

# Исследование с помощью СЭМ микроэлементного состава апикальной области зуба после лечения деструктивного периодонтита

© Глинкин В.В.<sup>1</sup>, Хабадзе З.С.<sup>2</sup>, Генералова Ю.А.<sup>2</sup>, Гасбанов М.А.<sup>1</sup>, Бадалов Ф.В.<sup>2</sup>, Лейзеровиц О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Частная стоматологическая практика, Россия

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия

<sup>3</sup>Частная стоматологическая практика, Калифорния, США

## Резюме:

**Актуальность.** Микроэлементы играют важную роль в жизнедеятельности клетки. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) был изучен микроэлементный состав дентина и цемента апикальной области зубов, ранее леченных по поводу деструктивного хронического периодонтита в стадии обострения.

**Цель.** С помощью сканирующего электронного микроскопа изучить микроэлементный состав апикального участка твердых тканей корня зуба после проведенного лечения деструктивного периодонтита.

**Материалы и методы.** Для определения наличия тех или иных микроэлементов в составе твердых тканей нами был использован спектральный анализ, проведенный на сканирующем электронном микроскопе JSM-6490LV (JEOL, Япония) и энергодисперсионном спектрометре INCA Penta FETx3 (Oxford, Англия).

**Результаты.** После проведенного эндодонтического лечения меняется содержание и соотношение Са и Р в твердых тканях резорбированной верхушки корня зуба. Обнаружено наличие вновь сформированного высокоминерализованного цемента. Изменяется соотношение микроэлементов Са/Р и Na/Mg в цементе до и после лечения деструктивного периодонтита.

**Обсуждение.** Повышенное содержание кислорода может свидетельствовать о наличии в клетках активных форм этого элемента. Повышенное содержание Na в твердых тканях свидетельствуют в пользу запускаемых регенеративных процессов. Возможно применение Са-содержащих препаратов помогает клеткам формировать структуру ткани.

**Выводы.** Через определенный промежуток времени, после проведенного лечения деструктивного периодонтита, происходит кальцификация твердых тканей апикальной области корня зуба. Изменяющееся соотношение микроэлементов указывает на преобладание регенеративных процессов в тканях зуба.

**Ключевые слова:** деструктивный периодонтит, резорбция цемента, регенерация, микроэлементы, СЭМ.

**Статья поступила:** 23.01.2023; **исправлена:** 20.02.2023; **принята:** 25.02.2023.

**Конфликт интересов:** Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности:** финансирование и индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

**Для цитирования:** Глинкин В.В., Хабадзе З.С., Генералова Ю.А., Гасбанов М.А., Бадалов Ф.В., Лейзеровиц О. Исследование с помощью СЭМ микроэлементного состава апикальной области зуба после лечения деструктивного периодонтита. Эндодонтия today. 2023; 21(1):18-23. DOI: 10.36377/1683-2981-2023-21-1-18-23.

## SEM study of the microelement composition of the apical region of the tooth after the treatment of destructive periodontitis

© Vladimir V. Glinkin<sup>1</sup>, Zurab S. Khabadze<sup>2</sup>, Yulia A. Genereleva<sup>2</sup>, Magomed A. Gasbanov<sup>2</sup>, Fikret V. Badalov<sup>2</sup>, Olga Leizerovitz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Private dental practice, Russia

<sup>2</sup>"Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN University), Moscow, Russia

<sup>3</sup>Private dental practice, California, USA

## Abstract:

**Relevance.** Trace elements play an important role in the life of the cell. Using a scanning electron microscope (SEM), the microelement composition of dentin and cement of the apical region of teeth previously treated for destructive chronic periodontitis in the acute stage was studied.

**Aim.** Using a scanning electron microscope to study the microelement composition of the apical area of hard tissues of the tooth root after the treatment of destructive periodontitis.

**Materials and methods.** To determine the presence of certain trace elements in the composition of solid tissues, we used spectral analysis performed on a JSM-6490LV scanning electron microscope (JEOL, Japan) and an INCA Penta FETx3 energy-dispersive spectrometer (Oxford, England).

**Results.** After endodontic treatment, the content and ratio of Ca and P in the hard tissues of the resorbed apex of the tooth root changes. The presence of newly formed highly mineralized cement was found. The ratio of microelements Ca/P and Na/Mg in the cement before and after the treatment of destructive periodontitis changes.

**Conclusions.** An increased oxygen content may indicate the presence of active forms of this element in the cells. An increased content of Na in hard tissues testifies in favor of triggered regenerative processes. Perhaps the use of Ca-containing drugs helps cells form the structure of the tissue. **Conclusions.** After a certain period of time, after the treatment of destructive periodontitis, calcification of the hard tissues of the apical region of the tooth root occurs. The changing ratio of trace elements indicates the predominance of regenerative processes in the tissues of the tooth.

**Keywords:** destructive periodontitis, cement resorption, regeneration, trace elements, SEM.

**Received:** 23.01.2023; **revised:** 20.02.2023; **accepted:** 25.02.2023.

**Conflict of interests:** The authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgments:** There are no funding and individual acknowledgments to declare

**For citation:** Vladimir V. Glinkin, Zurab S. Khabadze, Yulia A. Generelova, Magomed A. Gasbanov, Fikret V. Badalov, Olga Leizerovitz . SEM study of the microelement composition of the apical region of the tooth after the treatment of destructive periodontitis. Endodontics today. 2023; 21(1):18-23. DOI: 10.36377/1683-2981-2023-21-1-18-23.

## ВВЕДЕНИЕ

Верхушечный периодонтит является следствием эндодонтической инфекции [1]. Он проявляется как защитная реакция организма на микробную агрессию, исходящую из системы корневых каналов [2]. Деструктивные формы периодонтита приводят к развитию патологической резорбции, которая чаще охватывает апикальный участок корня зуба [3]. Согласно проведенным ранее исследованиям та или иная форма резорбции корня встречается практически повсеместно в зубах с данной патологией, но выявляется чаще микроскопическими методами [4]. Существуют различные механизмы резорбции [5, с. 1175-1178; 6, с. 47-52]. Микробный агент приводит к активации остеокластов и резорбции зубных тканей [7, 8].

Эндодонтическое лечение зубов с данной патологией сегодня является высокотехнологичной процедурой, решающей медицинские задачи, включающие в себя правильный выбор эндогерметика от которого зависят регенераторные процессы в периодонте [9, с. 439-451; 10, с. 14-19]. Многолетняя практика показала, что препараты, содержащие гидроксид кальция, являются весьма полезными при лечении зубов с периапикальной патологией [11,12].

Большое количество публикаций было посвящено различным методикам пломбирования корневых каналов. Но эндодонтические неудачи существуют до сих пор [13]. Необходимо направить исследовательскую деятельность на изучение процессов, происходящих в зубе, не только до, но и после лечения, чтобы понимать какие происходят изменения и сделать процесс лечения периодонтитов предсказуемым [14].

## ЦЕЛЬ

С помощью сканирующего электронного микроскопа изучить микроэлементный состав апикального участка твердых тканей корня зуба после проведенного лечения деструктивного периодонтита.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью изучения внешней резорбции апикальной области корня зуба был исследован микроэлементный

состав 3 ранее запломбированных Триоксидентом зубов с деструктивными формами апикального периодонтита. Забор материала осуществлялся в момент стоматологической манипуляции удаления зубов после проведения инъекционного обезболивания 2% раствором лидокаина или Septanest с информированного согласия пациента. Удаление производили по ортопедическим показаниям. После проведенного лечения зубов не наблюдали обострения воспалительного процесса. Исследования проводили методом сканирующей электронной микроскопии с применением микрорентгено-спектрального анализа (MPCA) в отделе физики и диагностики перспективных материалов Государственного учреждения «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» с помощью исследовательского комплекса: сканирующий электронный микроскоп JSM-6490LV (JEOL, Япония) с энергодисперсионной приставкой INCA Penta FETx3 (OXFORD Instruments, Англия), предназначенной для проведения микрорентгено-спектрального анализа. MPCA проводили на увеличениях  $\times 1000 - 5000$  при помощи энергодисперсионного спектрометра. Стандарты, применяемые для количественного анализа, сертифицированы и поставлены фирмой JEOL. Благодаря оценке характеристического рентгеновского излучения, возникающего на поверхности образца при облучении последнего пучком электронов, микрорентгено-спектральный анализ позволяет определить микроэлементный химический состав поверхности исследуемого образца без его разрушения при среднем пороге обнаружения  $\sim 0,01$  весового процента (вес%). С помощью данного метода можно определить не только качественный и количественный состав микроэлементов, но и характер их распределения в исследуемом образце. По окончании исследования образцов проводили анализ полученных фотографий и результатов MPCA при помощи программы Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

С помощью сканирующей электронной микроскопии был изучен микроэлементный состав слоев цемента и дентина апикальной области корня зуба после проведенного эндодонтического лечения деструктивного

Таблица 1. Состав микроэлементов в твердых тканях апикальной области зуба после эндодонтического лечения (вес %)

Table 1. The composition of trace elements in the hard tissues of the apical region of the tooth after endodontic treatment (wt%)

МЭ/Зоны	Zn	Ca	S	P	Si	Al	Mg	Na	F	O	C
1	0,01	33,35	0,14	3,86	-	0,02	0,41	0,89	1,17	43,51	16,61
2	1,24	35,12	0,08	4,79	0,02	-	0,65	2,06	2,06	43,41	11,77
3	4,51	37,02	0,50	5,52	0,02	-	0,28	0,82	2,45	45,14	3,70
4	4,04	33,01	0,33	4,64	0,06	0,08	0,14	1,58	1,58	44,37	10,74

Примечания: МЭ – микроэлементы; 1 – дентин в апикальной области; 2 – клеточный цемент; 3 – бесклеточная зона; 4 – бесклеточный цемент.

Notes: ME – trace elements; 1 – dentin in the apical region; 2 – cellular cement; 3 – cell-free zone; 4 – cell-free cement.

Таблица 2. Состав микроэлементов в дентине апикальной области зуба в процессе лечения и через 2 года после лечения (вес %)

Table 2. The composition of trace elements in the dentin of the apical region of the tooth during treatment and 2 years after treatment (wt %)

МЭ/группы	Zn	Ca	P	Mg	Na	O
1	0,05	19,28	8,44	0,4	0,57	20,19
2	0,11	28,7	12,53	0,5	0,87	32,33
3	0,01	33,35	3,89	0,41	0,89	43,51

Примечания: МЭ – микроэлементы; 1 – дентин после медикаментозной обработки; 2 – пристеночный дентин рядом с Триоксидентом; 3 – отдаленные результаты.

Notes: ME – trace elements; 1 – dentin after drug treatment; 2 – parietal dentin next to the Trioxident; 3 – long-term results.

периодонтита. В результате проведенных исследований установлено, что кислород и углерод входят в состав всех твердых тканей апикальной области зуба (как элементы органических соединений). Кроме вышеупомянутых элементов, в процессе работы были изучены и другие необходимые микроэлементы (МЭ), которые являются жизненно необходимыми и присутствуют как в составе тканей зуба, так и в составе эндогерметика. Материал исследования представлен в таблице 1.

Дентин боковой поверхности у апикального отверстия имеет довольно высокое содержание Ca – 33,358 вес%. Соотношение Ca/P – 8,637. Это незначительно превышает таковое в дентине центральной части корня (8,305). Сравнивая результаты оценки микроэлементов в пристеночном дентине, контактирующим со средствами медикаментозной обработки корневых каналов и Триоксидентом, было установлено, что концентрация МЭ имеет незначительные колебания во всех случаях использования эндогерметика и отличается от такового в дентине корневого канала только прошедших медикаментозную обработку (таблица 2).

В зоне первичного бесклеточного цемента, выстилающего дентин, содержание Ca – 35,12 вес%. Со-

отношение Ca/P – 7,328. Обнаружено наличие вновь сформированного высокоминерализованного цемента (таблица 3). Полоса цементного волокна, являющаяся бесклеточной зоной и расположенная за клеточным цементом, наиболее сильно кальцифицирована (Ca – 37,023 вес%), но соотношение Ca/P – 6,69. Это значительно меньше, чем в дентине и слое бесклеточного волокнистого цемента. Содержание Ca в бесклеточном цементе 33,011 вес% примерно такое же, как в дентине. А соотношение Ca/P – 7,100.

Необходимо обратить внимание на количественное содержание МЭ цемента до и после проведенного лечения. Например, содержание углерода в бесклеточном (первичном) цементе на 24,08% и во вторичном на 29,22% ниже после проведенного лечения. А содержание кислорода в бесклеточном цементе после лечения на 51,81% и во вторичном на 62,42% выше после проведенного лечения. Также значительно колеблется содержание F, Si, Zn в цементе. Изменяется соотношение МЭ цемента до и после лечения деструктивного периодонтита.

Соотношение наиболее значимых химических элементов приведено в таблице 4.

Соотношение приведенных выше МЭ в цементе апикальной зоны до лечения значительно отличается от такового после проведенного лечения через определенный промежуток времени.

Таблица 4. Соотношение микроэлементов до и после лечения в цементе апикальной части корня

Table 4. The ratio of trace elements before and after treatment in the cement of the apical part of the root

до леч.	Ca/P	2,16566	до леч.	Ca/P	2,23668
бескл.	Na/Mg	1,94118	кл.	Na/Mg	2,14706
после бескл.	Ca/P	7,11422	после	Ca/P	7,33194
	Na/Mg	5,85714	кл.	Na/Mg	3,16923

Примечания: до леч. – до лечения; после – после лечения; бескл. – бесклеточный цемент; кл. – клеточный цемент.

Notes: to lay down. – before treatment; after – after treatment; beskl. – cell-free cement; class – cellular cement.

Таблица 3. Соотношение микроэлементов в цементе апикальной части корня зуба через 2 года после лечения деструктивного периодонтита (вес %)

Table 3. The ratio of trace elements in the cement of the apical part of the tooth root 2 years after the treatment of destructive periodontitis (wt %)

МЭ/Зоны	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Ca	Zn
1	43,47	22,99	0,02	0,66	0,34	0,03	0,008	9,96	0,20	21,57	0,02
2	10,74	44,37	1,58	0,82	0,14	0,08	0,06	4,64	0,33	33,01	4,04
3	40,27	27,10	0,03	0,73	0,34	0,01	0,003	11,07	0,34	24,76	0,13
4	11,77	43,41	2,06	2,06	0,65	-	0,02	4,79	0,08	35,12	1,24

Примечания: 1 – бесклеточный цемент до лечения зуба; 2 – бесклеточный цемент через 2 года после лечения; 3 – клеточный цемент до лечения зуба; 4 – клеточный цемент через 2 года после лечения.

Notes: 1 – cell-free cement before tooth treatment; 2 – cell-free cement 2 years after treatment; 3 – cellular cement before tooth treatment; 4 – cell cement 2 years after treatment.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Если говорить о дентине, то опираясь на ранее проведенные исследования можно сравнить показатели микроэлементного состава здорового зуба и пораженного периодонтитом. В интактных зубах отмечено уменьшенное количество таких микроэлементов, как кислород (О – 37,65вес%), Na – 0,58вес%, Mg – 0,26вес%, F – 0,028вес% по сравнению с зубами, пораженными деструктивными формами периодонтитов с резорбцией корня. Если сравнивать содержание Са (40,37вес%), P (19,83вес%) в интактных зубах, то оно значительно выше [15], чем в зубах с периодонтитом. Повышенное содержание кислорода в зубах, прошедших лечение деструктивного периодонтита, может свидетельствовать о наличии в клетках активных форм кислорода, который принимает участие, в том числе, в передаче внутриклеточных сигналов от различных факторов роста, которые изменяют активность транскрипционных белков. Активные формы кислорода принимают участие в регуляторных функциях клетки особенно при различной патологии [16]. Чем сильнее было воздействие на клетку патогенного фактора, тем выше скорость образования активных форм кислорода [17]. Повышенная концентрация кислорода в тканях корня зуба может косвенно свидетельствовать о тяжести прошедшего воспалительного процесса и о регенераторных процессах, протекающих в зубе после качественно проведенного лечения.

Следует отметить, что мы наблюдаем повышенное содержание таких химических элементов, как кальций, углерод и кислород. Именно эти элементы входят в состав характеристических функциональных групп: CO<sub>3</sub>; PO<sub>4</sub>; -C=O-NH; -CH<sub>2</sub>-; OH [18]. Такие МЭ, как Са, Р, Mg, Na являются минеральными компонентами цемента зуба. Они легко мобилизуются и поступают в кровь, где их концентрация строго регулируется.

Стабильно повышенное содержание Na в твердых тканях апикальной области корня зуба, свидетельствуют в пользу запускаемых регенеративных процессов. Содержание Mg, примерно на исходном уровне, а также повышенное содержание Са свидетельствует о том, что не происходит замещение в кристаллической решетке гидроксиапатита ионов Са на ионы Mg. В норме в цементе зуба Са содержится 21-24 вес%, Mg – 0,4-0,7; Na – 0,6-0,8. Соотношение Са/P 1,6-1,7 [19]. Анализ карт интенсивности Са (12,59 ± 0,64) и P (23,61 ± 1,14) в цементе пришеечной области здоровых зубов, проведенных с помощью СЭМ, подтверждает их более высокое содержание, чем в эмали [20]. В дентине зуба, прошедшего медикаментозную обработку в процессе лечения деструктивного периодонтита отмечается низкая кон-

центрация Са. Низкий показатель присутствия данного элемента в ткани зуба может свидетельствовать о резорбтивных процессах. Доказано, что паратиреоидный гормон стимулирует резорбцию для увеличения уровня циркулирующего Са. Это ответ на снижение Са в крови [21]. Кроме того, данное исследование подтверждает достоверность того факта, что материалы группы МТА не только создают щелочную среду pH, но и выделяют кальций [22]. Повышенное содержание Zn в дентине корневого канала и более низкое содержание Са, после проведенного лечения, свидетельствуют о дефиците последнего. По прошествии двух лет от момента лечения мы наблюдаем стабилизацию процесса. Изменяется также соотношение Са/P. Если сразу после использования эндогерметика оно составляло 2,28-2,32, то по прошествии двух лет этот показатель увеличился до 8,637. [23].

В межклеточном взаимодействии важную роль играют кадгеринины – молекулы клеточной адгезии, обеспечивающие кальций-зависимое гомофильное соединение клеток в плотных тканях [24]. Судя по всему, кадгеринины, содержащие гликопротеины, являются медиаторами сигнала, находятся в экстрацеллюлярном матриксе (ECM) и экспрессируются на эпителиальных и стромальных клетках. Таким образом ECM цемента играет ключевую роль в восстановительных процессах цемента корня зуба. Возможно применение Са-содержащих препаратов позволяет кадгеринам помогать клеткам формировать структуру ткани периодонта, а в последствии и цемента, которое может наступить после проведенного адекватного лечения. А может для этого вполне достаточно запасов Са в самом зубе и кости для того чтобы направить клеточное ремоделирование в нужном направлении на создание утраченной ткани, т.к. организм запрограммирован на поддержание нормального функционирования всех органов.

## ВЫВОДЫ

Через определенный промежуток времени, после проведенного лечения деструктивного периодонтита, происходит кальцификация твердых тканей апикальной области корня зуба. Изменяющееся соотношение микроэлементов указывает на преобладание регенеративных процессов в тканях зуба.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность за консультативную помощь научному сотруднику отдела физики и диагностики перспективных материалов Государственного учреждения «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» Бурховецкому В.В.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Van der Waal S. V., Lappin D. F., Crielaard W. Does apical periodontitis have systemic consequences? The need for well-planned and carefully conducted clinical studies. *British Dental Journal*. 2015;218(9): 513-516. DOI: 10.1038/sj.bdj.2015.340.
2. Nair P.N.R. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 2004;15(6):348-381. DOI: 10.1177/154411130401500604.
3. Мархеев Ч.И. Резорбция корня зуба – аспекты диагностики, клиники и лечения. Автореф. ...канд. мед.наук. Специальность 14.01.14. Стоматология. Москва. 2021. 25
4. Estrela C., Guedes O. A., Rabelo L. E. G., Decurcio D. A., Alencar A. H. G., Cynthia R.A. Estrela, de Figueiredo J. A. P. Detection of Apical Inflammatory Root Resorption Associated with Periapical Lesion Using Different Methods. *Braz. Dent. J.* 2014; 25 (5) : 404-8. DOI: 10.1590/0103-6440201302432.

5. Gusiyska A., Yovchev D. External Apical Resorption – Radiographic and SEM Analysis on Teeth with Chronic Apical Periodontitis. *IJSR*. 2016; 5(9):1175-1178. DOI: 10.21275/ART20161681.
6. Берхман М. В. Диагностика и лечение внутренней резорбции зубов: обзор литературы и клинический случай. *Эндодонтия today*. 2020; 18(1):47-52. DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-1-47-52.
7. Островская И. Г. Исследование белков воспаленной пульпы временных зубов в начальной стадии резорбции корней Эндодонтия today. 2011; 1:7-9.
8. Nayak M. T., Nayak A. External Inflammatory Root Resorption in Mandibular First Molar: A Case Report. *Malays J Med Sci.* 2015 Nov; 22(6): 63–66. DOI: 10.1155/2012/624792.
9. Darcey J., Qualtrough A. Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *British Dental Journal*. 2013; 214(9):439-451. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.431.
10. Глинкин В.В., Чайковская И.В. Микроструктура и краевое прилегание эндогерметиков, используемых при лечении зубов с раз-



рушенной апикальной констрикцией. Клиническая стоматология. 2022; 25(3): 14-19.

11. Darcey J., Qualtrough A. Resorption: part 2. Diagnosis and management. British Dental Journal. 2013; 214 (10):493-509. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.482.

12. Alghamdi F., Alkhatab O. Effectiveness of intracanal calcium hydroxide medicament in treating periapical lesions: a systematic review. J Stoma 2022; 75(1): 44-54. DOI: 10.5114/jos.2022.114502.

13. Figdor D. Apical periodontitis: A very prevalent problem. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology. 2002;94(6):651-652. DOI:10.1067/moe.2002.130322.

14. Глинкин В.В., Клемин В.А., Кашанский И.В. Эндодонтические материалы на основе минерального триоксидного агрегата, используемые в современной стоматологии для лечения периодонтальной патологии (обзор литературы). Теория и практика современной науки: монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». 2020:141-151.

15. Павлова Т.В., Пешкова Э.К., Гончаров И.Ю., Колесников Д.А., Нестеров А.В. Нарушения ультраструктуры и макро- и микроэлементного состава твердых тканей зубов при кариесе у больных гипопатиреозом и без патологии щитовидной железы. Архив Патологии. 2014; 2: 17-21.

16. Новиков В. Е., Левченкова О. С., Пожилова Е. В. Роль активных форм кислорода в физиологии и патологии клетки и их фармакологическая регуляция. Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2014; 112(4):13-21.

## REFERENCES.

25. Van der Waal S. V., Lappin D. F., Crielaard W. Does apical periodontitis have systemic consequences? The need for well-planned and carefully conducted clinical studies. British Dental Journal. 2015;218(9): 513-516. DOI: 10.1038/sj.bdj.2015.340.

26. Nair P.N.R. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. Crit. Rev. Oral. Biol. Med. 2004;15(6):348-381. DOI: 10.1177/15444111030401500604.

27. Markheev Ch.I. Root resorption – aspects of diagnosis, clinic and treatment. Abstract ...cand. medical sciences Specialty 14.01.14. Dentistry. Moscow. 2021: 25

28. Estrela C., Guedes O. A., Rabelo L. E. G., Decurcio D. A., Alencar A. H. G., Cynthia R.A. Estrela, de Figueiredo J. A. P. Detection of Apical Inflammatory Root Resorption Associated with Periapical Lesion Using Different Methods. Braz. Dent. J. 2014; 25 (5) : 404-8. DOI: 10.1590/0103-6440201302432.

29. Gusiyska A., Yovchev D. External Apical Resorption – Radiographic and SEM Analysis on Teeth with Chronic Apical Periodontitis. IJSR. 2016; 5(9):1175-1178. DOI: 10.21275/ART20161681.

30. Berkman M.V. Diagnosis and treatment of internal tooth resorption: a review of the literature and a clinical case. Endodontics today. 2020; 18(1):47-52. DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-1-47-52. (In Russ.).

31. Ostrovskaya IG. Study of the proteins of the inflamed pulp of temporary teeth in the initial stage of root resorption Endodontics today. 2011; 1:7-9. (In Russ.).

32. Nayak M. T., Nayak A. External Inflammatory Root Resorption in Mandibular First Molar: A Case Report. Malays J Med Sci. 2015 Nov; 22(6): 63–66. DOI: 10.1155/2012/624792.

33. Darcey J., Qualtrough A. Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. British Dental Journal. 2013; 214(9):439-451. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.431.

34. Glinkin V.V., Chaikovskaya I.V. Microstructure and marginal fit of endosealants used in the treatment of teeth with a destroyed apical constriction. Clinical dentistry. 2022; 25(3): 14-19. (In Russ.).

35. Darcey J., Qualtrough A. Resorption: part 2. Diagnosis and management. British Dental Journal. 2013; 214 (10):493-509. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.482.

36. Alghamdi F., Alkhatab O. Effectiveness of intracanal calcium hydroxide medicament in treating periapical lesions: a systematic review. J Stoma 2022; 75(1): 44-54. DOI: 10.5114/jos.2022.114502.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Глинкин В.В.<sup>1</sup> – врач-стоматолог, ORCID ID 0000-0002-3039-8190.

Хабадзе З.С.<sup>2</sup> – к.м.н., доцент, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии, заместитель директора Медицинского института.

Генералова Ю.А.<sup>2</sup> – ординатор.

Гасбанов М.А.<sup>2</sup> – врач-стоматолог.

Бадалов Ф.В.<sup>2</sup> – врач-ординатор.

Лейцеровиц О.<sup>3</sup> – врач-стоматолог.

1-Частная практика, Россия

17. Пожилова Е.В., Новиков В.Е., Левченкова О.С. Активные формы кислорода в физиологии и патологии клетки. Вестник смоленской государственной медицинской академии. 2015; 14(2):13-22.

18. Tan B., Sun W., Han N., Yang Z. Chronic Apical Periodontitis with Calculus-like Mineral Deposit on the Root Apex: A Case Report. OHDM. 2014;13(4): 1100-1105.

19. Вавилова, Т. П. Биологическая химия. Биохимия полости рта. ГЭОТАР-Медиа. 2016: 560.

20. Metwally S., Stachewicz U. Teeth resorption at cement – enamel junction (CEJ) – Microscopy analysis. J. Ihomepage. 2020; 137:1-6.

21. Andreasen, J.O., Andreasen F.M. Root resorption following traumatic dental injuries. Proc Finn Dent Soc. 1992; 88: 95-114.

22. Kuga M. C., de Campos E.A., Viscardi P. H., Carrilho P. Z., Xavier F. C., Silvestre N. P. Hydrogen ion and calcium releasing of MTA fillapex® and mTA-based formulations. RSBO. 2011;8(3):271-6.

23. Глинкин В.В. Микроэлементный состав дентина корней зубов с деструктивными формами периодонтита запломбированных Триоксидентом. «Актуальные вопросы стоматологии» Сборник научных трудов, посвященный основателю каф. орт. стом. КГМУ проф. И.М. Оксману. Казань 2021: 262-267.

24. Ткачук В.А., Рубина К.А. Т-кадгерин как антиадгезивная молекула и возможный рецептор липопротеидов низкой плотности в клетках кровеносных сосудов/ Российский физиологический журнал, 2004;8: 968-986.

37. Figdor D. Apical periodontitis: A very prevalent problem. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology. 2002;94(6):651-652. DOI:10.1067/moe.2002.130322.

38. Glinkin V.V., Klemin V.A., Kashansky I.V. Endodontic materials based on the mineral trioxide aggregate used in modern dentistry for the treatment of periodontal pathology (literature review). Theory and practice of modern science. Science and Education" 2020:141-151. (In Russ.).

39. Pavlova T.V., Peshkova E.K., Goncharov I.Yu., Kolesnikov D.A., Nesterov A.V. Violations of the ultrastructure and macro- and microelement composition of dental hard tissues in caries in patients with hypothyroidism and without thyroid pathology. Archive of Pathology. 2014; 2:17-21.

40. Novikov V. E., Levchenkova O. S., Pozhilova E. V. The role of reactive oxygen species in cell physiology and pathology and their pharmacological regulation. Reviews of clinical pharmacology and drug therapy. 2014;112(4):13-21.

41. Pozhilova E.V., Novikov V.E., Levchenkova O.S. Reactive oxygen species in cell physiology and pathology. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. 2015; 14(2):13-22.

42. Tan B., Sun W., Han N., Yang Z. Chronic Apical Periodontitis with Calculus-like Mineral Deposit on the Root Apex: A Case Report. OHDM. 2014;13(4): 1100-1105. ID: 212550251.

43. T. P. Vavilova, Biological chemistry. GEOTAR-Media. 2016: 560

44. Metwally S., Stachewicz U. Teeth resorption at cement – enamel junction (CEJ) – Microscopy analysis. J. Ihomepage. 2020; 137:1-6.

45. Andreasen, J.O., Andreasen F.M. Root resorption following traumatic dental injuries. Proc Finn Dent Soc. 1992; 88: 95-114. PMID: 1354871.

46. Kuga M. C., de Campos E.A., Viscardi P. H., Carrilho P. Z., Xavier F. C., Silvestre N. P. Hydrogen ion and calcium releasing of MTA fillapex® and mTA-based formulations. RSBO. 2011;8(3):271-6.

47. Glinkin V.V. Trace element composition of the dentin of the roots of teeth with destructive forms of periodontitis sealed with Trioxident. "Actual issues of dentistry" Collection of scientific papers dedicated to the founder of the department. orth. stoma KSMU prof. THEM. Oksman, Kazan 2021: 262-267. (In Russ.).

48. Tkachuk V.A., Rubina K.A. T-cadherin as an antiadhesive molecule and a possible receptor for low-density lipoproteins in blood vessel cells. Russian Journal of Physiology, 2004;8: 968-986. (In Russ.).

2-Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Россия, г.Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6  
3-Частная практика, Калифорния, США

**AUTHOR INFORMATION:**

*Vladimir V. Glinkin*<sup>1</sup> – dental practitioner, ORCID ID 0000-0002-3039-8190.

*Zurab S. Khabadze*<sup>2</sup> – PhD, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Deputy Director of the Medical Institute.

*Yulia A. Generelova*<sup>2</sup> – resident student.

*Magomed A. Gasbanov*<sup>2</sup> – dental practitioner.

*Fikret V. Badalov*<sup>2</sup> – resident student.

*Olga Leizerovitz*<sup>3</sup> – dental practitioner

<sup>1</sup>Private practice, Russia.

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN University). 6 Miklukho-Maklaya st, Moscow, 117198, Russia

<sup>3</sup>Private practice, California, USA.

**ВКЛАД АВТОРОВ:**

*Глинкин В.В.* – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания; окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

*Хабадзе З.С.* – подготовка статьи.

*Генералова Ю.А.* – сбор данных или анализ и интерпретацию данных.

*Гасбанов М.А.* – сбор данных или анализ и интерпретацию данных.

*Бадалов Ф.В.*, – сбор данных или анализ и интерпретацию данных.

*Лейцеровиц О.* – подготовка статьи.

**AUTHOR'S CONTRIBUTION**

*Vladimir V. Glinkin* – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content.

*Zurab S. Khabadze* – contribution to the concept.

*Yulia A. Generelova* – the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article.

*Magomed A. Gasbanov* – the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article.

*Fikret V. Badalov* – the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article.

*Olga Leizerovitz* – contribution to the concept.

**Координаты для связи с авторами/ Correspondent author:**

*Глинкин В.В. / Vladimir Glinkin, E-mail: : vvsyz1@gmail.com*