

**Оценка влияния различных эндогерметиков на
микроэлементный состав дентина корней зубов по
результатам исследования с помощью сканирующего
электронного микроскопа.**

Глинкин В.В., Кубаренко В.В., Кашанский И.В.

Кафедра ортопедической стоматологии
ГОО ВПО ДОННМУ ИМ. М. ГОРЬКОГО

- Высокая распространенность деструктивных форм хронического периодонтита, недостаточная эффективность как существующих методов лечения, так и применение имеющихся пломбировочных материалов (ПМ) делают актуальным поиск новых средств реабилитации пациентов с данной патологией (Сергеева И.Л. Совершенствование лечения деструктивных форм хронического периодонтита в лечебных учреждениях МО РФ дисс. ...канд.мед.наук, 14.01.14 – Стоматология Санкт-Петербург, 2014. 115с.).
- Обтурация является существенным фактором в предотвращении повторного микробного инфицирования корневых каналов (КК) (Ricucci D, Lin LM, Spaongberg LS. Wound healing of apical tissues after root canal therapy: a long-term clinical, radiographic, and histopathologic observation study. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics 2009;108:609–21.) и имеет непосредственное значение для поддержания долгосрочного успеха эндодонтического лечения в перерадикулярном пространстве (Estrela C., Holland R., Estrela C.R., Alencar A.H., Sousa-Neto M.D., Pécora J.D. Characterization of successful root canal treatment / Braz. Dent. J., 2014, Vol. 25, № 1, p. 3 – 11. ; Li GH, Niu LN, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. Acta Biomaterialia 2014;10:1050–63.).

- Для того, чтобы выбрать оптимальную методику лечения деструктивных форм периодонтита врач должен понимать какой эндогерметик необходимо применять в том или ином случае. По данным Д.Ц. Сандаковой (2004) терапия КК осуществляется традиционными методами, когда в 50% случаев материалами для пломбирования КК служат пасты. При этом только в 25,2% случаев наблюдается качественная obturation (Сандакова Д.Ц. Анализ распространенности, качества лечения и исходов осложненного кариеса зубов как основа программы профилактики в стоматологии / Д.Ц. Сандакова // Автореф.канд.мед.наук. Иркутск, 2004. – 21с.).
- Высокая обращаемость за эндодонтической помощью, низкий процент излечиваемости зубов с апикальными периодонтитами, отсутствие знаний о влиянии ПМ на микроэлементный состав тканей зуба, конкретных рекомендаций для применения различных корневых пломбировочных материалов, недостаточность клинически ориентированных исследований (Sayna Shamszadeh, Saeed Asgary, Ali Nostal Regenerative endodontics: a scientometric and bibliometric analysis. Regenerative Endodontics Vol. 45, Issue 3, P272-280, March 01, 2019.), множество вопросов и необходимость их разрешения делает актуальной разработку более четких показаний при выборе корневых пломбировочных материалов в различных клинических ситуациях.

- **Цель исследования:** Провести с помощью СЭМ сравнительную оценку эффективности использования материалов «Форедент», гуттаперчевых штифтов с «Sealapex» (Силапекс) методом латеральной конденсации и «Триоксидент» для obturации на постоянной основе корневых каналов зубов с периапикальной патологией.
- **Задачи исследования:** Изучить изменения химического состава дентина корня зуба после применения *in vitro* исследуемых пломбировочных материалов с использованием растровой электронной микроскопии.
- Обосновать показания для применения кальций-алюмосиликатного цемента «Триоксидент» при ортоградной obturации корневых каналов зубов с периапикальной патологией.

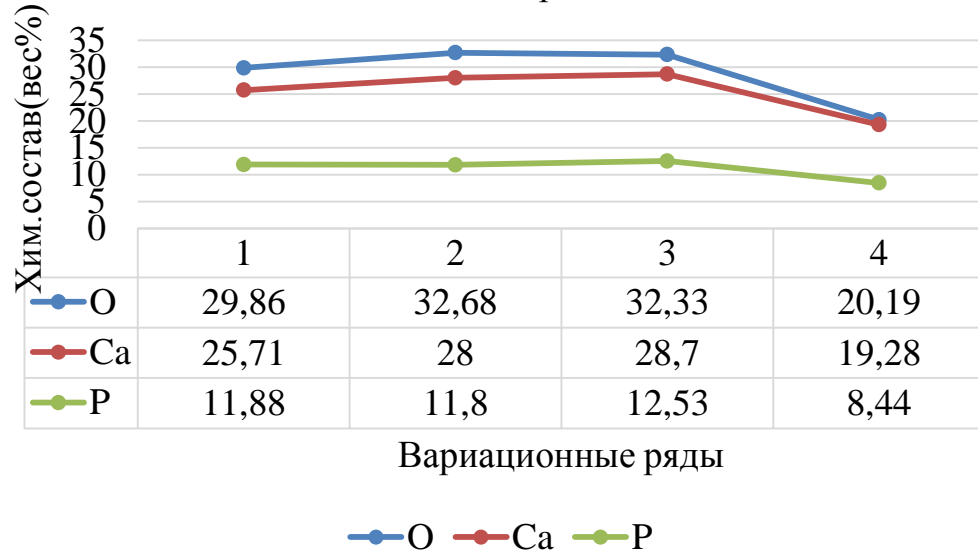
- **Материал и методы.** Для исследования морфологии, микроструктуры и проведения элементного анализа стоматологических образцов (удаленные зубы) и пломбировочных материалов применяли методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и микрорентгеноспектральный анализ (МРСА). Исследования проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6490LV (JEOL, Япония) с энергодисперсионной приставкой INCA PentaFETx3 (OXFORD Instruments, Англия) с регистрацией во вторичных электронах (SEI) и обратно рассеянных электронах (BEI). МРСА проводили на увеличениях $\times 1000$ – 5000 при помощи энергодисперсионного спектрометра. Стандарты, применяемые для количественного анализа, сертифицированы и поставлены фирмой JEOL. По окончании исследования образцов проводили анализ полученных фотографий и результатов анализа при помощи программы Excel.

- Для проведения исследований воздействия ПМ на дентин корня, были подготовлены шлифы 15 корней удаленных зубов, которые, в зависимости от используемого ПМ, были разделены на 3 группы. Первая – чьи корневые каналы были запломбированные Форедентом, вторая – Силапексом с гуттаперчевыми штифтами методом латеральной конденсации, третья – Триоксидентом ортоградным методом. В качестве группы сравнения для изучения воздействия эндогерметика на дентин корневого канала было изучено 5 корней зубов с обострившимся хроническим периодонтитом после механической и медикаментозной обработки КК.
- С целью изучения *in vitro* воздействия пломбировочного материала на ткани зуба и качества пломбирования корневых каналов зубов был разработан способ подготовки образцов и приготовления шлифов зубов для исследования на СЭМ.

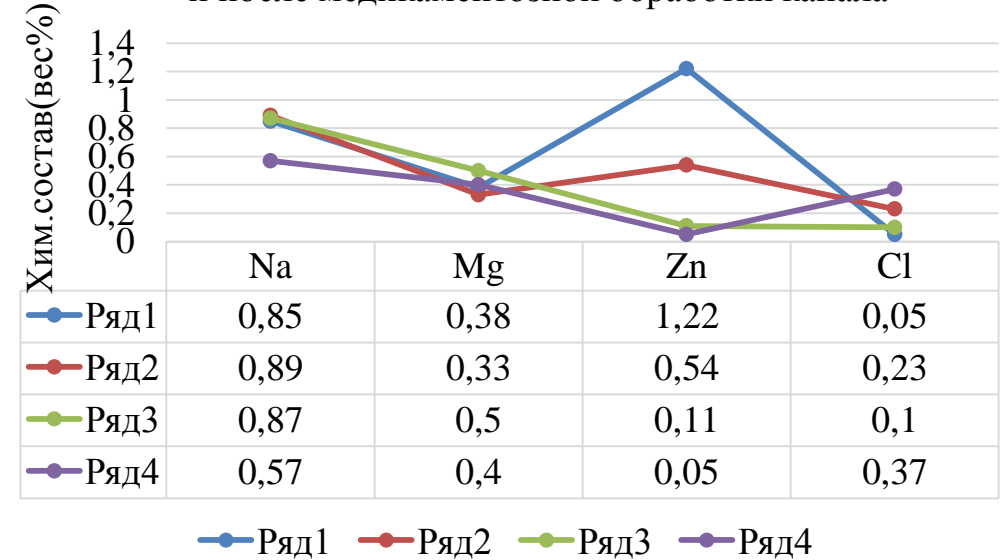
Результаты исследования.

Сравнивая между собой наличие микроэлементов (МЭ) в пристеночном дентине, контактирующим со средствами медикаментозной обработки корневых каналов, и с ПМ, мы обратили внимание на то, что концентрация МЭ колеблется незначительно во всех случаях использования ПМ и отличается от такового в дентине КК прошедших только медикаментозную обработку. (табл.1, 2).

Содержание O, Ca, P в пристеночном дентине в зависимости от применяемого материала и после медикаментозной обработки канала



Содержание Na, Mg, Zn, Cl в пристеночном дентине в зависимости от применяемого материала и после медикаментозной обработки канала



Примечание: 1 ряд – Форедент в ПД, 2 ряд – Силапекс в ПД, 3 ряд – Триоксидент в ПД, 4 ряд – дентин после медикаментозной обработки корневого канала.

- Весовое процентное соотношение (вес%) МЭ отличается от такового в дентине КК прошедших только медикаментозную обработку. Количественный состав приведенных в таблицах МЭ изменяется после использования того или иного ПМ. Это подтверждает достоверность ранее проведенных исследований на примере проникновения ионов гидроксида кальция из ПМ в дентин корневого канала ([Endodontic re-instrumentation enhances hydroxyl ion diffusion through radicular dentine. L. G. P. dos Santos, W. T. Felipe, C. S. Teixeira, E. A. Bortoluzzi, M. C. S. Felipe International Endodontic Journal, 2014. - № 47. - P. 776–783.](#)). Наибольшая концентрация в дентине корней зубов химических элементов, приведенных в таблицах, при использовании Триоксидента, а наименьшая – Форедента. Исключением является Cl. После пломбирования КК содержание Cl снижается, особенно после использования Форедента.
- Содержание Са и Р в дентине корней, запломбированных Силапексом, по прошествии нескольких дней ниже, чем в дентине зубов, запломбированных Триоксидентом. Мы предполагаем, что высокая концентрация Са и Р в Триоксиденте свидетельствует о возможном повышении уровня рН и с течением времени сопровождается осаждением гидроксил апатита в дентине стенки корня ([Roman Damian Bioceramic materials in endodontics. Endodontic Topics 2015, 32, 3-30.](#)). В литературе имеются данные, что кристаллы апатита растут в коллагеновых фибриллах способствуя образованию минералов на дентине, что сопровождается образованием межфациального слоя на границе раздела материал-дентин ([Liu Y, Kim YK, Dai L, Li N, Khan SO, Pashley DH, et al. Hierarchical and non-hierarchical mineralization of collagen. Biomaterials 2011;32: 1291 – 1300.](#)).

- При использовании Силапекса и Триоксидента содержание Са, Р значительно повышается в пристеночных слоях дентина по сравнению с дентином медикаментозно обработанных зубов.
- В Силапексе Cl находится в довольно больших количествах. Колебания Cl в дентине корня зубов, запломбированных Силапексом, значительно выше по сравнению с зубами, запломбированными другими ПМ. В дентине корней запломбированных зубов, содержание Cl повышено в перитубулярном дентине и там же снижается концентрация Na и Mg. Повышенное содержание Cl и Na в пристеночном дентине, при использовании Силапекса и Триоксидента, свидетельствуют в пользу регенеративных процессов запускаемым в тканях дентина. Возможно образование Na^+ , Cl- апатитов в поврежденном пристеночном дентине КК повысит прочностные характеристики зуба. Повышенная концентрация Mg в пристеночном дентине группы зубов, запломбированных Триоксидентом, вероятно указывает на возможность замены ионами Mg ионов Са в кристаллической решетке гидроксиапатита. Именно эти участки корня наиболее подвержены воздействию патогенных факторов.
- Неоднородность МЭ состава в различных слоях дентина свидетельствует о том, что ПМ оказывают свое влияние на химический состав пристеночного дентина. Этот процесс четко выражен примерно до середины толщины корня. В поверхностных слоях изменения МЭ состава не обнаружены.

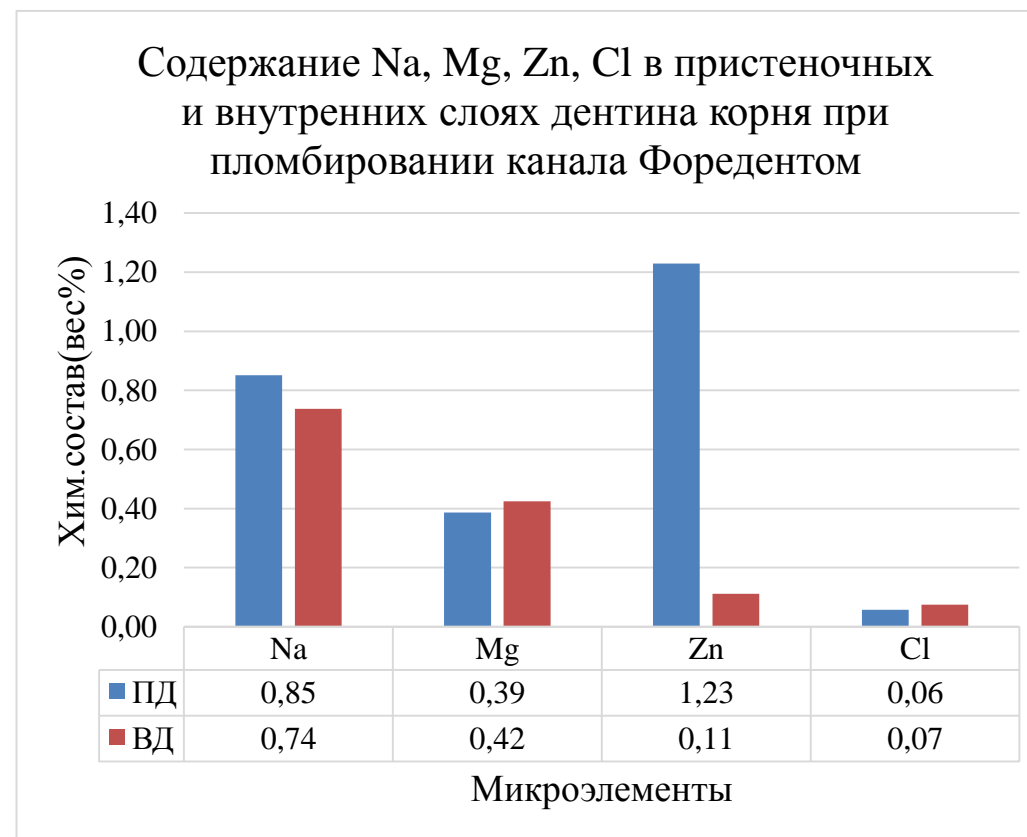
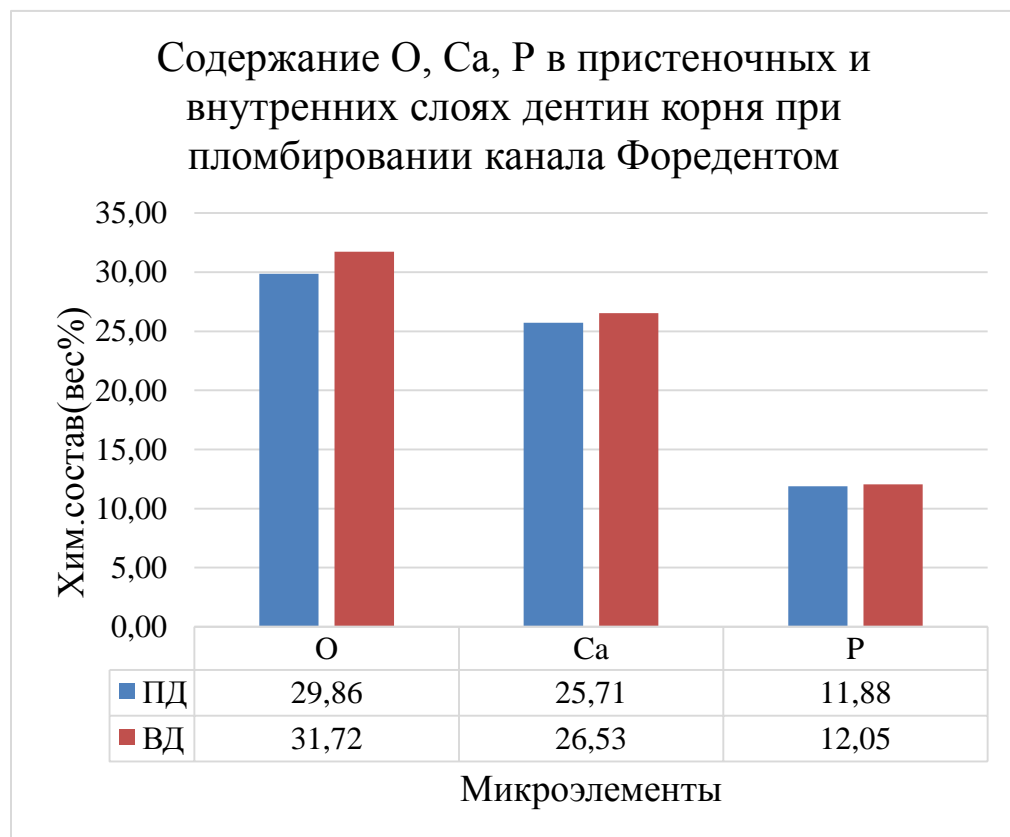
- Содержание F в пристеночном дентине каналов зубов, запломбированных Силапексом и Форедентом, составляло соответственно ~0,15 и ~0,16 вес%, а Триоксидентом – ~0,22 вес%. Повышение концентрации Ca, P, F в дентине зубов, запломбированных Триоксидентом, свидетельствует об увеличении прочности дентина.
- Сравнивая наличие тех или иных МЭ в пристеночном дентине корня необходимо обратить внимание на концентрацию йода (I). В пристеночном дентине при пломбировании Силапексом и гуттаперчевыми штифтами его средний показатель равнялся ~0,132, а в средних слоях дентина он составил ~0,217 вес%. При использовании Триоксидента содержание йода во внутренних слоях дентина уменьшается от ~0,132 до ~0,079 вес %, в Фореденте концентрация йода статистически незначима (~0,003 вес%).
- Нами было изучено наличие таких МЭ, как Al и Zn. Но в данной ситуации не представляется возможным достоверно оценить соотношение этих МЭ в ткани дентина, т.к. Al входит в состав Триоксидента, а Zn в состав Форедента и соответственно тот или иной МЭ преобладает, как и в самом ПМ, так и в дентине.

- Мы рассмотрели соотношение тех МЭ в дентине корня зуба, которые играют важную роль в жизнедеятельности тканей (табл. 3).

Таблица 3. Соотношение микроэлементов в дентине корня зуба в зависимости от применяемого пломбировочного материала

Пломбировочный материал	Соотношение микроэлементов									
	Пристеночный дентин корня					Дентин во внутренних слоях корня				
	Na/Mg	Na/Cl	Na/K	Mg/Cl	Ca/P	Na/Mg	Na/Cl	Na/K	Mg/Cl	Ca/P
Форедент	2,20	14,85	24,56	6,74	2,16	1,73	9,73	17,99	5,60	2,20
Силапекс	2,73	3,80	22,88	1,39	2,37	2,92	3,65	17,50	1,25	2,45
Триоксидент	1,73	11,90	9,88	6,89	2,28	1,23	5,45	14,39	4,43	2,32

- Необходимо отметить, что после пломбирования КК во внутренних слоях дентина корня соотношение МЭ, кроме соотношения Са/Р, снижается. В результате проведенных исследований установлено, что максимальное соотношение Са/Р в дентине зубов, запломбированных Силапексом (~2,37-2,45 вес %), а наименьшее – Форедентом (~2,16-2,20 вес %). Группа зубов леченых с применением Триоксидента занимала промежуточное положение (~2,28-2,32 вес %). Но во всех случаях это соотношение находилось в пределах нормы.
- Исследуя содержание МЭ в дентине корней зубов, запломбированных **Форедентом**, нами было установлено, что колебания вес% содержания МЭ в пристеночных и глубоких слоях дентина корня статистически не значимы (табл. 4, 5). Исключение составил цинк, который, находясь в большом количестве в составе ПМ (~22,98 вес%), был в повышенном количестве (~1,23вес%) в пристеночном дентине по сравнению с внутренними слоями дентина (~0,11вес%). Наличие Са и Р при использовании Форедента находится в норме и незначительно изменяется в ткани дентина. Мы обратили внимание на незначительное содержание Si в дентине каналов зубов, запломбированных Форедентом (~0,019 вес%).



- здесь и далее результаты элементного анализа указаны в весовых %, определенных по данным микрорентгеноспектрального анализа. ПД – пристеночный дентин; ВД – внутренние слои дентина

Силапекс применяли только с гуттаперчевыми штифтами методом латеральной конденсации, которые использовались для уплотнения материала в корневых каналах. В исследуемых образцах штифты точно контактировали со стенками КК. В ткани дентина на границе с силлером большое содержание углерода и кальция (рис. 1). Видно проникновение силлера в микротрещины и неровности поверхности дентина, а также при спектральном анализе обнаружено проникновение углерода в ткань дентина, соприкасающейся с силлером. Окраска синим цветом не становится более интенсивной по границе дентин-силлер, что говорит о слабом проникновении кальция из структуры силлера в дентин. Содержание Р и Са в дентине значительно превосходило таковое в ПМ. А повышенное содержание фтора (~0,738вес%) позволяет предположить об отложении этих элементов в кристаллической решетке гидроксиапатита. Так же в дентине преваляло содержание С, Na, Mg, S, Cl, а в ПМ значительно преобладал Zn. Си распределен примерно равномерно.

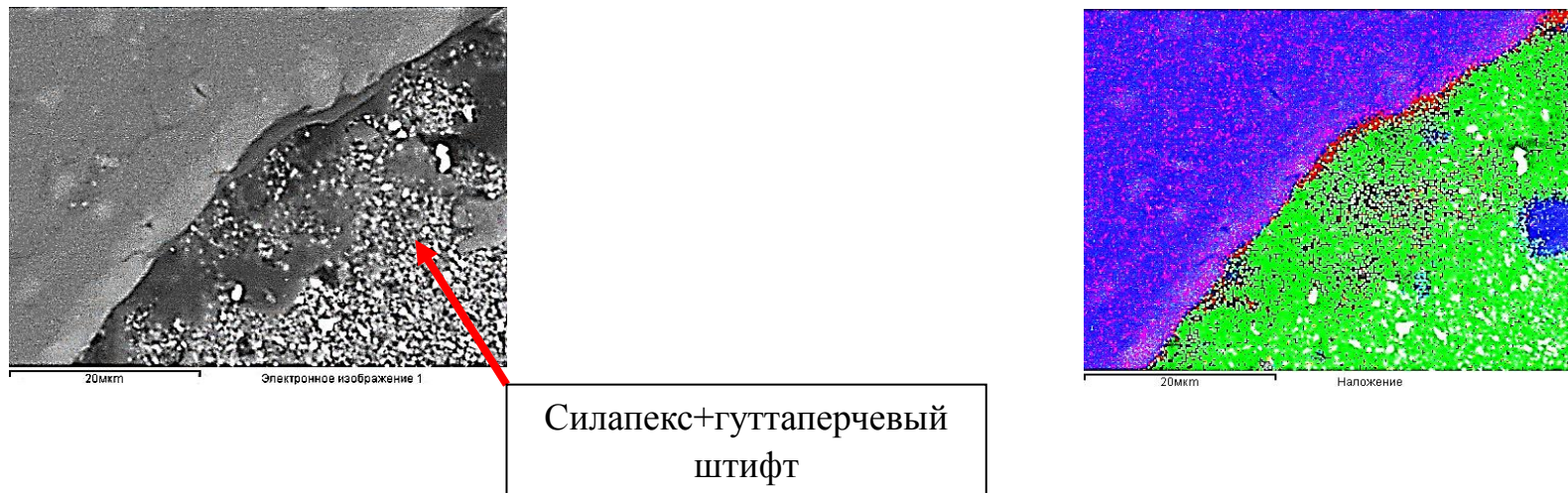
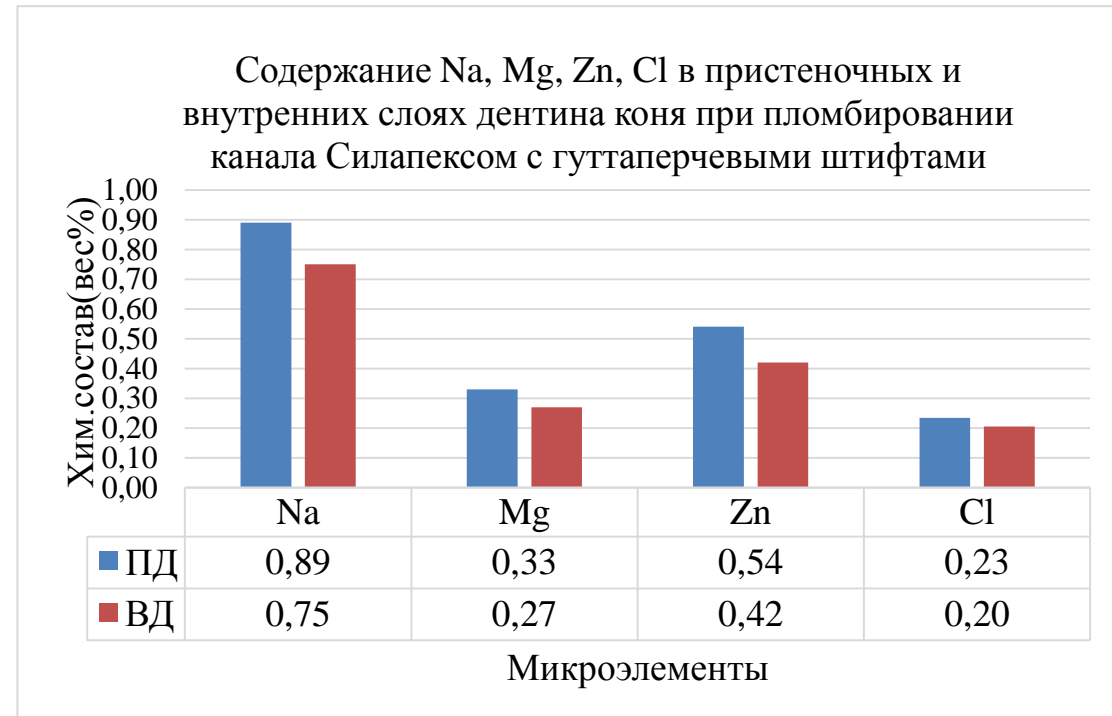
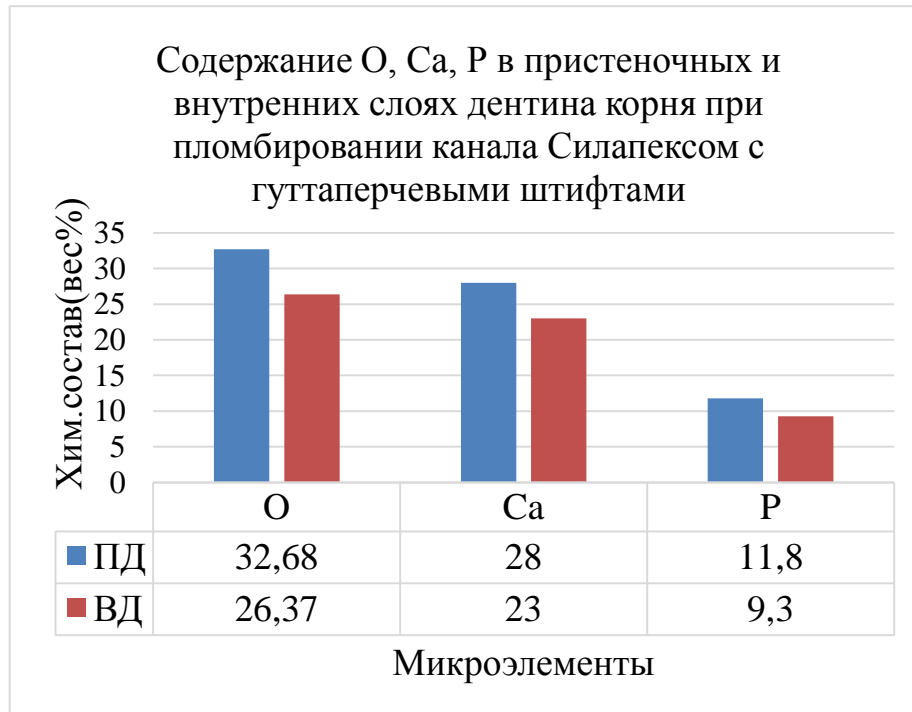


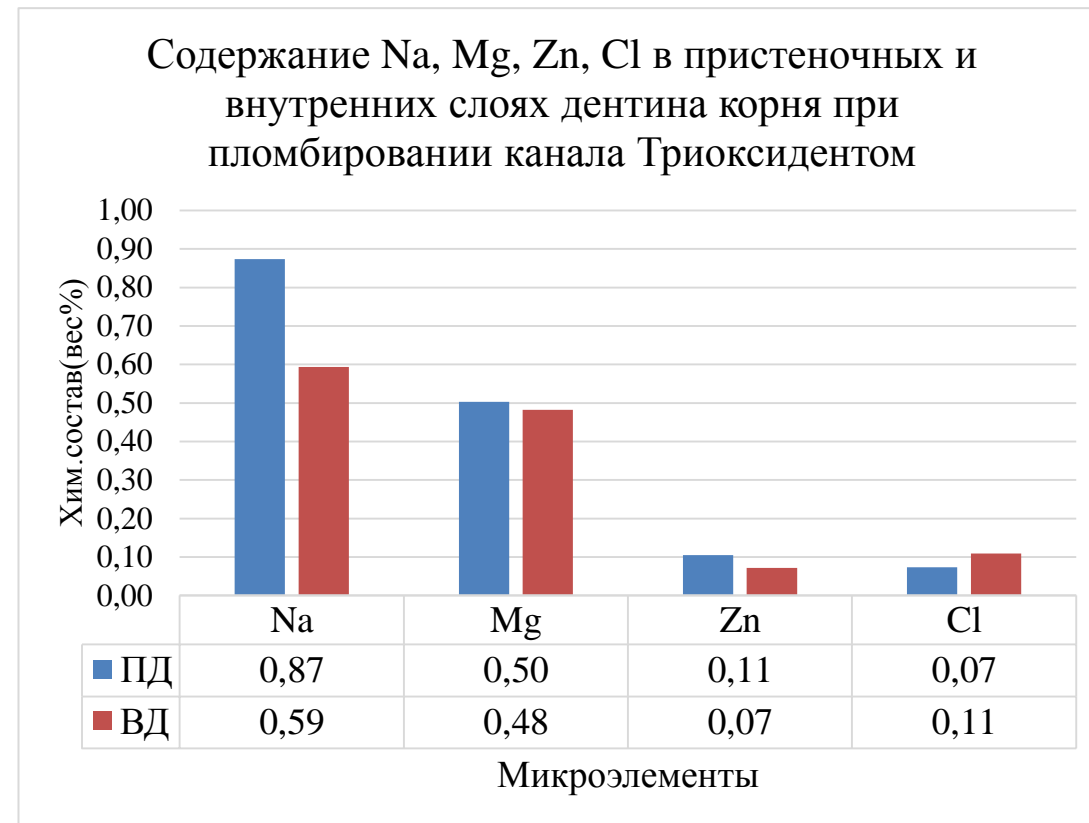
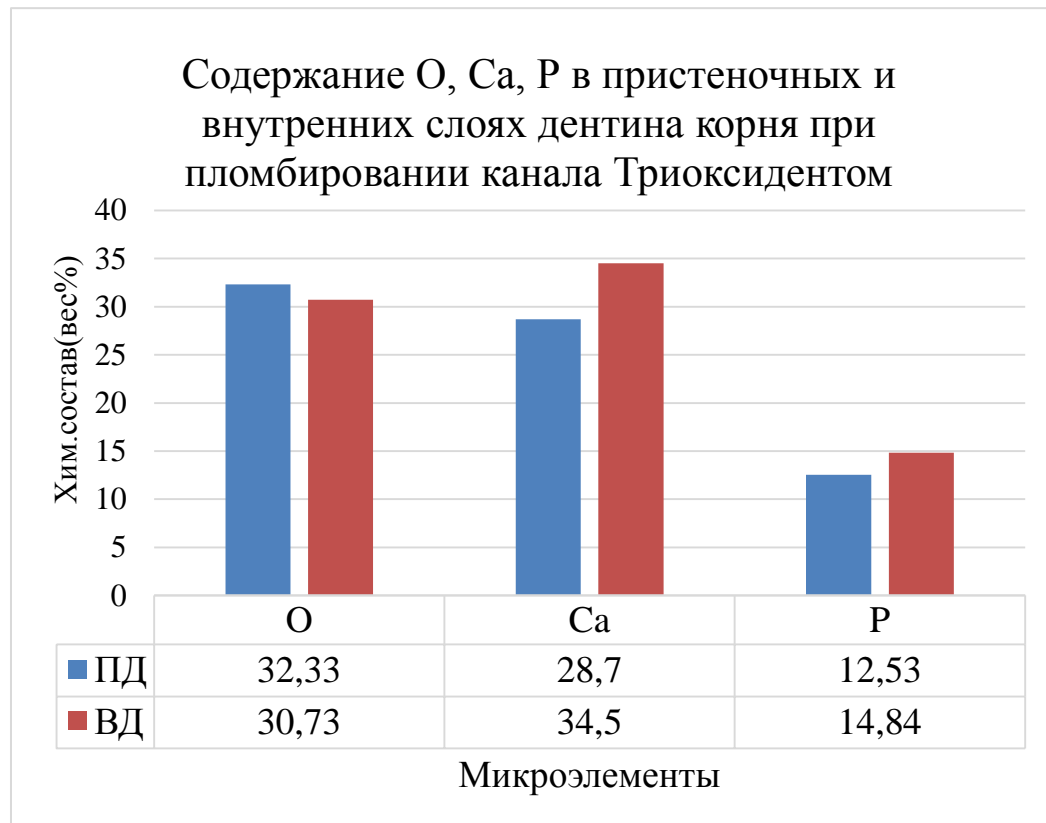
Рис. 1. Распределение химических элементов в зоне, прилегающей к дентину КК после пломбирования Силапексом и гуттаперчевыми штифтами: красный – углерод, синий- кальций, зеленый – цинк. СЭМ. ВЕС. Масштаб указан на рисунке.

Из данных таблиц следует, что в пристеночных слоях дентина, контактирующих с Силапексом, изменяется МЭ содержание по сравнению с внутренними слоями дентина (табл. 6, 7).



Необходимо отметить, что содержание химических элементов O, Ca, P, Na, Mg, Zn, Cl во внутренних слоях дентина корня снижается по сравнению с пристеночным дентином. В данной группе наиболее высокое содержание Cl, что может привести к образованию защитного преципитата на поверхности ткани дентина. То, что во внутренних слоях дентина не увеличена концентрация ионов Ca²⁺ и находится в пределах нормы (23,04±1,2 вес%) косвенно свидетельствует о том, что структурная целостность силлера не повреждена, но в тоже время этот материал не оказывает должного эффекта на дентин КК. Содержание фосфора во внутренних слоях дентина также приближено к норме (10-12±0,4 вес%). Мы предполагаем, что эти различия носят индивидуальный характер и не могут считаться абсолютной нормой. Но, в тоже время, полученные нами данные ставят под сомнение предположение Gomes-Filho и соавт. (2008), что использование Силапекса стимулирует образование минерализованной ткани и это может привести к биологической герметизации верхушки корня (Gomes-Filho J. E. et al. Reaction of rat connective tissue to a new calcium hydroxide-based sealer. J. E. Gomes-Filho, P. F. E. Bernabé, M. J. Nery, J. Arlindo Otoboni-Filho, E. Dezan-Júnior, M. M. Teixeira de Moraes Costa, M. D. de Faria, S. Watanabe, A. C. Gomes. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2008, Vol.106, № 2, p. 71-76.). Содержание Si в пристеночном дентине составило ~0,054 вес%, а во внутренних слоях дентина ~0,04 вес%.

- Исследуя состав химических элементов дентина КК, запломбированного Триоксидентом, считаем необходимым обратить внимание на содержание циркония (Zr) и фосфора (P) в дентине КК зубов, запломбированных Триоксидентом, помимо тех МЭ, что представлены в таблицах (табл. 8, 9). Zr входит в состав ПМ (~12,66 вес%), стоек к воздействию биологических сред, что, на наш взгляд, является важным фактором при использовании данного эндодонтического ПМ во влажной среде, определяет прочностные свойства материала. Но в дентине корня зуба Zr находится в малых количествах (~0,781 вес%). Его наличие в разных слоях дентина при использовании ПМ колебалось статистически незначительно от ~0,53вес% в пристеночном дентине до ~0,97вес% в средних слоях. Это является подтверждением биоинертности данного элемента. Содержание фосфора в дентине было выше, чем в ПМ, что говорит о возможной минерализации внутриканального дентина. Увеличение количества P в ткани дентина (от ~12,53вес% в пристеночном дентине до ~14,84вес% в средних слоях стенки корня), скорее всего, происходит за счет его проникновения по дентинным канальцам.



Дентин состоит из гидроксиапатита и повышенное содержание таких МЭ, как Ca и P в слоях дентина может свидетельствовать об его уплотнении. Мы обратили внимание на повышение содержания этих химических элементов во внутренних слоях дентина в течение короткого промежутка времени после пломбирования КК. Содержание остальных исследуемых МЭ либо колеблется незначительно, либо уменьшается в средних слоях дентина. Эти показатели могут свидетельствовать о том, что ПМ влияет на химический состав тканей зуба прилежащих к материалу и это способствует нормализации химического состава дентина корня зуба.

С помощью спектрального анализа мы изучали состав и распределение МЭ в ПМ Триоксидент и дентине (рис. 2).

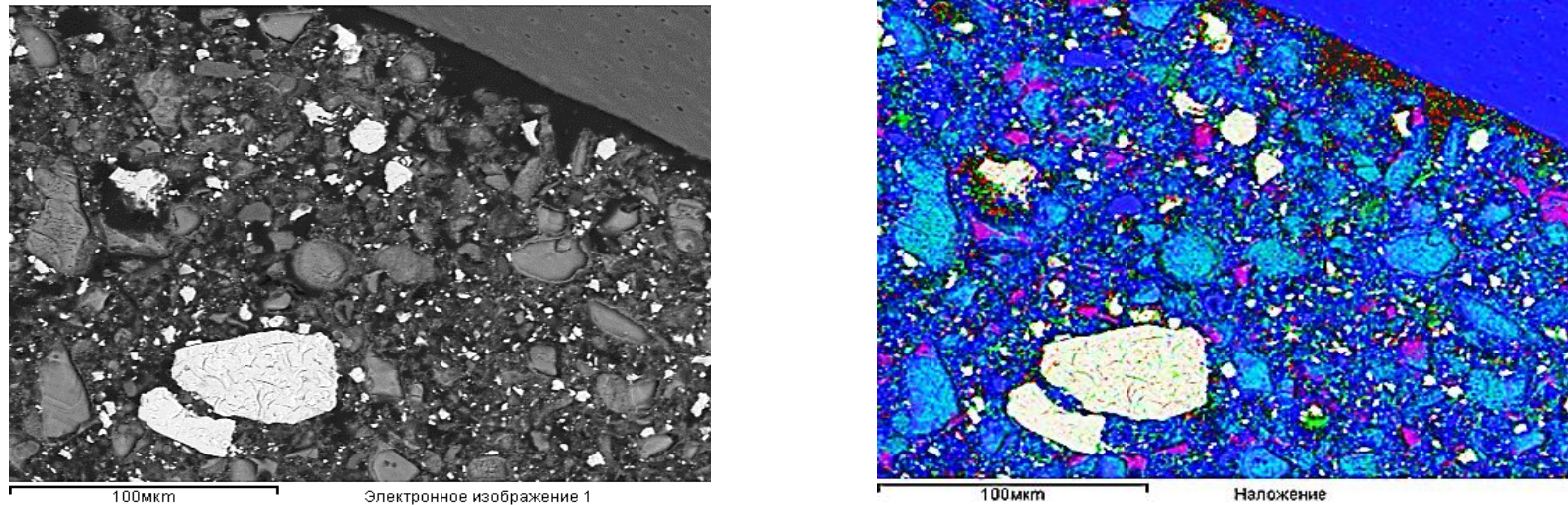


Рис. 2. Распределение элементов в зоне, прилегающей к дентину КК после пломбирования Триоксидентом: углерод – красный, кремний – зеленый, кальций – синий, цирконий – белый СЭМ. ВЕС. Масштаб указан на рисунке.

Спектральный анализ выявил большое содержание Ca, C и Si в местах прилегания ПМ к стенке КК.

Кремний является биологически активным, способствует укреплению зуба и препятствует выходу жидкости из дентинных канальцев. Входящий в состав силикагеля, содержащего щелочь, он способствует минерализации дентина. Молекулы $\text{Si}(\text{OH})_4$ в замкнутом пространстве начинают растворяться, рН становится высокой. Это приводит к выделению и распределению в тканях диоксида кремния, который может служить инициатором образования нуклеатора (инициатор образования зародышей), т.е. образованию ядер кристаллов (Препарат для уменьшения раздражения пульпы и/или укрепления структуры зуба. Патент RU2152778C1 Россия Публикация РСТ: 18.04.1996. Дата публикации 20.07.2000.). Этот минерал также способствует восстановлению кости. Al (~0,69вес%) распределен в не большом количестве в средних и мелких частицах материала равномерно, но в дентине КК он обнаружен в значительно меньших количествах (~0,021 вес%). Такие химические элементы, как Cl, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn были равномерно и примерно в одинаковых количествах распределены как в ПМ, так и дентине корня зуба. Следует обратить внимание на повышенное содержание Ca в прилегающем к Триоксиденту дентине. Практически весь дентин окрашен в синий цвет с незначительными равномерно распределенными вкраплениями углерода и кремния. Несмотря на то, что в ПМ присутствует в довольно большом количестве Zr, мы не обнаружили его в пристеночном дентине.

Выводы. Результаты, проведенных с помощью СЭМ исследований, позволили выявить изменения в вес% соотношении в ткани дентина корня зуба после использования различных эндогерметиков. Содержание химических элементов: О, Са, Р статистически незначительно колебалось в различных слоях дентина корня при использовании Форедента. Наличие Са и Р при использовании Форедента находится в норме. Химические элементы, входящие в состав Силапекса, уменьшают свой вес % состав во внутренних слоях дентина. Содержание О, Са, Р возрастает во внутренних слоях дентина после пломбирования КК Триоксидентом. МЭ состав дентина свидетельствует о биологической активности данного эндогерметика, возможной минерализации внутриканального дентина.