

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-72-77

УДК:616.314-002-02

РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГИГИЕНЫ ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛУЧАЮЩИХ ЛУЧЕВУЮ ТЕРАПИЮ

Беляков Г.И., Нуриева Н.С.

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

Аннотация

Предмет исследования — изменение минерализации и наличия микробосодержащего налета на поверхности твердых тканей зубов в зависимости от длительности проведения гигиены полости рта.

Цель — изучение раман-флюоресцентных характеристик поверхности твердых тканей зубов в зависимости от длительности проведения гигиены полости рта у пациентов, прошедших лучевую терапию.

Методология. Исследование проведено на базе кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии ЮУГМУ. В соответствии с целью работы было проведено исследование, в котором приняли участие 80 человек. Исследование включало в себя изучение минерализации поверхности твердых тканей зубов, уровень микробосодержащего налета на поверхности зубов. Данные регистрировались на 1-й день после начала лучевой терапии. В ходе исследования использовали АПК «ИнСпектр М».

Результаты. Минерализация твердых тканей и флюоресценция достоверно снижается с течением времени проведения гигиенической обработки зубов. Достоверных различий между основной и группой сравнения выявлено не было.

Выводы

В процессе проведения гигиенической обработки полости рта по данным раман-флюоресцентной спектроскопии происходит снижение минерализации поверхности твердых тканей зубов (в области шейки зуба — с $270,8 \pm 6,7$ до $173,6 \pm 7,2$; экватора — с $411,9 \pm 9,1$ до $350,2 \pm 6,4$; режущего края — с $411,9 \pm 9,1$ до $311,7 \pm 4,6$).

В процессе проведения гигиенической обработки полости рта, по данным раман-флюоресцентной спектроскопии, происходит снижение флюоресценции поверхности твердых тканей зубов (в области шейки зуба — с $5361,6 \pm 12,2$ до $4613,1 \pm 16,1$; экватора — с $4873,6 \pm 14,8$ до $4123,0 \pm 12,1$; режущего края — с $4672,3 \pm 14,7$ до $3925,4 \pm 12,5$).

Наименьшая степень минерализации твердых тканей зубов имеется в области шейки зуба ($270,8 \pm 6,7$), наибольшая — в области экватора зуба.

Наибольшее количество налета, по данным флюоресценции, имеется в области шейки зуба ($5361,9 \pm 14,6$), наименьшее — в области режущего края ($4672,4 \pm 13,1$).

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

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Адрес для переписки: Герман Игоревич БЕЛЯКОВ
454091 г. Челябинск, ул. Цвиллинга, д. 63, кв. 64
+7 (963) 4749759
belyakov-95@mail.ru

Образец цитирования:

Беляков Г.И., Нуриева Н.С.
РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
ПРОВЕДЕНИЯ ГИГИЕНЫ ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛУЧАЮЩИХ ЛУЧЕВУЮ ТЕРАПИЮ. Проблемы стоматологии. 2024; 4: 72-77.

© Беляков Г.И. и др., 2024
DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-72-77

Поступила 13.12.2024. Принята к печати 23.01.2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-72-77

ROMAN-FLUORESCENCE CHARACTERISTIC OF THE SURFACE OF DENTAL HARD TISSUES DEPENDING ON THE DURATION OF ORAL HYGIENE IN PATIENTS RECEIVING RADIATION THERAPY

Belyakov G.I., Nurieva N.S.

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Annotation

Subject. Changes in mineralization and the presence of microbial plaque on the surface of hard dental tissues depending on the duration of oral hygiene.

Objectives. To study the raman-fluorescent characteristics of the surface of dental hard tissues depending on the duration of oral hygiene in patients undergoing radiation therapy.

Methodology. The study was conducted on the basis of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics at BSMU. In accordance with the purpose of the work, a study was conducted in which 80 people participated. The study included the study of the mineralization of the surface of the hard tissues of the teeth, the level of microbial plaque on the surface of the teeth. The data were recorded on the 1st day after the start of radiation therapy. During the study, the agroindustrial complex "Inspector M" was used.

Results. Mineralization of hard tissues and fluorescence significantly decreases over time during dental hygiene. There were no significant differences between the main group and the comparison group.

Conclusion

1. During the hygienic treatment of the oral cavity, according to Raman-fluorescence spectroscopy, the mineralization of the surface of the hard tissues of the teeth decreases (in the area of the tooth neck from 270.8 ± 6.7 to 173.6 ± 7.2 ; equator from 411.9 ± 9.1 to 350.2 ± 6.4 ; cutting edge from 411.9 ± 9.1 to 311.7 ± 4.6).

2. During the hygienic treatment of the oral cavity, according to Raman fluorescence spectroscopy, the fluorescence of the surface of the hard tissues of the teeth decreases (in the area of the tooth neck from 5361.6 ± 12.2 to 4613.1 ± 16.1 ; equator from 4873.6 ± 14.8 to 4123.0 ± 12.1 ; cutting edge from 4672.3 ± 14.7 to 3925.4 ± 12.5)

3. The lowest degree of mineralization of the hard tissues of the teeth is in the area of the tooth gang (270.8 ± 6.7), the largest in the area of the equator of the tooth.

4. According to the fluorescence data, the largest amount of plaque is present in the area of the tooth gang (5361.9 ± 14.6), the smallest in the area of the cutting edge (4672.4 ± 13.1).

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

The authors declare no conflict of interest.

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

Assistant of the Department of Prosthetic Dentistry, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

belyakov-95@mail.ru

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

natakpa@mail.ru

Correspondence address: German I. BELYAKOV

Zvillinga str. 63–64, Chelyabinsk, Russia, 454091

+7 (963) 4749759

belyakov-95@mail.ru

For citation:

Belyakov G.I., Nurieva N.S.

ROMAN-FLUORESCENCE CHARACTERISTIC OF THE SURFACE OF DENTAL HARD TISSUES DEPENDING ON THE DURATION OF ORAL HYGIENE IN PATIENTS RECEIVING RADIATION THERAPY. Actual problems in dentistry. 2024; 4: 72-77. (In Russ.)

© Belyakov G.I. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-72-77

Received 13.12.2024. Accepted 23.01.2025

Введение

Согласно данным научной литературы, благодаря внедрению в медицинскую практику приборов лазерной спектроскопии создается возможность изучения минерализации твердых тканей зубов в количественном эквиваленте [1–3, 8–10]. Имеются исследования о влиянии химических веществ, средств гигиены, слюны и физических факторов на минерализацию поверхности твердых тканей зубов в условиях эксперимента (*in vitro*) с помощью раман-флюоресценции [1, 4, 6–7]. Также эта методика позволяет проводить исследования у пациентов, регистрируя необходимые данные об уровне минерализации и флюоресценции [5].

После воздействия лучевого фактора снижается минерализация и резистентность твердых тканей зуба к кариесу за счет многих причин. Остаются нерешенными вопросы этиологии и методов профилактики снижения минерализации твердых тканей зубов у пациентов на фоне лучевой терапии. Одним из основных факторов, влияющим на минерализацию, можно считать уровень гигиены полости рта и количество налета, содержащего микроорганизмы [5].

В настоящее время онкологические заболевания очень распространены в России и в мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, за 2022 год у 20 млн пациентов было выявлено онкологическое заболевание, и в 9,7 млн случаев это привело к смерти. Пятилетняя выживаемость с момента диагностики отмечается у 53,5 млн человек. В течение всей жизни около 20% населения сталкиваются с онкологическими заболеваниями. По статистике, от этого умирает каждый девятый мужчина и каждая двенадцатая женщина.

Применение методов лучевой терапии играет большую роль в клинической практике лечения онкологических заболеваний. Стоит отметить, что данный вид терапии может вызывать тяжелые осложнения, которые уменьшают возможности его использования. Актуальным направлением улучшения лучевой терапии считается снижение негативных последствий: поражений, реакций. В то же время, ионизирующее облучение влияет на ткани полости рта, вызывая осложнения. Чаще всего врачи-стоматологи в своей клинической практике встречаются с такими осложнениями, как телеангиоэктазии, ксеростомия, синдром хронической боли, атрофия и изменение чувствительности слизистой оболочки, изменения зубов. Учитывая растущие успехи работы онкологов по лечению злокачественных новообразований, ожидаемо увеличивается продолжительность жизни таких пациентов, и возрастает их общее количество на стоматологическом приеме.

Цель работы — изучение раман-флюоресцентных характеристик поверхности твердых тканей зубов в зависимости от длительности проведения гигиены полости рта у пациентов, прошедших лучевую терапию.

Задачи:

Изучить минерализацию твердых тканей зубов с применением раман-флюоресцентных технологий до и в процессе проведения гигиены полости рта у пациентов, прошедших лучевую терапию.

Изучить флюоресценцию твердых тканей зубов с применением раман-флюоресцентных технологий до и в процессе проведения гигиены полости рта у пациентов, прошедших лучевую терапию.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на базе кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии Южно-Уральского государственного медицинского университета. В соответствии с целью работы было проведено исследование, в котором приняли участие 80 человек.

Временной интервал исследования охватывает период с 2020 по 2024 год. Исследование проводилось на двух группах людей, сопоставимых по полу и возрасту, добровольно согласившихся принять участие. Основная группа составила 40 человек (с онкологическими заболеваниями области головы и шеи, получающих лучевую терапию), группа сравнения — 40 человек (без выявленных онкологических заболеваний).

Отбор больных для исследования производили в соответствии со стандартными критериями включения и исключения.

Критериями включения считали установленный диагноз злокачественного новообразования челюстно-лицевой области, планируемое комбинированное противоопухолевое лечение, наличие зубов в полости рта, возраст в диапазоне от 18 до 85 лет, подписанное информированное добровольное согласие на участие в настоящем исследовании. Форма информированного согласия одобрена этическим комитетом ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России. Группа сравнения была сформирована из 40 человек, не имеющих выявленных онкологических заболеваний, возраст от 18 до 84 лет.

Критериями исключения считали наличие тяжелой сопутствующей соматической патологии, психических заболеваний, наличие несъемных ортопедических конструкций из металла, наркотической зависимости и отказ больных от участия в исследовании.

Исследование у пациентов основной группы проводили на 1-й день после начала лучевой терапии.

В ходе исследования использовали АПК «ИнСпектр М», (длина волны — 514 нм.) по предложенной схеме [2] (рис. 1).

Методика исследования заключалась в регистрации уровня минерализации твердых тканей (по интенсивности Рамановского рассеяния) и наличия микробосодержащего налета на поверхности твердых тканей зубов (по интегральным показателям флюоресценции). У всех пациентов было проведено изучение верхнего центрального резца, не имевшего патологических изменений в области шейки, экватора и режущего

края. Измерения проводили до и во время проведения гигиены полости рта. Гигиеническую обработку зубов осуществляли по общепринятой методике, с использованием ручной щетки и зубной пасты в течение 5 минут с перерывами на измерения на каждой минуте.

Была проведена цифровая единовременная фиксация данных флюоресценции (характеризуется площадью, расположенной ниже линии флюоресценции, что показывает наличие микробосодержащего зубного налета) и Рамановского излучения (Рамановские пики на спектре флюоресценции характеризуют концентрацию гидроксиапатита в поверхностных слоях твердых тканей зуба). Для анализа интенсивности Рамановского излучения участков твердых тканей в количественном эквиваленте (в относительных единицах) были зафиксированы показатели в максимальной и минимальной мощности, а также информация об интенсивности флюоресценции. Интенсивность Рамана (M ср.) считали, как разницу показателей максимальной и минимальной мощности.

Полученные результаты исследований представлены в виде графиков и таблиц с обработкой в соответствии с принятыми правилами медицинской статистики с использованием пакета программ IBM SPSS Statistics 22 и Microsoft Excel 2020. Количественные и порядковые показатели высчитывались с использованием описательных статистических методов и отображены в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (m). Результаты вычисления представлены в виде таблиц и рисунков.

Результаты исследования и их обсуждение

Информация, которую мы получили в исследовании, помогла глубже понять взаимосвязь процессов длительности проведения гигиенической обработки полости рта и раман-флюоресцентных характеристик поверхности твердых тканей зубов у пациентов, получающих лучевую терапию.

Минерализация твердых тканей зубов во всех участках (экватор, пришеечная область, режущий край) достоверно снижается с течением времени проведения гигиенической обработки зубов как у пациентов основной группы, так и у пациентов группы сравнения (табл., рис. 2). У пациентов основной группы минерализация снижается в области шейки зуба с $270,8 \pm 6,7$ до $173,6 \pm 7,2$; в области экватора — с $411,9 \pm 9,1$ до $350,2 \pm 6,4$; в области режущего края — с $411,9 \pm 9,1$ до $311,7 \pm 4,6$. У пациентов группы сравнения минерализация также снижается в области шейки зуба с $268,7 \pm 6,5$ до $167,9 \pm 6,5$; в области экватора — с $441,2 \pm 6,1$ до $342,9 \pm 7,8$; в области режущего края — с $416,1 \pm 8,1$ до $315,6 \pm 6,9$. Достоверных различий между группами выявлено не было. Это свидетельствует о том, что чем дольше происходит гигиеническая обработка, тем больше снижается уровень минерализации поверхности твердых тканей зубов. Следовательно, на практике после проведения гигиенической обработки полости рта для профилактики

дальнейшего появления поражений зубов обязательно следует учитывать снижающийся уровень минерализации поверхности твердых тканей зубов и проводить покрытие зубов реминерализующими препаратами. Также в обеих группах исследования на всех этапах была выявлено различие уровня минерализации в разных участках. В пришеечной области минерализация минимальная, в области экватора — максимальная (рис. 2).

Уровень микробосодержащего зубного налета, согласно данным флюоресценции, снижается в течении всего проведения гигиенической обработки полости рта в обеих группах (табл., рис. 3). У пациентов основной группы флюоресценция снижается в области шейки зуба с $5361,6 \pm 12,2$ до $4613,1 \pm 16,1$; в области экватора — с $4873,6 \pm 14,8$ до $4123,0 \pm 12,1$; в области

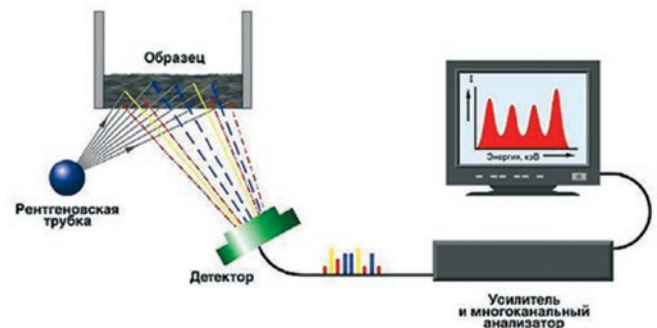


Рис. 1. Схема работы АПК «ИнСпектрМ» со световодной насадкой

Fig. 1. Hardware and software complex "InSpectrM" with a light guide attachment

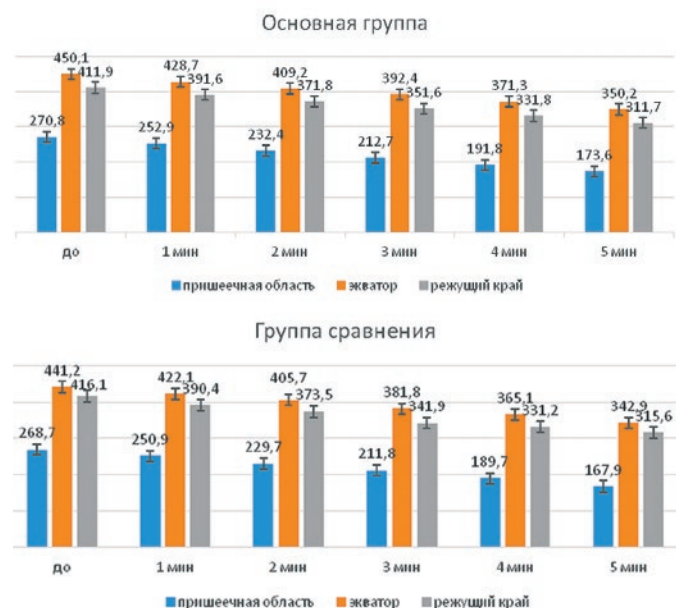


Рис. 2. Спектральные характеристики твердых тканей зубов. Интенсивность Рамана (M ср.) в зависимости от длительности проведения гигиены в основной группе и группе сравнения

Fig. 2. Spectral characteristics of dental hard tissues. Raman intensity depending on the duration of hygiene in the main group and the comparison group

Усредненные интегральные показатели спектральных характеристик при общепринятом гигиеническом уходе за полостью рта для различных анатомо-топографических зон

Table. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth

Локализация	Длительность чистки (мин)	Основная группа N = 40 пациентов		Группа сравнения N = 40 пациентов	
		Инт. Рамана (M ср)	Флюоресценция	Инт. Рамана (M ср)	Флюоресценция
Шейка зуба	0	270,8 ± 6,7	5361,6 ± 12,2	268,7 ± 6,5	5361,9 ± 14,6
	1	252,9 ± 7,1	5212,1 ± 10,3	250,9 ± 6,1	5212,4 ± 11,5
	2	232,4 ± 6,5	5062,4 ± 16,1	229,7 ± 7,2	5063,7 ± 12,8
	3	212,7 ± 6,9	4910,7 ± 18,2	211,8 ± 6,6	4910,2 ± 10,8
	4	191,8 ± 8,1	4759,6 ± 12,1	189,7 ± 6,1	4765,2 ± 12,7
	5	173,6 ± 7,2	4613,1 ± 16,1	167,9 ± 6,5	4609,8 ± 18,3
Экватор	0	450,1 ± 5,8	4873,6 ± 14,8	441,2 ± 6,1	4871,6 ± 15,2
	1	428,7 ± 6,1	4723,4 ± 12,5	422,1 ± 5,9	4724,3 ± 14,2
	2	409,2 ± 6,5	4574,3 ± 14,8	405,7 ± 7,2	4572,6 ± 16,8
	3	392,4 ± 9,1	4425,2 ± 12,1	381,8 ± 6,1	4423,6 ± 12,4
	4	371,3 ± 7,8	4273,4 ± 10,2	365,1 ± 8,1	4276,5 ± 18,6
	5	350,2 ± 6,4	4123,0 ± 12,1	342,9 ± 7,8	4127,4 ± 11,8
Режущий край	0	411,9 ± 9,1	4672,3 ± 14,7	416,1 ± 8,1	4672,4 ± 13,1
	1	391,6 ± 6,1	4527,3 ± 16,1	390,4 ± 4,6	4524,8 ± 11,6
	2	371,8 ± 8,3	4374,9 ± 13,8	373,5 ± 6,5	4376,1 ± 13,5
	3	351,6 ± 6,5	4225,7 ± 12,4	341,9 ± 7,8	4226,7 ± 14,5
	4	331,8 ± 7,2	4076,8 ± 14,6	331,2 ± 6,1	4078,5 ± 12,1
	5	311,7 ± 4,6	3925,4 ± 12,5	315,6 ± 6,9	3925,4 ± 11,7

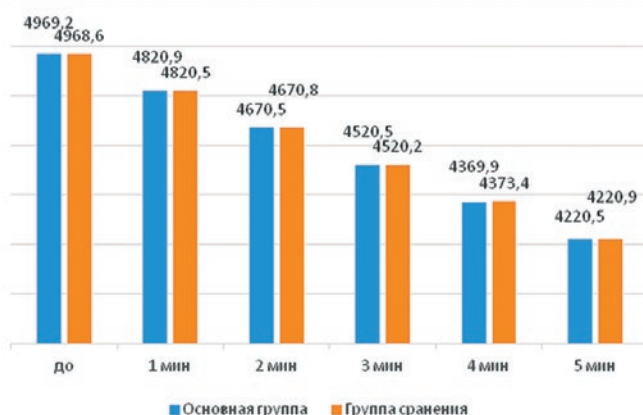


Рис. 3. Флюоресценция поверхности твердых тканей зубов в зависимости от длительности проведения гигиены в основной группе и группе сравнения

Fig. 3. Fluorescence of the surface of dental hard tissues depending on the duration of hygiene in the main group and the comparison group

режущего края — с $4672,3 \pm 14,7$ до $3925,4 \pm 12,5$. У пациентов группы сравнения флюоресценция также снижается в области шейки зуба с $5361,9 \pm 14,6$ до $4609,8 \pm 18,3$; в области экватора — с $4871,6 \pm 15,2$ до $4127,4 \pm 11,8$; в области режущего края — с $4672,4 \pm 13,1$ до $3925,4 \pm 11,7$. Достоверных различий между группами выявлено не было. Следовательно, для максимального снижения количества микробосодержащего налета рекомендовано проводить более длительную гигиеническую обработку полости рта.

Также следует отметить, что уровень микробосодержащего зубного налета на различных участках зуба отличался в обеих группах (рис. 4). Наибольшие данные флюоресценции в пришеечной области говорят о наибольшем количестве налета, а в области экватора — о наименьшем. Сопоставляя данные о наименьшей из всех частей зуба минерализации в области шейки и, наоборот, наибольшем количестве микробосодержащего налета в этой области, можно считать это одной из предпосылок для формирования кариеса зубов этой локализации. Согласно полученным данным, практикующим докторам следует это учитывать и более внимательно проводить гигиеническую обработку в пришеечной области.

Принимая во внимание тот факт, что различий между основной группой и группой сравнения не выявлено ни в уровне минерализации, ни в уровне микробосодержащего зубного налета, можно говорить о том, что облучение в момент проведения напрямую не влияет на эти параметры, а дальнейшие изменения могут быть связаны с опосредованными механизмами.

Таким образом, согласно полученным результатам исследования, пациентам на этапах проведения лучевой терапии для профилактики изменений твердых тканей зубов рекомендовано:

После гигиенической обработки зубов необходимо проведение реминерализации твердых тканей зубов специальными препаратами.

Обращать большое внимание на гигиеническую обработку зубов в области шейки зуба как минимально минерализованного и максимально покрытого микробосодержащим налетом участка зуба.

Выводы

1. В процессе проведения гигиенической обработки полости рта, по данным раман-флюоресцентной спектроскопии, происходит снижение минерализации поверхности твердых тканей зубов (в области шейки зуба — с $270,8 \pm 6,7$ до $173,6 \pm 7,2$; экватора — с $411,9 \pm 9,1$ до $350,2 \pm 6,4$; режущего края — с $411,9 \pm 9,1$ до $311,7 \pm 4,6$).
2. В процессе проведения гигиенической обработки полости рта, по данным раман-флюоресцентной спектроскопии, происходит снижение флюоресценции поверхности твердых тканей

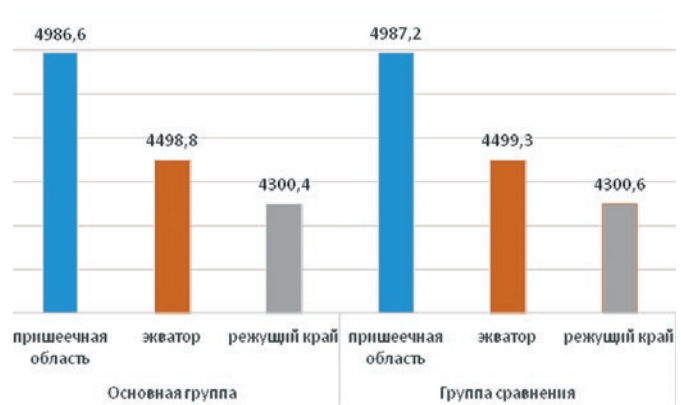


Рис. 4. Флюоресценция поверхности твердых тканей зубов в зависимости от участка поверхности твердых тканей зуба

Fig. 4. Fluorescence of the surface of the hard tissues of the teeth depending on the surface area of the hard tissues of the tooth

зубов (в области шейки зуба — с $5361,6 \pm 12,2$ до $4613,1 \pm 16,1$; экватора — с $4873,6 \pm 14,8$ до $4123,0 \pm 12,1$; режущего края — с $4672,3 \pm 14,7$ до $3925,4 \pm 12,5$)

3. Наименьшая степень минерализации твердых тканей зубов имеется в области шейки зуба ($270,8 \pm 6,7$), наибольшая — в области экватора зуба.
4. Наибольшее количество налета, по данным флюоресценции, имеется в области шейки зуба ($5361,9 \pm 14,6$), наименьшее — в области режущего края ($4672,4 \pm 13,1$).

Литература/References

1. 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. [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. Russian Journal of Dentistry 2019;23(3-4):100-105 (In Russ.).] <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2019-23-3-4-100-105>
2. Александров М.Т., Маргарян Э.Г. Применение лазерных технологий в клинике терапевтической стоматологии (обоснование, возможности, перспективы). Российская стоматология. 2017;10(3):31-36. [Alexandrov M.T., Margaryan E.G. 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. [Aleksandrov M.T., Kukushkin V.I., Polyakova M.A., Novozhilova N.E., Babina K.S., Arakelyan M.G., Bagramova G.E., Pashkov E.P., Dmitrieva E.F. Raman fluorescence characteristics of hard dental tissues and their clinical significance. Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal. 2018; 22(6): 276-280 (In Russ.).] <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-6-276-280>
4. Беляков Г.И., Нуриева Н.С., Тезиков Д.А. Применение метода Раман-флюоресценции для изучения воздействия химических, физических и лучевых факторов на минерализацию твердых тканей зубов // Пермский медицинский журнал. - 2024. - Т. 41. - №4. - С. 111-121. [Belyakov G.I., Nurieva N.S., Tezikov D.A. Application of the Raman fluorescence method to study the effects of chemical, physical and radiation factors on the mineralization of hard dental tissues // Perm Medical Journal. - 2024. - Vol. 41. - N. 4. - P. 111-121]. <https://doi.org/10.17816/pmj414111-121>
5. Беляков Г. И., Нуриева Н. С., Тезиков Д. А. Изучение влияния лучевой терапии на минерализацию твердых тканей зубов, саливацию и уровень гигиены полости рта методом раман-флюоресценции. Проблемы стоматологии. 2024. №. 2. С. 55-60. [Belyakov G.I., Nurieva N.S., Tezikov D.A. Influence of radiation therapy on mineralization of hard dental tissue, salivation and level of oral cavity hygiene using the raman fluorescence method . Actual problems in dentistry.2024. №. 2. С. 55-60 (In Russ.).] <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2024-20-2-55-60>
6. Нуриева Н. С., Беляков Г. И., Тезиков Д. А. Изучение влияния различных доз лучевого воздействия на уровень минерализации в разных участках твердых тканей зубов методом раман-флюоресценции. Проблемы стоматологии. 2024. №. 1. С. 74-79. [Nurieva N.S., Belyakov G.I., Tezikov D.A. To study the effect of different doses of radiation exposure on the level of mineralization in different areas of hard dental tissues by raman fluorescence. Actual problems in dentistry 2024. №. 1. С. 74-79. (In Russ.).] <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2024-20-1-74-79>
7. Нуриева Н.С., Беляков Г.И., Исследование минерализации твердых тканей зубов, пораженных лучевым кариесом, с помощью метода раман-флюоресцентной диагностики. Проблемы стоматологии. 2022, том 18, 4, стр. 36-40. [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. 2022; 18(4): 36-40. (In Russ.).] <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34>
8. Марсумова О.А., Полканова В.А., Тимченко Е.В., Волова Л.Т. Рамановская спектроскопия и ее применение в стоматологии. Стоматология. 2021;100(4):137-142. [Magsumova O.A., Polkanova V.A., Timchenko E.V., Volova L.T. Raman spectroscopy and its application in different areas of medicine. Stomatologiya. 2021;100(4):137-142. (In Russ., In Engl.).] <https://doi.org/10.17116/stomat2021100041137>
9. Бажутова И.В., Марсумова О.А., Фролов О.О., Тимченко Е.В., Тимченко П.Е., Трунин Д.А., Комлев С.С., Полканова В.А. Оценка органического и минерального состава эмали зубов методом рамановской спектроскопии: экспериментальное нерандомизированное исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2021; 28(4): 118–132. [Bazhutova I.V., Magsumova O.A., Frolov O.O., Timchenko E.V., Timchenko P.E., Trunin D.A., Komlev S.S., Polkanova V.A. Raman spectroscopy analysis of dental enamel organic and mineral composition: an experimental non-randomised study. Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik. 2021; 28(4): 118–132]. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-4-118-132>
10. Марсумова О.А. Оценка изменений кислотоустойчивости и минерального состава эмали при химическом отбеливании зубов. — Клиническая стоматология. — 2022; 25 (1): 13—19. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2022_1_13