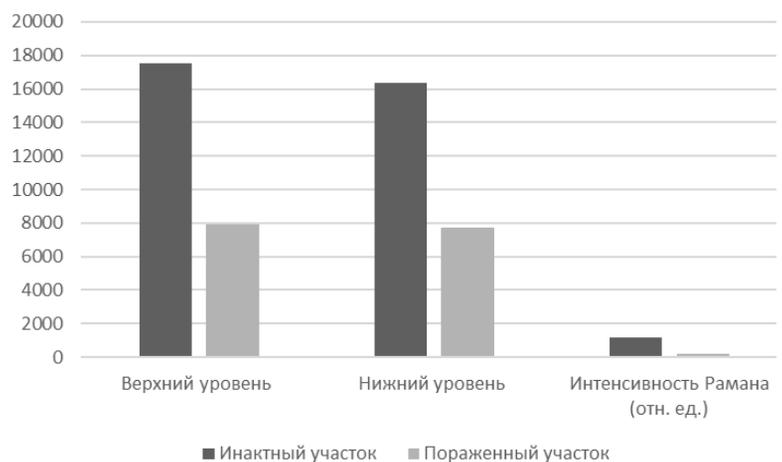


Рис. 3. Спектральные характеристики твердых тканей зуба  
Fig. 3. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth

## Выводы

В очаге поражения твердых тканей зубов, образованного в результате лучевого воздействия, минерализация снижается.

Метод раман-флюоресцентной диагностики можно использовать в диагностике лучевого кариеса,

так как существует разность потенциалов здорового и пораженного участков твердых тканей зуба.

Разработанный цифровой метод диагностики лучевых поражений твердых тканей зуба, основанный на раман-флюоресцентной технологии, рекомендуется для диагностики лучевого кариеса.

## Литература/References

1. Турсун-заде Р.Т. Оценка распространенности злокачественных новообразований в России с применением модели заболеваемость-смертность. Демографическое обозрение. 2018;5(3):103-126. [R.T. Tursun-Zade. An evaluation of the prevalence of malignant neoplasms in Russia using an incidence-mortality model. Demographic overview. Demographic overview. 2018;5(3):103-126. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17323/demreview.v5i3.8137>
2. Александров М.Т., Маргарян Э.Г. Применение лазерных технологий в клинике терапевтической стоматологии (обоснование, возможности, перспективы). Российская стоматология. 2017;10(3):31-36. [M.T. Alexandrov, E.G. Margaryan. Laser technique application in therapeutic dentistry in clinic (rationale, possibilities, perspectives). Russian Stomatology. 2017;10(3):31-36. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/rosstomat201710331-36>
3. Александров М.Т., Кукушкин В.И., Полякова М.А., Новожилова Н.Е., Бабина К.С., Аракелян М.Г., Баграмова Г.Э., Пашков Е.П., Дмитриева Е.Ф. Раман-флюоресцентные характеристики твердых тканей зубов и их клиническое значение. Российский стоматологический журнал. 2018;22(6):276-280. [M.T. Aleksandrov, V.I. Kukushkin, M.A. Polyakova, N.E. Novozhilova, K.S. Babina, M.G. Arakelyan, G.E. Bagramova, E.P. Pashkov, E.F. Dmitrieva. Raman fluorescence characteristics of hard dental tissues and their clinical significance. Russian Dental Journal. 2018;22(6):276-280. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-6-276-280>
4. Александров М.Т., Кукушкин В.И., Маргарян Э.Г., Пашков Е.П., Баграмова Г.Э. Возможности и перспективы применения раман-флюоресцентной диагностики в стоматологии. Российский стоматологический журнал. 2018;22(1):4-11. [M.T. Alexandrov, E.P. Pashkov, G.E. Bagramova, V.I. Kukushkin, E.G. Margaryan. Possibilities and perspectives of raman fluorescence diagnostic application in dentistry. Russian Dental Journal. 2018;22(1):4-11. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/0206-4952-2018-39-1-4-11>
5. Cecilia Carlota Barrera Ortega, América Vázquez-Olmos, Roberto Ysaac Sato Berrú, Miguel Araiza. Study of Demineralized Dental Enamel Treated with Different Fluorinated Compounds by Raman Spectroscopy // Journal of Biomedical Engineering. – 2020;10(5):635-638. doi: 10.31661/jbpe.v0i0.2003-1089