

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-1-71-79

УДК:616.314-002-02

ПРИМЕНЕНИЕ РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ НА ЭТАПАХ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Беляков Г. И., Нуриева Н. С.

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

Аннотация

Предмет исследования — взаимосвязь факторов, влияющих на минерализацию зубов под воздействием лучевой терапии.

Цель — исследовать взаимосвязь изменения минерализации поверхности твёрдых тканей зуба и гигиенического состояния полости рта у пациентов с онкологическими заболеваниями челюстно-лицевой области методом раман-флюоресцентной диагностики и определить её клиническое значение.

Методология. Исследование включало изучение раман-флюоресцентной спектроскопии зубов, саливацию, уровень гигиены полости рта у пациентов, получающих лучевую терапию.

Результаты. Лучевая терапия приводит к статистически значимому снижению минерализации во всех изученных участках поверхности твёрдых тканей зуба (пришеечная область с $270,30 \pm 9,37$ до $239,05 \pm 10,35$; режущий край с $411,48 \pm 17,2$ до $272,88 \pm 17,36$; экватор с $450,68 \pm 35,32$ до $311,10 \pm 30,81$). На 15-й и 30-й день исследования день у пациентов основной группы выявлено статистически значимое ухудшение индекса гигиены ($p < 0,001$). Выявлена статистически значимая прямая умеренная на 15-й день и высокая на 30-й день (по шкале Чеддока) связь между саливацией и минерализацией. Выявлена статистически значимая обратная умеренная в области экватора и высокая в пришеечной области и режущем крае (по шкале Чеддока) связь между индексом гигиены Green-Vermillion и минерализацией (Интенсивность Рамана).

Выводы. Изменение минерализации поверхности твёрдых тканей зубов имеет прямую взаимосвязь с изменением саливации и обратную взаимосвязь с изменением уровня гигиены полости рта у пациентов, получающих лучевую терапию.

Изменение уровня гигиены полости рта имеет обратную взаимосвязь с изменением уровня саливации у пациентов, получающих лучевую терапию.

Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта на основе применения раман-флюоресцентной технологии применим в клинической практике у пациентов на фоне лучевой терапии.

Ключевые слова: лучевой кариес, минерализация твёрдых тканей, раман-флюоресценция, лучевая терапия

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, проректор по стратегическому развитию науки и инновациям, Южно-
Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия
natakipa@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.
ПРИМЕНЕНИЕ РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ
ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ НА ЭТАПАХ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ. Проблемы стоматологии. 2025; 1: 71-79.

© Беляков Г. И. и др., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-1-71-79

Поступила 28.02.2025. Принята к печати 28.03.2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-1-71-79

THE USE OF RAMAN-FLUORESCENCE SPECTROSCOPY TO IDENTIFY FACTORS AFFECTING THE MINERALIZATION OF THE SURFACE OF DENTAL HARD TISSUES AT THE STAGES OF RADIATION THERAPY

Belyakov G.I., Nurieva N.S.

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Annotation

Subject. The relationship of factors affecting the mineralization of teeth under the influence of radiation therapy.

Objectives. To investigate the relationship between changes in the mineralization of the surface of the hard tissues of the tooth and the hygienic condition of the oral cavity in patients with oncological diseases of the maxillofacial region by the method of Raman-fluorescence diagnostics and to determine its clinical significance.

Methodology. The study included Raman fluorescence spectroscopy of teeth, salivation assessment, and evaluation of oral hygiene level in patients receiving radiation therapy.

Results. Radiation therapy leads to a statistically significant decrease in mineralization in all studied areas of the tooth hard tissue surface (neck area from 270.30 ± 9.37 to 239.05 ± 10.35 ; cutting edge from 411.48 ± 17.2 to 272.88 ± 17.36 ; equator from 450.68 ± 35.32 to 311.10 ± 30.81). On the 15th and 30th day of the study, patients in the main group showed a statistically significant deterioration in the hygiene index ($p < 0.001$). A statistically significant direct relationship between salivation and mineralization was found, moderate on day 15 and high on day 30 (on the Cheddock scale). A statistically significant inverse relationship was found between the Green-Vermillion hygiene index and mineralization (Raman intensity), moderate in the area of the equator and high in the neck region and the cutting edge (on the Cheddock scale).

Conclusion

A change in the mineralization of the surface of the hard tissues of teeth has a direct relationship with a change in salivation and an inverse relationship with a change in the level of oral hygiene in patients receiving radiation therapy.

Changes in the level of oral hygiene have an inverse relationship with changes in the level of salivation in patients receiving radiation therapy.

An integrally expressed index of oral hygiene based on the use of raman-fluorescence technology is applicable in clinical practice in patients undergoing radiation therapy.

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

The authors declare no conflict of interest.

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

Assistant of the Department 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, Vice Rector for Strategic Development, Science and Innovation, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia
natakipa@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.
THE USE OF RAMAN-FLUORESCENCE SPECTROSCOPY TO IDENTIFY FACTORS AFFECTING THE MINERALIZATION OF THE SURFACE OF DENTAL HARD TISSUES AT THE STAGES OF RADIATION THERAPY. *Actual problems in dentistry.* 2025; 1: 71-79. (In Russ.)

© Belyakov G.I. et al., 2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-1-71-79

Received 28.02.2025. Accepted 28.03.2025

Введение

Многочисленные клинические наблюдения указывают на то, что лучевое лечение пациентов с злокачественными новообразованиями не только ротовой полости, но и всей челюстно-лицевой области оказывается выраженным патологическим влиянием, характеризующимся целым рядом лучевых реакций мягких тканей и повреждений зубов и костей [5], что проявляется в виде деминерализации эмали зубов [1, 6, 7]. Помимо прямого повреждающего воздействия на ткани зуба ионизирующее излучение оказывает негативное влияние опосредованно, через нарушение нормального функционирования слюнных желёз. Поскольку слюна играет большую роль в минерализации зубов, то при лучевых поражениях слюнных желёз отмечается резкое снижение саливации и, как следствие, наступает нарушение гигиенического состояния полости рта и на этом фоне отмечается выраженная деминерализация твёрдых тканей зубов [3].

Химиолучевая терапия, как последовательная, так и одновременная, в лечении пациентов с ЗНО (злокачественными новообразованиями) челюстно-лицевой области играет основную роль, и при этом обязательными спутниками лучевой терапии являются лучевые повреждения твёрдых тканей зубов [7]. Особенностью лучевых поражений зубов является быстрая скорость прогрессирования и нетипичные локализации, такие как бугры жевательной группы зубов, режущий край резцов, пришеечная область. При этом методологически и методически для получения объективных результатов и исключения иных толкований необходимо проводить измерения и их регистрацию одномоментно для всех указанных компонентов взаимодействия. Для решения этой важной для стоматологии задачи целесообразно использовать современные отечественные технологии — раман-флюоресцентную диагностику [7, 9].

Диагностические экспресс-технологии на основе раман-флюоресцентных аппаратно-программных комплексов приобретают всё большую популярность в стоматологии [4, 8]. В то же время растёт интерес к вопросам предотвращения лучевых осложнений лечения ЗНО ротовой полости [7]. Стоит отметить, что использование экспрессных цифровых лазерных методик диагностики и лечения твёрдых тканей зубов всё ещё не нашло должного применения у пациентов с лучевым кариесом — как в сфере изучения патогенеза заболевания, так и в качестве клинической методики оценки минерализации зубов и их гигиенического состояния. Таким образом, представляет научный интерес проведение исследования на основе раман-флюоресцентной технологии экспрессно, «локально», объективно (с использованием цифровых технологий) и взаимосвязано основных патогенетических факторов, влияющих на уровень минерализации поверхности твердых тканей зуба у пациентов, имеющих ЗНО ЧЛО и получающих лучевую терапию, а также возможность создания на этой основе способа профилактики [10].

Исходя из представленной концепции были сформулированы цель и задачи исследования [10].

Цель работы — исследовать взаимосвязь изменения минерализации поверхности твёрдых тканей зуба и гигиенического состояния полости рта у пациентов с онкологическими заболеваниями челюстно-лицевой области методом раман-флюоресцентной диагностики и определить её клиническое значение [10].

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 многофакторное исследование, в котором приняли участие 80 человек. Временной интервал исследования охватывает период с 2020 года по 2024 год. Настоящее исследование проводилось на двух группах людей сопоставимых по полу и возрасту, добровольно согласившихся принять в нём участие. Основная группа составила 40 человек (с онкологическими заболеваниями области головы и шеи), группа сравнения — 40 человек (без выявленных онкологических заболеваний). Отбор больных для исследования производили в соответствии со стандартными критериями включения и исключения [10]. 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 18–84 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 [10]. Исследование включало в себя:

- оценку гигиенического состояния полости рта с применением индекса Green–Vermillion,
- оценку уровня минерализации поверхности твердых тканей зубов методом раман-флюоресцентной спектроскопии,
- оценку секреции слюны,
- оценку гигиенического состояния полости рта с применением Интегрально выраженного индекса гигиенического состояния полости рта методом раман-флюоресцентной спектроскопии

Данные регистрировались трехкратно на 1-й, 15-й, 30-й день после начала лучевой терапии. В ходе исследования использовали АПК «ИнСпектр М», (длина волны — 514 нм.) [10] по методикам, предложенным Александровым М. Т. [2] (рис. 1)



Рис. 1. АПК «ИнСпектрМ»
Fig. 1. Hardware and software complex «InSpectrM»

В работе прибора возможно использование специальной насадки, прикладывая её перпендикулярно изучаемой поверхности, создавая их контакт. В то же время имеется возможность его применения без насадки для небольших объектов, таких как зубы, таблетки, кристаллы. Благодаря применению этого прибора имеется возможность идентификации веществ и сравнения получаемых спектров между собой и, в том числе, с эталонными образцами. Имеющиеся данные спектроскопии эталонных образцов (рис. 2) сравнивают с полученными данными эмали зуба с различным уровнем минерализации.

Имеющаяся информация показывает возможность использования методики рамановской спектроскопии для реализации цели данного исследования. Таким образом, было принято решение использовать аппаратно-программный комплекс «ИнСпектр М» для изучения поверхности твёрдых тканей зубов согласно методике рамановской спектроскопии. Измерения во всех случаях проводили контактно-стабильно по отношению к биологическому объекту. Для регистрации имеющихся уровня минерализации поверхности твёрдых тканей зубов и гигиены ротовой полости (зубной налёт) применяли АПК «ИнСпектр М» с возможностью волнового излучения с параметрами 532 и 405 нм. (рис. 2). Все результаты исследования рамановского излучения и/или флюoresценции представляли в количественном виде и выражали в относительных единицах. Регистрация и программная обработка результатов исследования занимала 0,5–1 мин. Изменения гигиенического состояния ротовой полости и биотопов анализировали, получая данные АПК «ИнСпектр М» интенсивности флюoresценции: ротовой жидкости, без стимулирования; поверхности зубов 1.1, 1.4, 2.6, 3.1, 3.4, 4.6 в разных зонах (экватор, режущий край, шейка, иммунные зоны); переходной складки и десны около зубов 1.1, 1.4, 2.6, 3.1, 3.4, 4.6; слизистой оболочки полости рта в области щёк (в трёх точках на одинаковом расстоянии от линии смыкания губ), языка (область кончика, середина, корень), твёрдого нёба (резцовое отверстие, линия А).

В дальнейшем полученные нормированные (на показатель с области иммунных зон изученных зубов) данные (не менее трёх измерений каждой зоны)

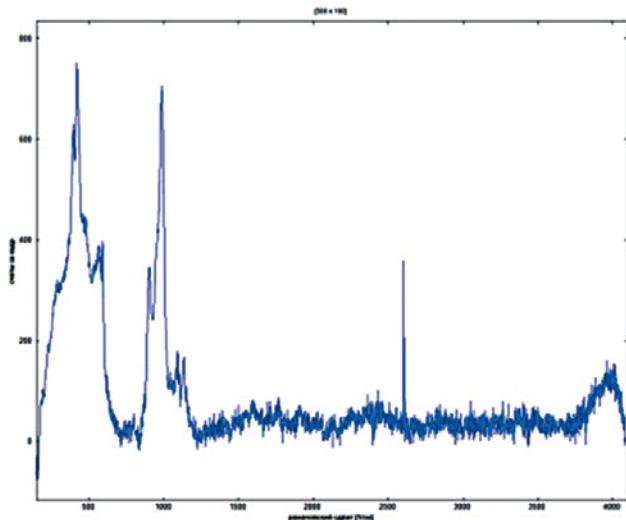


Рис. 2. Рамановский спектр эталонного образца гидроксиапатита кальция
Fig. 2. The Raman spectrum of a reference sample of calcium hydroxyapatite

усредняли для расчётов гигиенического индекса ($I_{\text{гиг}}$) до и после чистки зубов для каждой зоны и среднего по всей полости рта по формулам.

Общая формула расчёта гигиенического состояния полости рта ($I_{\text{гигиены}} - I_{\text{гиг}}$):

$$I_{\text{гиг_до_чистки}} = (I_{\text{интегральное зубов}} + I_{\text{интегральное десны}} + I_{\text{интегральное слюны}} + I_{\text{интегральное языка}} + I_{\text{интегральное губ}} + I_{\text{интегральное щёк}} + I_{\text{интегральное нёба}}) / 7 - \text{до чистки},$$

$$I_{\text{гиг_после_чистки}} = (I_{\text{интегральное зубов}} + I_{\text{интегральное десны}} + I_{\text{интегральное слюны}} + I_{\text{интегральное языка}} + I_{\text{интегральное губ}} + I_{\text{интегральное щёк}} + I_{\text{интегральное нёба}}) / 7 - \text{после чистки},$$

$$I_{\text{гиг}} = \frac{I_{\text{гиг_до_чистки}} - I_{\text{гиг_после_чистки}}}{I_{\text{гиг_до_чистки}}} * 100\%, \quad (3)$$

где $I_{\text{гиг}}$ — интегрально выраженный в процентах индекс гигиенического состояния полости рта в целом; $I_{\text{интегральное зубов}}$ и т. д. — интегрально выраженные индексы гигиенического состояния различных биотопов полости рта. Если показатели составляли 1–19,9%, считали гигиеническое состояние полости рта хорошим [12]. Если показатели составляли 20–49,9%, считали гигиеническое состояние полости рта удовлетворительным [12]. Если показатели составляли 50% и более, считали гигиеническое состояние полости рта неудовлетворительным [12]. Для оценки саливации было принято решение применять методику, рекомендованную Международной федерацией стоматологов

(FDI, 1991). В течение 360 секунд пациент сплевывал слюну (без дополнительной стимуляции) в специально подготовленные мерные ёмкости. Далее производили вычисление скорости слюноотделения по формуле и выражали в мл/мин:

$$v_{\text{слюноотд.}} = \frac{\text{собранный объем (в мл)}}{360 \text{ сек}} * 60$$

Показатели от 0,3 до 0,4 мл/мин считали нормальными, более 0,4 мл/мин — повышенным, менее 0,3 мл/мин — пониженным слюноотделением. 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 19 и Microsoft Excel 2020. Количественные показатели

описывались с использованием среднего значения (M) и стандартного отклонения (S). При сравнении трех и более несвязанных групп по этим показателям применяли критерий Краскела–Уоллса, а двух несвязанных групп — критерий Манна–Уитни. При сравнении трех [10] и более связанных групп использовали критерий Фридмана, для выявления различий между двумя связанными группами применяли критерий Уилкоксона. Для качественных показателей указывали относительную частоту в процентах. Качественные показатели оценивались с использованием точного критерия Фишера или критерия χ^2 (хи-квадрат) Пирсона. С целью выявления тесноты линейной связи между двумя количественными показателями рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. При анализе различий показателей между группами статистически значимыми считали их при $p \leq 0,05$.

Таблица 1

Усредненные интегральные показатели спектральных характеристик минерализации зубов и их флюоресценции у пациентов основной (40 пациентов) и группы сравнения (40 пациентов) по дням исследования

Table 1. The average integral indicators of the spectral characteristics of tooth mineralization and fluorescence in patients of the main (40 patients) and the comparison group (40 patients) by study days

Локализация измерения	День	Интенсивность Рамана, относительные единицы, Mср.		p, критерий Манна–Уитни	Интенсивность флюоресценции в максимуме, относительные ед		p, критерий Манна–Уитни
		Основная группа	Группа сравнения		Основная группа	Группа сравнения	
Режущий край	1-й	$y = 411,48 \pm 17,2$	$y = 413,63 \pm 9,3$	0,780	$y = 4677,00 \pm 11,82$	$y = 4675,35 \pm 12,40$	0,534
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	15-й	$y = 288,70 \pm 16,86$	$y = 413,53 \pm 9,28$	<0,001	$y = 4782,98 \pm 15,70$	$y = 4675,38 \pm 12,49$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	30-й	$y = 272,88 \pm 17,36$	$y = 413,60 \pm 9,24$	<0,001	$y = 5204,73 \pm 45,15$	$y = 4675,30 \pm 12,38$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
p, Фридмана		<0,001	0,779	-	<0,001	0,717	-
Экватор	1-й	$y = 450,68 \pm 35,32$	$y = 439,9 \pm 26,26$	0,0062	$y = 4874,85 \pm 12,51$	$y = 4874,50 \pm 1$	0,522
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	15-й	$y = 327,03 \pm 31,61$	$y = 439,75 \pm 26,12$	<0,001	$y = 4980,40 \pm 15,80$	$y = 4874,48 \pm 12,29$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	30-й	$y = 311,10 \pm 30,81$	$y = 439,78 \pm 25,99$	<0,001	$y = 5092,25 \pm 29,28$	$y = 4874,40 \pm 12,436$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
p, Фридмана		<0,001	0,926	-	<0,001	0,717	-
Пришеечная область	1-й	$y = 270,30 \pm 9,37$	$y = 269,35 \pm 6,98$	0,625	$y = 5361,40 \pm 6,87$	$y = 5360,65 \pm 4,41$	0,861
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	15-й	$y = 254,93 \pm 9,27$	$y = 270,23 \pm 9,38$	<0,001	$y = 5466,75 \pm 11,02$	$y = 5360,63 \pm 4,68$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
	30-й	$y = 239,05 \pm 10,35$	$y = 269,95 \pm 7,44$	<0,001	$y = 5578,95 \pm 27,49$	$y = 5360,43 \pm 4,71$	<0,001
		$x = 963 \text{ см}^{-1}$					
p, Фридмана		<0,001	0,705	-	<0,001	0,368	-

Результаты исследования и их обсуждение

В результате получены данные, представленные в таблицах. У всех пациентов было проведено изучение поверхности твердых тканей зубов, не имевших патологических изменений в области шейки, экватора и режущего края (табл. 1).

На 1-й день исследования раман-флюоресцентные характеристики поверхности твердых тканей зубов у пациентов основной группы и группы сравнения статистически значимые отличия не выявлены во всех трех локализациях (экватор, пришеечная область, режущий край). В то же время, у пациентов основной группы после проведения лучевой терапии на 15-й и 30-й день исследования выявлено статистически значимое снижение уровня минерализации поверхности твердых тканей зуба (по интенсивности Рамана) и повышение уровня флюоресценции во всех трех локализациях (экватор, пришеечная область, режущий край). В группе сравнения статистически значимых изменений выявлено не было. Это говорит о том, что лучевая терапия приводит к снижению минерализации во всех изученных участках поверхности твердых тканей зуба.

Таблица 2

Динамика изменения саливации (мл/мин)

Table 2. Dynamics of salivation changes (ml/min)

Саливация	День			p, критерий Фридмана
	1-й	15-й	30-й	
Основная группа (n = 40)	3,94 ± 0,25	3,18 ± 0,30	1,95 ± 0,30	<0,001
Группа сравнения (n = 40)	3,91 ± 0,24	3,93 ± 0,26	3,92 ± 0,26	0,553
p, критерий Манна-Уитни	0,673	<0,001	<0,001	-

Результаты измерения саливации показали изменения этого параметра на фоне лучевой терапии (табл. 2). В 1-й день исследования уровень саливации всех обследуемых пациентов был также сопоставим, различия между пациентами основной группы и группы сравнения статистически не значимы ($p = 0,673$). На 15-й и 30-й день исследования у пациентов основной группы выявлено статистически значимое снижение саливации ($p < 0,001$), а в группе сравнения изменения статистически не значимы ($p = 0,553$). Это говорит о том, что лучевая терапия приводит к снижению слюноотделения, что в дальнейшем может быть одним из основных факторов для ухудшения уровня гигиены и снижения минерализации поверхности твердых тканей зубов у данной группы пациентов. Для анализа изменения состояния гигиены полости рта у всех пациентов на 1-й, 15-й и 30-й день после лучевой терапии был определен Интегрально

выраженный индекс гигиенического состояния полости рта на основе применения раман-флюоресцентной технологии (табл. 3).

Таблица 3

Усредненные показатели интегрально выраженного индекса гигиенического состояния полости рта у пациентов основной (40 пациентов) и группы сравнения (40 пациентов) по дням исследования

Table 3. The average values of the integrally expressed index of oral hygiene in patients of the main (40 patients) and the comparison group (40 patients) by study days

День	Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта		p, критерий Манна-Уитни
	Основная группа	Группа сравнения	
1-й	35,01 ± 5,25	36,60 ± 1,17	0,051
15-й	49,71 ± 6,16	36,69 ± 1,19	<0,001
30-й	60,89 ± 7,18	36,78 ± 1,15	<0,001
p, Фридмана	<0,001	0,829	-

На 1-й день исследования Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта у пациентов основной группы и группы сравнения статистически значимые отличия не выявлены. На 15-й и 30-й день исследования у пациентов основной группы выявлено статистически значимое повышение Интегрально выраженного индекса гигиенического состояния полости рта. В группе сравнения статистически значимых изменений выявлено не было. То есть у пациентов основной группы в 1-й день и 15 день гигиеническое состояние было удовлетворительным, на 30-й день — неудовлетворительным. У пациентов группы сравнения в 1-й, 15-й и 30-й день исследования гигиеническое состояние было удовлетворительным.

Таблица 4

Динамика изменения индекса гигиены Green — Vermillion

Table 4. Dynamics of changes in the Green — Vermillion hygiene index

Индекс гигиены Green-Vermillion	День			p, критерий Фридмана
	1-й	15-й	30-й	
Основная группа (n = 40)	2,62 ± 0,27	3,78 ± 0,49	4,83 ± 0,40	<0,001
Группа сравнения (n = 40)	2,47 ± 0,33	2,65 ± 0,28	2,43 ± 0,35	0,103
p, критерий Манна-Уитни	0,192	<0,001	<0,001	-

Для сравнительной оценки параметров аналогично выполняли изучение уровня гигиены полости рта индексом гигиены Green-Vermillion (табл. 3). В 1-й день исследования уровень гигиены всех обсле-

дуемых пациентов был сопоставим, различия между пациентами основной группы и группы сравнения статистически не значимы ($p=0,103$). На 15-й и 30-й день исследования у пациентов основной группы выявлено статистически значимое ухудшение индекса гигиены ($p<0,001$), а в группе сравнения изменения статистически не значимы ($p=0,103$). Это говорит о том, что проведение лучевой терапии приводит к ухудшениям гигиенического состояния полости рта у пациентов, что в свою очередь может зависеть от уровня саливации и являться фактором, влияющим на минерализацию твердых тканей зубов. Таким образом, при динамической оценке индекса гигиены полости рта установлено, что под влиянием комплексной терапии злокачественных новообразований челюстно-лицевой области, включающую лучевой этап, у основной группы пациентов индекс гигиены увеличился в 1,8 раза, что обусловлено снижением количества слюны и возможно снижением качества ухода за полостью рта на фоне ухудшения общего состояния пациентов. Так как в исследовании проводили измерение индекса гигиены Green-Vermillion и Интегрально выраженного индекса гигиенического состояния полости рта для выявления взаимосвязи был вычислен коэффициент ранговой корреляции Спирмена между ними (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена для уровня гигиены полости рта по индексу гигиены Green-Vermillion и Интегрально выраженному индексу гигиенического состояния полости рта по дням

Table 5. Spearman's rank correlation coefficient for the level of oral hygiene according to the Green-Vermillion hygiene index and the Integrally expressed index of oral hygiene by day

<i>ρ, корреляции Спирмена</i>		<i>Индекс гигиены Green-Vermillion, день</i>		
		<i>1-й</i>	<i>15-й</i>	<i>30-й</i>
<i>Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта, день</i>	<i>1-й</i>	Коэффициент корреляции	-0,064	-
		<i>ρ</i>	0,575	-
	<i>15-й</i>	Коэффициент корреляции	-	0,680
		<i>ρ</i>	-	<0,001
	<i>30-й</i>	Коэффициент корреляции	-	-
		<i>ρ</i>	-	<0,001

Была выявлена статистически значимая прямая умеренная на 15-й день и высокая на 30-й день (по шкале Чеддока) связь между индексом гигиены Green-Vermillion и Интегрально выраженным индексом гигиенического состояния полости рта на 15-й ($\rho = 0,680$, $p < 0,001$) и 30-й ($\rho = 0,722$, $p < 0,001$) день исследования. Это говорит о взаимосвязи этих параметров у пациентов на фоне лучевой терапии и подтверждает возможность применения раман-флюоресцентных

технологий для оценки уровня гигиены полости рта в клинической практике. Таким образом, после проведения лучевой терапии у пациентов основной группы статистически значимо понижается уровень минерализации поверхности твердых тканей зубов, ухудшается уровень гигиены полости рта и снижается слюноотделение. Для выявления взаимосвязи минерализации с уровнем гигиены и саливацией был вычислен коэффициент ранговой корреляции Спирмена между ними (табл. 6).

Была выявлена статистически значимая прямая умеренная на 15-й день и высокая на 30-й день (по шкале Чеддока) связь между саливацией и минерализацией (Интенсивность Рамана) в пришеечной области (15-й день: $\rho = 0,554$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = 0,729$, $p < 0,001$), области экватора (15-й день: $\rho = 0,655$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = 0,708$, $p < 0,001$) и режущего края (15-й день: $\rho = 0,673$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = 0,727$, $p < 0,001$). Также была выявлена статистически значимая обратная умеренная в области экватора и высокая в пришеечной области и режущем крае (по шкале Чеддока) связь между индексом гигиены Green-Vermillion и минерализацией (Интенсивность Рамана) в пришеечной области (15-й день: $\rho = -0,573$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,674$, $p < 0,001$), области экватора (15-й день: $\rho = -0,533$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,625$, $p < 0,001$) и режущего края (15-й день: $\rho = -0,682$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,777$, $p < 0,001$). Также была выявлена статистически значимая обратная умеренная в области экватора и высокая в пришеечной области и режущем крае (по шкале Чеддока) связь между Интегрально выраженным индексом гигиенического состояния полости рта и минерализацией (Интенсивность Рамана) в пришеечной области (15-й день: $\rho = -0,651$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,670$, $p < 0,001$), области экватора (15-й день: $\rho = -0,705$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,819$, $p < 0,001$) и режущего края (15-й день: $\rho = -0,721$, $p < 0,001$; 30-й день: $\rho = -0,735$, $p < 0,001$).

Таким образом, снижение уровня саливации и ухудшение гигиенического состояния полости рта у пациентов, коррелирует с понижением уровня минерализации поверхности твердых тканей зубов во всех участках под воздействием лучевой терапии. Это подтверждает, что минерализация твердых тканей зубов связана со снижением слюноотделения и ухудшением уровня гигиены полости рта. Для выявления взаимосвязи двух влияющих на минерализацию факторов был вычислен коэффициент ранговой корреляции Спирмена между уровнем гигиены по Green-Vermillion и саливацией (табл. 7). Была выявлена статистически значимая обратная высокая (по шкале Чеддока) связь между саливацией и уровнем гигиены полости рта по Green-Vermillion на 15-й ($\rho = -0,708$, $p < 0,001$) и 30-й ($\rho = -0,701$, $p < 0,001$) день исследования, что говорит о взаимосвязи этих параметров у пациентов на фоне лучевой терапии (табл. 7).

Таблица 6

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена для Интенсивности Рамана и уровня гигиены полости рта по индексу гигиены Green–Vermillion, Интегрально выраженному индексу гигиенического состояния полости рта, саливации по дням

Table 6. Spearman's rank correlation coefficient for Raman Intensity and oral hygiene level according to the Green–Vermillion hygiene Index, Integrally expressed index of oral hygiene, salivation by day

ρ , корреляции Спирмена			Саливация	Индекс гигиены, Green–Vermillion,	Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта
Интенсивность Рамана, область	Экватор	Коэффициент корреляции	0,031	0,003	0,112
			р	0,782	0,323
		Коэффициент корреляции	0,554	-0,651	-0,573
			р	<0,001	<0,001
		Коэффициент корреляции	0,729	-0,670	-0,674
			р	<0,001	<0,001
		Коэффициент корреляции	-0,218	-0,070	0,061
			р	0,053	0,594
		Коэффициент корреляции	0,655	-0,705	-0,533
			р	<0,001	<0,001
		Коэффициент корреляции	0,708	-0,819	-0,625
			р	<0,001	<0,001
режущий край	1-й	Коэффициент корреляции	-0,147	0,178	-0,014
			р	0,194	0,902
	15-й	Коэффициент корреляции	0,673	-0,721	-0,682
			р	<0,001	<0,001
	30-й	Коэффициент корреляции	0,727	-0,735	-0,777
			р	<0,001	<0,001

Таблица 7

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена для уровня гигиены полости рта и саливации по дням

Table 7. Spearman's Rank Correlation coefficient for oral hygiene and salivation by day

Индекс гигиены Green–Vermillion, день	1-й	Саливация, день			
		1-й	15-й	30-й	
Индекс гигиены Green–Vermillion, день	1-й	Коэффициент корреляции	0,003	0,041	-0,064
		р	0,978	0,715	0,571
Индекс гигиены Green–Vermillion, день	15-й	Коэффициент корреляции	0,022	-0,708	-0,742
		р	0,844	<0,001	0,000
Индекс гигиены Green–Vermillion, день	30-й	Коэффициент корреляции	0,078	-0,686	-0,701
		р	0,490	<0,001	<0,001

Выводы

Изменение минерализации поверхности твердых тканей зубов имеет прямую взаимосвязь с изменением саливации, обратную взаимосвязь с изменением уровня гигиены полости рта у пациентов, получающих лучевую терапию.

Изменение уровня гигиены полости рта имеет обратную взаимосвязь с изменением уровня саливации у пациентов, получающих лучевую терапию.

Интегрально выраженный индекс гигиенического состояния полости рта на основе применения раман-флюоресцентной технологии применим в клинической практике у пациентов на фоне лучевой терапии.

Литература/References

1. Аванесов А.М. Седов Ю.Г Оценка эффективности конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике осложнений лучевой терапии опухолей челюстно-лицевой области. Фундаментальные исследования. 2015;(1-1):13-16. [Avanесов А.М., Седов Ю.Г. Evaluation of the cbct diagnostic efficiency for the complications of radiation therapy of the maxillofacial region tumors. Fundamental research. 2015;(1-1):13-16. (In Russ.)]. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36756>
2. Александров М.Т., Маргариан 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 Journal of 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. и др. 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. et al. Raman fluorescence characteristics of hard dental tissues and their clinical significance. Russian Journal of Dentistry. 2018;22(6):276-280 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-6-276-280>
4. Александров М.Т., Олесова В.Н., Дмитриева Е.Ф., Намиот Е.Д., Артемова О.А., Ахмедов А.Н. и др. Проблемные вопросы оценки гигиенического состояния полости рта и их клиническое решение. Стоматология. 2020;99(4):21-26. [Aleksandrov M.T., Olesova V.N., Dmitrieva E.F., Namiot E.D., Artymova O.A., Akhmedov A.N. et al. Integrated assessment of hygienic condition of the oral cavity. Stomatology. 2020;99(4):21-26. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat20209904121>
5. Лебедев С.Н., Богатов В.В., Червинац В.М., Червинац Ю.В., Червинац А.В., Трошин А.В. Микробиоценоз основных биотопов полости рта у пациентов с карциномой языка на этапах комплексного лечения. Стоматология. 2015;94(1):30-34. [Lebedev S.N., Bogatov V.V., Chervinets V.M., Chervinets Yu.V., Chervinets A.V., Troshin A.V. Microbiocenosis of major biotopes of the oral cavity in patients with tongue carcinoma during complex treatment. Stomatology. 2015;94(1):30-34. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat201594130-34>
6. Нурнева Н.С., Беляков Г.И., Исследование минерализации твердых тканей зубов, пораженных лучевым кариесом, с помощью метода рaman-флюоресцентной диагностики. Проблемы стоматологии. 2022;18(4):30-34. [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 fluorescence diagnosis. 2022;18(4):30-34. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34>
7. Магсумова 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. Stomatology. 2021;100(4):137-142. (In Russ., In Engl.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat2021100041137>
8. Бажутова И.В., Магсумова О.А., Фролов О.О., Тимченко Е.В., Трунин Д.А. и др. 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., Trunin D.A., Komlev S.S., Polkanova V.A. Raman spectroscopy analysis of dental enamel organic and mineral composition: an experimental non-randomised study. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2021;28(4):118-132. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-4-118-132>
9. Магсумова О.А. Оценка изменений кислотоустойчивости и минерального состава эмали при химическом отбеливании зубов. Клиническая стоматология. 2022;25(1):13-19. [Magsumova O.A. Evaluation of changes in enamel acid resistance and mineral composition during chemical teeth whitening. Clinical Dentistry (Russia). 2022;25(1):13-19. (In Russ.)]. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2022_1_13
10. Беляков Г.И., Нурнева 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;20(2):55-60. [Belyakov G.I., Nurieva N.S., Tezikov D.A. Studying the 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;20(2):55-60. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2024-20-2-55-60>