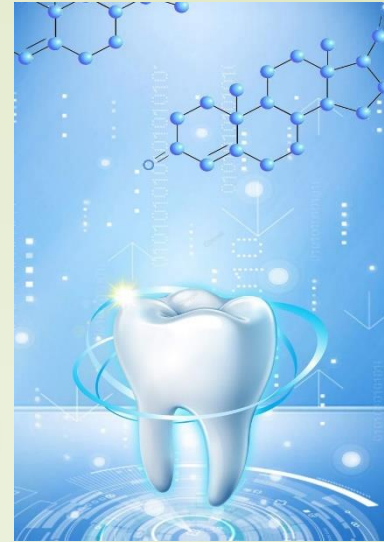


Исследования с помощью СЭМ
результатов хемомеханической
обработки корневых каналов зубов с
деструктивными формами
периодонтита



ГБУ «ГСП № 1 г. Донецка» к.м.н., врач-стоматолог-терапевт высшей категории Глинкина В.В.

ГБУ «ГСП № 1 г. Донецка» врач-стоматолог-терапевт Глинкин В.В.

- По различным данным на сегодняшний день частота обращаемости больных в связи с необходимостью эндодонтического лечения зубов не имеет тенденции к снижению. Даже при качественно запломбированном корневом канале эндодонтические осложнения возникают примерно в 5% случаев. Данные Европейской ассоциации эндодонтистов говорят о 80% успешного лечения, а по данным Американской ассоциации эндодонтистов он составляет 53-80%.
- Р. N. R. Nair (2006) считает, что хронический апикальный периодонтит вызывается этиологическими факторами эндодонтического происхождения включающие в себя плохую асептику, неадекватную механическую и медикаментозную обработку корневого канала, нарушение герметичности временной или постоянной пломб.
- Повышение эффективности эндодонтического лечения имеет медико-социальной значение. Это связано с высокой распространенностью эндо патологии, сложностью и трудоемкостью врачебных манипуляций, большим процентом осложнений при эндодонтических вмешательствах. При этом нельзя забывать, что очаг одонтогенной инфекции является источником микробной сенсибилизации организма.
- На протяжении ряда лет многие ученые работают над оптимизацией медикаментозного воздействия на систему корневых каналов и ткани периодонта. Усовершенствование имеющихся методов лечения, применение новых технологий и материалов позволяет значительно сократить процент осложнений.

- Целью эндодонтического лечения является прежде всего устранение и профилактика инфекции, которая включает в себя правильное формирование и очистку, дезинфекцию корневых каналов, трехмерную obturацию и правильное восстановление коронки, а также исключение возможных осложнений (Srivastava AA, Srivastava H, Prasad AB, Raisingani D, Soni D. Effect of Calcium Hydroxide, Chlorhexidine Digluconate and Camphorated Monochlorophenol on the Sealing Ability of Biodentine Apical Plug. *J Clin Diagn Res.* 2016; 10:43-46.; Mirhadi H, Moazzami F, Rangani Jahromi S, Safarzade S. The Effects of Alkaline pH on Microleakage of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Enriched Mixture Apical Plugs. *J Dent (Shiraz).* 2016; 17: 16-20.).
- Для достижения этой цели проводится механическая и медикаментозная обработка корневых каналов, которая осуществляется с помощью ирригационных растворов оказывающих механическое, химическое и биологическое действие (Журбенко В.А., Саакян Э.С., Тишков Д.С. Современные аспекты лечения профилактики периодонтита. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;8(4):819-819.; Rossi-Fedele, G.; Doğramacı, E.J.; Guastalli, A.R.; Steier, L.; de Figueiredo, J.A.P. Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid. *J. Endod.* 2012, 38, 426–431.).

- В результате проведенных исследований было доказано, что у пациентов, получивших полную хемомеханическую обработку корневых каналов, отмечено 100 % облегчение боли (Stenberg M. Emergency treatment in teeth with symptomatic apical periodontitis a randomized clinical study. Running title: Emergency treatment in teeth with symptomatic apical periodontitis. Examensarbete (30hp) Malmö högskola Tandläkarprogrammet Odontologiska fakulteten. 2013.-22p.).
- Эндодонтическое лечение сегодня является высокотехнологичной процедурой решающей медицинские задачи, включающие в себя разработку алгоритма профилактики осложнений на этапах лечения (Efficacy of an arrow-shaped ultrasonic tip for the removal of residual root canal filling materials [Text] / E. J. N. L. Silva [et al.] // Aust Endod J. – 2021. doi: 10.1111/aej.12505.; Efficacy of reciprocating and rotary retreatment nickel-titanium file systems for removing filling materials with a complementary cleaning method in oval canals [Text] / S. Dhaimy [et al.] // Restor Dent Endod. – 2021. – Vol. 46, N 1. – e13.).
- Одной из задач эндодонтического лечения является качественная обработка корневых каналов. Оценивать успех проведенной хемомеханической обработки в век современных технологий можно с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

До сих пор в зубах не обнаружено идеально ровных и круглых корневых каналов (Лукиных Л. М., Егорова Л. И. Апикальный периодонтит. Н. Новгород, 2010:119.) (рис. 1 а, б).

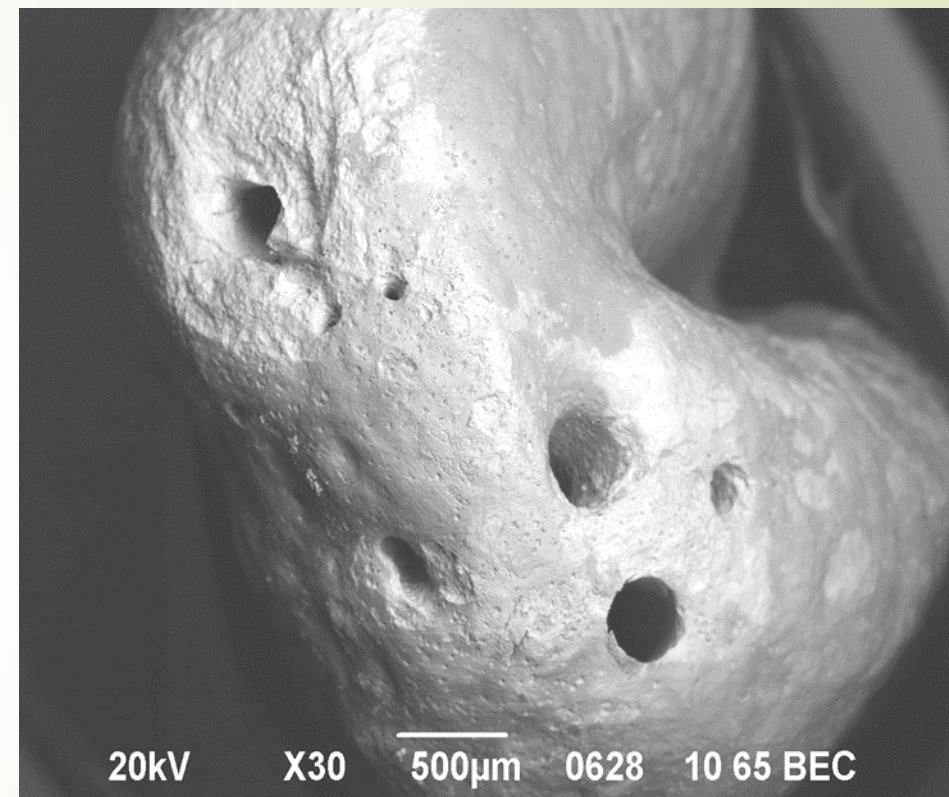
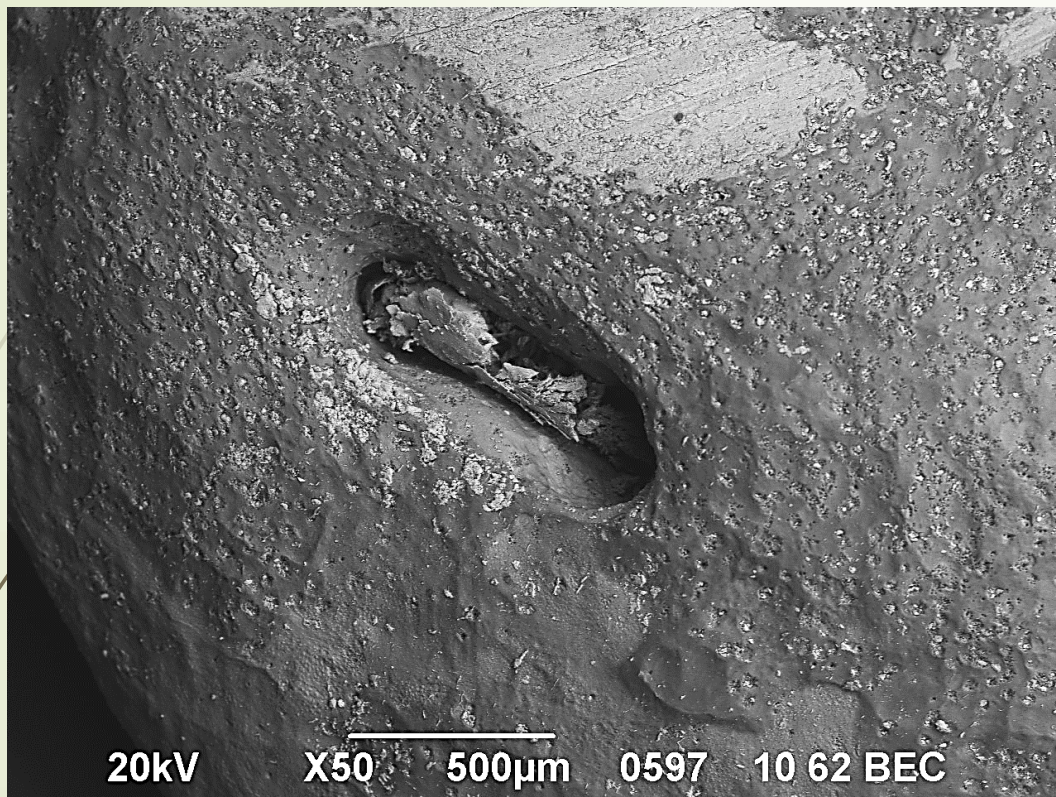


Рис. 1 Апикальное отверстие овальной формы 35 зуба заполненное дентинными опилками после механической обработки корневого канала (а). Система апикальных отверстий 35 зуба, свидетельствующая о большом количестве ответвлений в корневом канале (б).

Систему корневого канала следует рассматривать, как полость с большим количеством ответвлений. Следовательно, добиться равномерной инструментальной обработки невозможно. Это означает, что значительная часть стенок корневого канала остается незатронутой при инструментальной обработке (Boutsioukis, C.; Psimma, Z.; van der Sluis, L.W.M. Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: A systematic review. *Int. Endod. J.* 2013; 46: 599–618.). И кроме того сама эндодонтическая обработка способствует формированию в корневом канале органического и неорганического мусора (Kuçi, A.; Alaçam, T.; Yava, s, Ö.; Ergul-Ulger, Z.; Kayaoglu, G. Sealer Penetration into Dentinal Tubules in the Presence or Absence of Smear Layer: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. *J. Endod.* 2014; 40: 1627–1631.) (рис. 2 а, б).

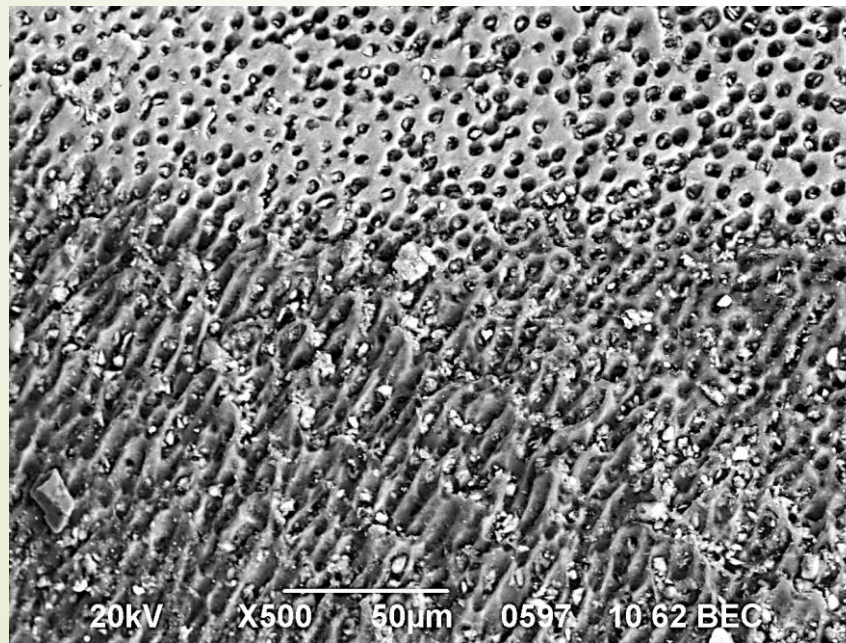


Рис. 2. Неравномерно обработанная стенка корневого канала с участками смазанного слоя дентина (а). Дентинные опилки и обрывки биопленки на стенке корневого канала (б).

Было доказано, что недостаточно проводить только механическую обработку канала (Razmi, H.; Bolhari, B.; Dashti, N.K.; Fazlyab, M. The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. *Iran. Endod. J.* 2016; 11:129–133.). Механическим воздействием врач формирует канал не обеспечивая его стерильности в то время как антисептические растворы его очищают (Кифнер П. Ультразвук в эндодонтии. Фармгеоком информ. 2014; 7:22–26.). При этом в результате инструментальной обработки может происходить закупорка дентинных канальцев остатками дентина (рис. 3).

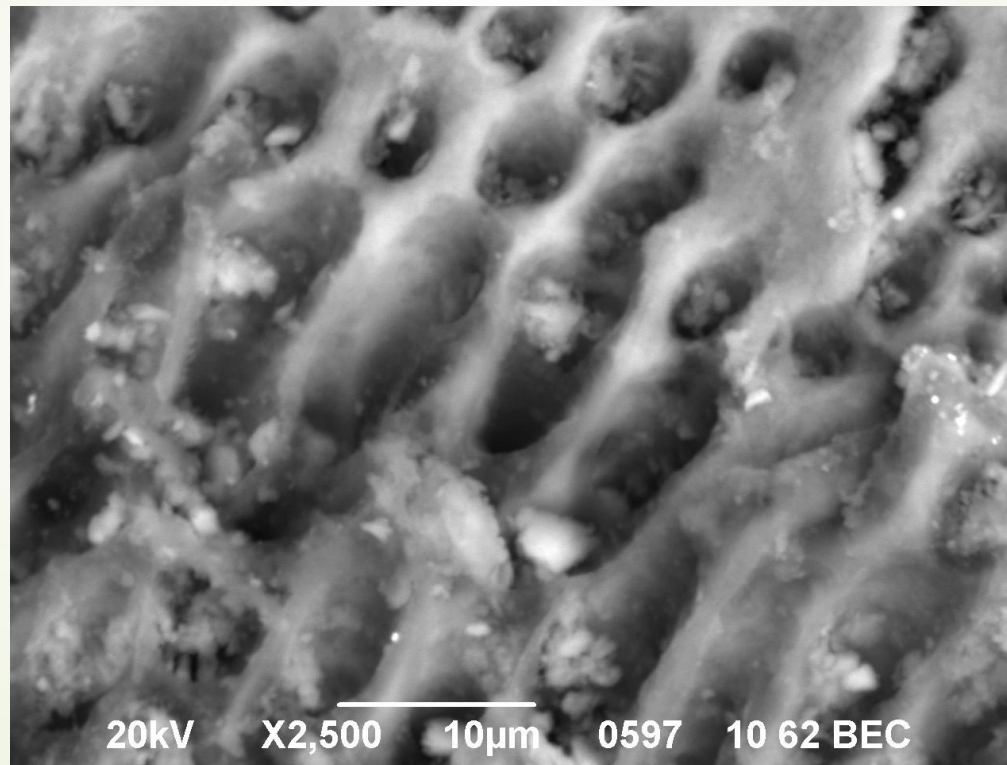


Рис. 3 Закупорка дентинных канальцев остатками дентина.

- В случае если не будет проведена адекватная хемомеханическая обработка корневого канала нарушается адгезия пломбировочного материала к стенке канала (Delai D., et al. Influence of infected root dentin on the bond strength of a self-adhesive resin cement. Contemp Clin Dent 2018;9:26-30.; Silva E, Pereira C, Limeira F, Affonso P, Moreira A, Magalhães C. Bond strength according to the moment of fier post cutting fied with selfadhesive cement to the root dentin. J Clin Exp Dent. 2021;13(1):e56-60.). Кроме того биопленку невозможно разрушить только механическим путем (рис. 4 а, б).

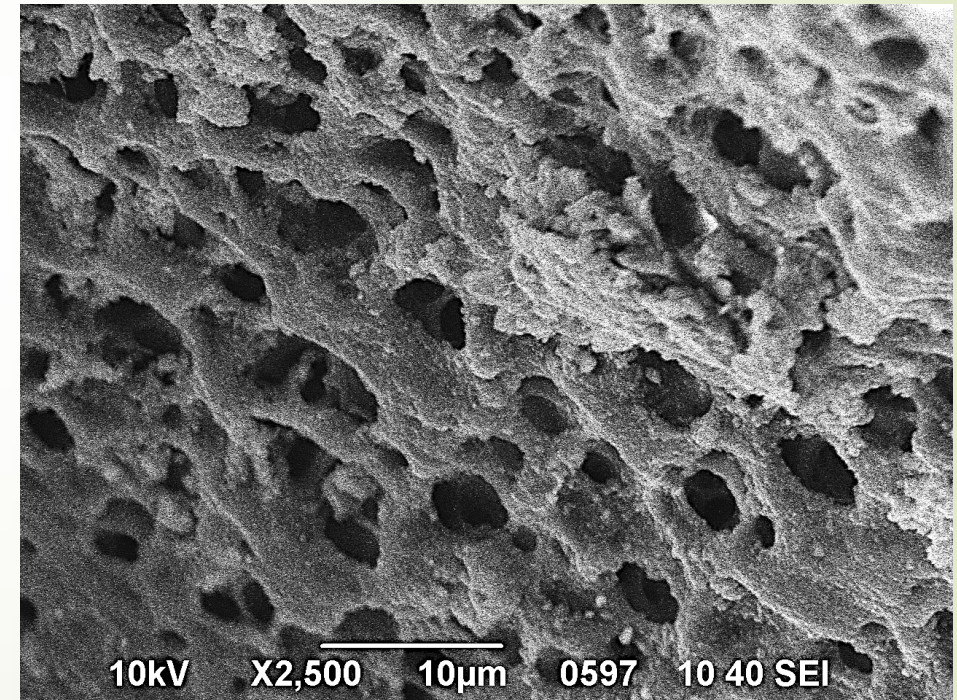
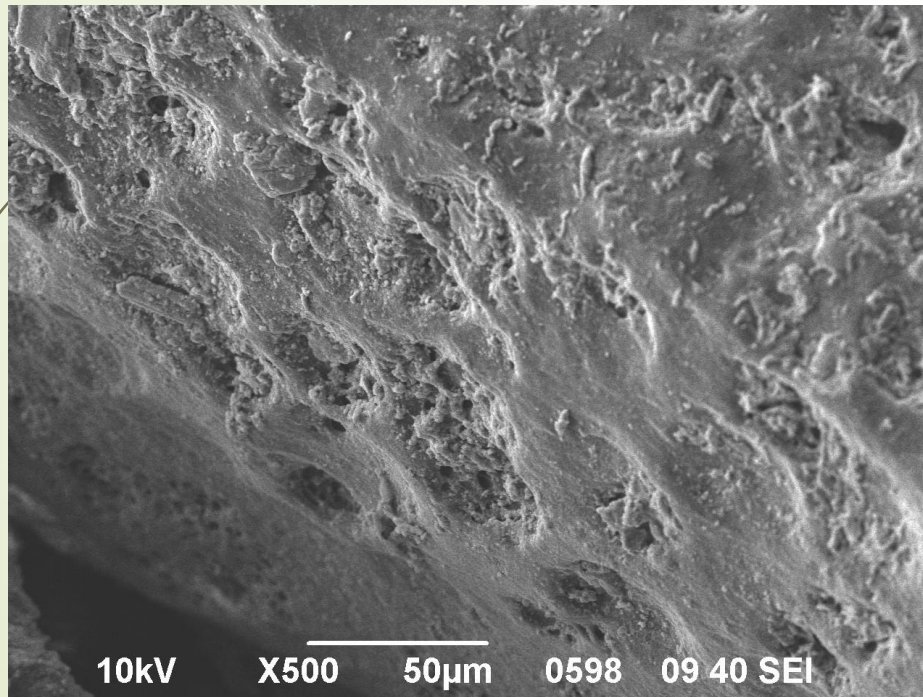


Рис. 4 Неповрежденные участки биопленки на поверхности корневого канала.

- ▶ Даже при медикаментозной обработке невозможно полностью избавиться от биопленки. Но она, как и дентинные каналы и дентинные опилки, может быть покрыта защитной пленкой из химических веществ, используемых при обработке корневого канала (рис. 5 а, б). В некоторых местах (изгиб, ответвление, сужение корневого канала) происходит скопление неорганического материала, по своей структуре напоминающего выпавшие в осадок соли в результате химической реакции (Морфологические изменения в корневых каналах зубов после их хемомеханической обработки (исследования СЭМ). Глинкин В.В. Stomatologiya, 2023; 2-3(91-92):10-14.).

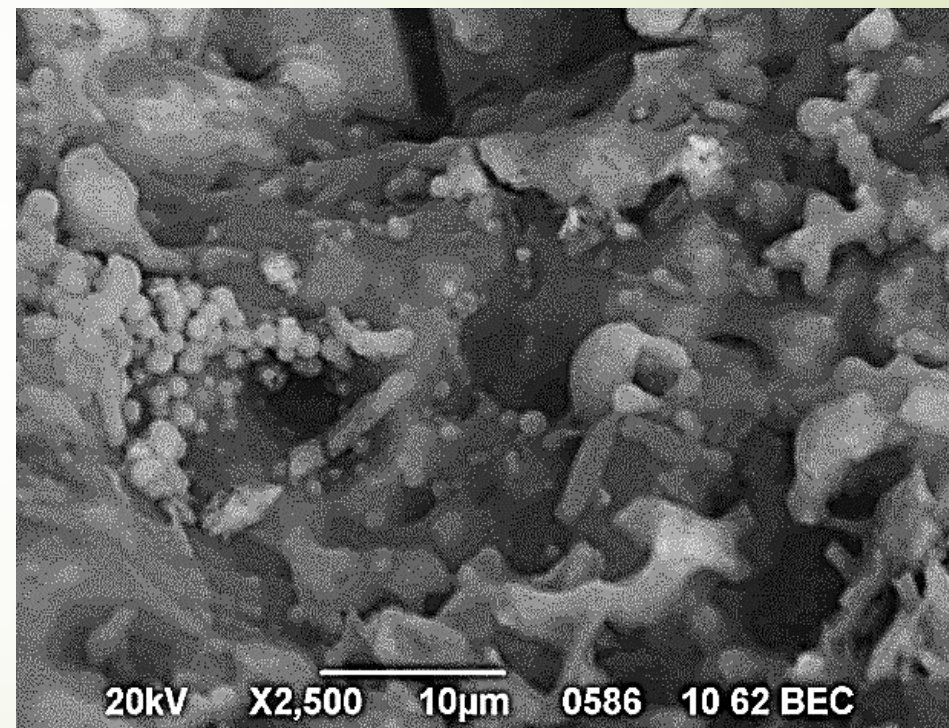
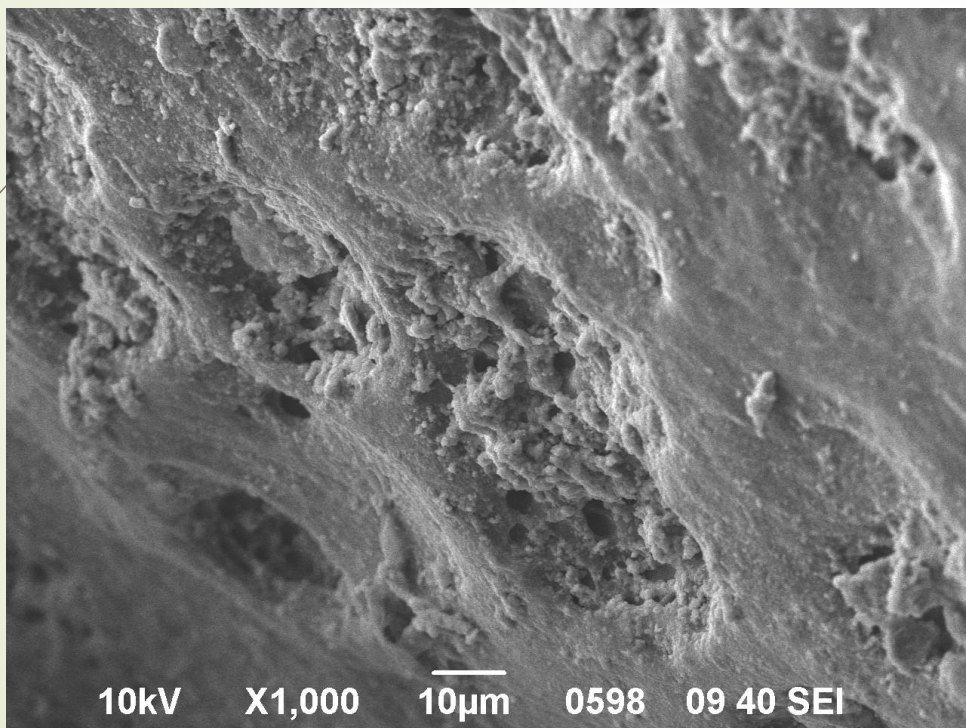

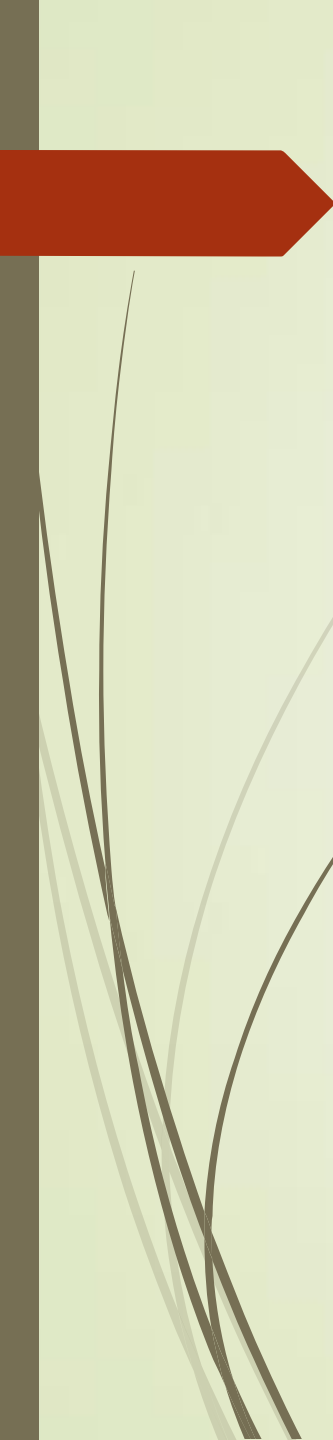



Рис. 5 Вид участков корневых каналов после окончания хемомеханической обработки.

- 
- ▶ Важные факторы дезинфицирующих растворов: контроль роста микрофлоры и полный ее гидролиз (уничтожение) (Siqueira Jr JF, Paiva SS, R Oc;as IN. Reduction in the cultivable bacterial populations in infected root canals by a chlorhexidine-based antimicrobial protocol. *Journal of Endodontics* 2007;33:541-7.). Учёными было установлено, что различные представители микрофлоры чувствительны к различным ирригационным средствам. Микрофлора находится в биопленке под защитой слоя экстрацеллюлярного матрикса. Для этого биопленку необходимо повредить, отделить от поверхности, уничтожить все бактерии и предотвратить их рост. Учитывая сложное строение канала и вероятность присутствия биопленки в трудно доступных местах одним ирригационным раствором невозможно добиться успеха. Оптимальное орошение основано на комбинированном использовании в определенной последовательности нескольких ирригационных растворов для предсказуемого получения безопасного и эффективного орошения (Naapasalo M., Shen Y., Qian W., Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin N Am* 2010; 54:291-312.).
 - ▶ Единственным способом разрушить структуру биопленки является медикаментозное воздействие гипохлоритом натрия (NaOCl) высокой концентрации. Низкие концентрации NaOCl являются неэффективными при обработке корневых каналов, а высокие вызывают изменения в тканях периодонта.

- Уже доказано, что только 6 % гипохлорит натрия разрушает биопленку и отделяет от стенок канала. При применении 3 % NaOCl сохраняется незначительное наличие биопленки и последующий рост культуры достигает 20 %. (Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics* 2006;32:434-7.). При использовании 5,25 % концентрации раствора NaOCl происходит гибель патогенного *Enterococcus faecalis* через 30 секунд и полный гемолиз эритроцитов крови (Serper A, Ozbek M, Calt S. Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 2004;30:180–181.).
- Важным аспектом является проведение максимально глубокой ирригации (de Gregorio C., Estevez R., Cisneros R., Paranjpe A., Cobenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study/ *JOE* – Vol. 36, № 7, 2010. – P. 1216-21.). Поверхностное натяжение NaOCl 48,90 мДж/м² не позволяет проникнуть раствору в канал размером менее 0,25 мм (Giardino Luciano, Morra Marco, Vecce Carlo, Pappen Fernanda G., Mohammadi Zahed [et al.] Анализ смачиваемости различных эндодонтических ирригантов на основе гипохлорита натрия. *Стоматолог-практик*. 2014; 3: 26-28.), а минимальный размер ирригационной иглы 0,3 мм.



► Поскольку мы не можем увеличить давление, то для усиления активации свойств раствора мы можем увеличить температуру и использовать метод звуковой активации. Стабильность подогретого раствора NaOCl до 37 °C сохраняется около 4 часов, а подогретого до 40-60 °C до полутора часов. Увеличение температуры ирриганта приводит к усилению его бактерицидных свойств (Sonntag D, Raab WH, Martin E, Keppel R Intracanal use of heated rinsing solutions: a pilot study. *Quintessence Int.* 2017;48(4): 281–285), что позволяет сократить время воздействия раствора на дентин (Woodmansey K.F. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution. An improbe endodontic irrigation technique *Dent Today*, 2005; 24: 114-116), т.к. длительное применение NaOCl может оказывать вредное воздействие на эластичность дентина и его прочностные характеристики (Marending M, Luder HU, Brunner TJ, et al. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J.* 2007;40:786–93.). На основе проведенных исследований установлено, что уже при температуре 25 °C в растворе 5 % концентрации NaOCl увеличивается проводимость mS, вязкость, pH и уменьшается поверхностное натяжение (Guerisoli, D.M.Z.; Silva, R.S.; Pécora, J.D. Evaluation of some physico-chemical properties of different concentrations of sodium hypochlorite solutions. *Braz. Endod. J.* 1998;3(2): 21-3.).



Лимонная кислота 40 % используется для удаления минерального компонента смазанного слоя дентина корневого канала. Проведенными исследованиями было доказано, что только при длительном применении (несколько суток) лимонная кислота растворяет перитубулярный дентин. На сегодняшний день ни один из используемых в эндодонтии растворов не растворяет органические остатки, одновременно устраняя смазанный слой. Поэтому до сих пор в мире никто не может гарантировать стерильность корневых каналов ([Baker, B.W. Systematic review of the published literature on success and failure rates of nonsurgical endodontic treatment. Marquette University, 2012:32.](#)). После хемомеханической обработки канала достигается значительное уменьшение микрофлоры, но полная ее ликвидации невозможна из-за анатомических особенностей корневого канала ([Lima, A.R.; Herrera, D.R.; Francisco, P.A.; Pereira, A.C.; Lemos, J.; Abranches, J.; Gomes, B.P. Detection of Streptococcus mutans in symptomatic and asymptomatic infected root canals. Clin. Oral Investig. 2021, 25, 3535–3542.](#)).

Для медикаментозной обработки канала также используют хлоргексидин и 3 % перекись водорода. При этом во многих странах перекись водорода добавляют в комбинированные продукты для обработки корневых каналов. Сочетанное использование хлоргексидина и перекиси водорода увеличивает антибактериальную активность смеси.

Во всех изученных нами корневых каналах мы наблюдали, что анатомические неровности не могут быть идеально обработаны инструментальным методом и, учитывая гетерогенность поверхности дентина, не могут быть в полной мере обработаны медикаментозно. А в следствие этого в канале находится неравномерно обработанный дентин, который также неравномерно подвергается химической обработке медикаментозными средствами (Рис. 6) (Глинкин В.В., Клемин В.А., Глинкина В.В. Особенности обработки корневых каналов при лечении хронических форм апикального периодонтита в стадии обострения. Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования: монография/ Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева—Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2019: 125-138.).

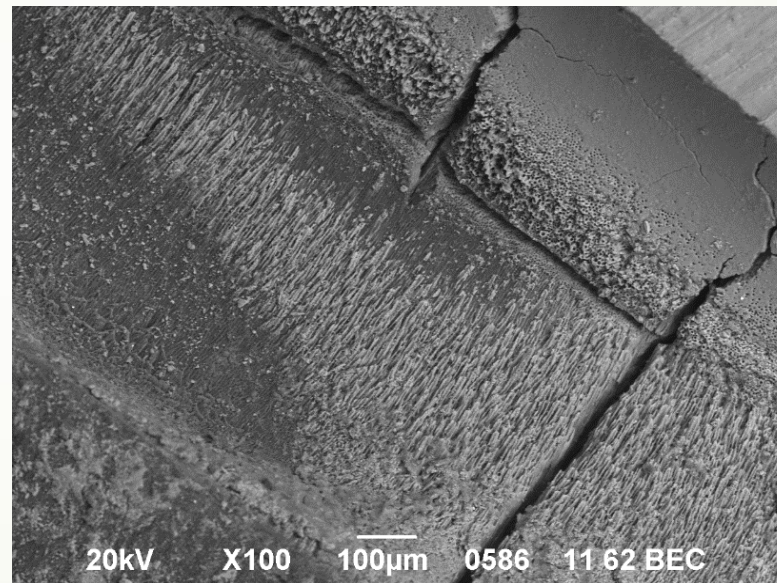

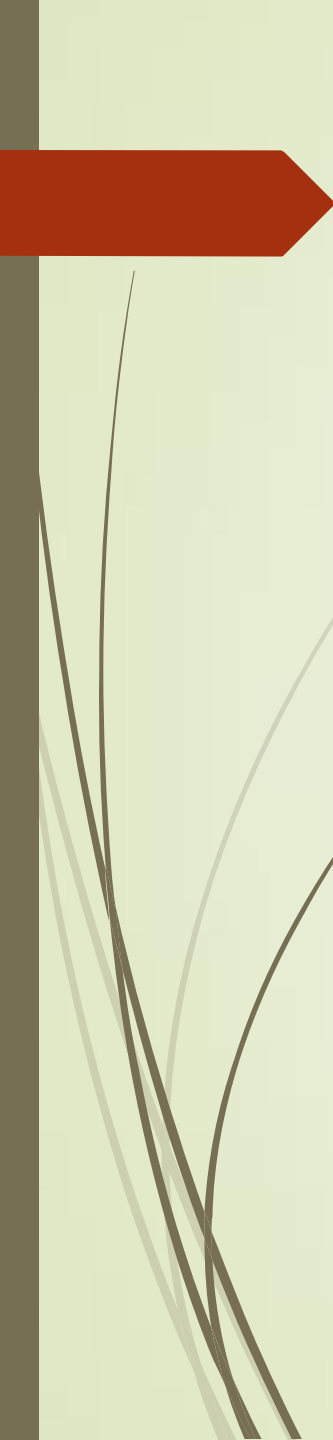


Рис. 6 Неравномерно обработанный дентин стенки корневого канала.

Поэтому перед исследователями и клиницистами сегодня стоит задача разработать стратегию, благодаря которой можно сократить инфекционную бионагрузку для обеспечения предсказуемого перирадикулярного заживления.

- 
- **Цель исследования:** выработать хемомеханическую тактику ведения пациента с хроническим апикальным периодонтитом, позволяющей достичь успешного результата.
 - **Задачи исследования:**
 - Выявить и проанализировать с помощью СЭМ информативные признаки изменения в корневом канале зуба после проведенной хемомеханической обработки.
 - При помощи метода СЭМ определить эффективность качества обработки корневых каналов зубов.
 - На основании морфо-рентгенологических исследований обосновать тактику обработки корневого канала при эндодонтическом лечении зубов с деструктивными формами периодонтита.

- 
- * Для исследования морфологии, микроструктуры и проведения элементного анализа стоматологических образцов (удаленные зубы) применяли методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и микрорентгеноспектральный анализ (МРСА) в отделе физики и диагностики перспективных материалов Государственного учреждения «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина». Зубы были удалены при наличии показаний с информационного согласия пациентов.
 - * Достоверность и объективность методов исследования обеспечена оборудованием: сканирующий электронный микроскоп JSM-6490LV (JEOL, Япония) и энергодисперсионный спектрометр INCA Penta FETx3 (Oxford, Англия), с соответствующим программным обеспечением и сертифицированными стандартными образцами.
 - * МРСА проводили на увеличениях $\times 1000 - 5000$ при помощи энергодисперсионного спектрометра. Стандарты, применяемые для количественного анализа, сертифицированы и поставлены фирмой JEOL.
 - * В результате воздействия на образец электронного пучка формируются некоторые продукты взаимодействия. Регистрация их во вторичных электронах (SEI), обратно рассеянных электронах (BEI) и характеристическое рентгеновское излучение позволяла получать необходимую информацию об исследуемом образце.
 - * По окончании исследования образцов проводили анализ полученных фотографий и результатов анализа при помощи программы Excel.

- Для достижения поставленной цели была разработана и внедрена в практику методика хемомеханической обработки корневых каналов зубов с деструктивными формами периодонтита, которая подходит для проведения любого эндодонтического лечения (Глинкин В.В. Методика лечения зубов с хроническими апикальными периодонтитами в стадии обострения с деструктивными изменениями тканей корня. Свидетельство про регистрацию авторского права № 99975 от 25.09.2020.).
- Методика заключается в следующем:
- Наложение коффердама с целью создания асептических условий.
- Создание эндодонтического доступа и проведение эвакуации содержимого корневых каналов.
- С целью предотвращения распространения инфекции рекомендуется производить обработку канала сначала в верхней трети по методике «crown down», используя конусные инструменты.
- Корневой канал рекомендуется обрабатывать файлом 20.07 в коронковой и средней части и финишным файлом 25.04 на всю рабочую длину. При наличии резорбции при размере апикального отверстия более 40 файла, обработка файлами более 25.04 не проводится.

- Для медикаментозной обработки необходимо использовать ирригационную иглу с боковым отверстием введенную на всю рабочую длину. Поскольку отверстие иглы находится на расстоянии 1 мм от ее конца, то ирригационный раствор поступает в канал на 1 мм от конца рабочей длины без апикального давления. Гидростатическое давление со стороны периодонта не позволяет попасть ирригационному раствору за пределы корневого канала при медленном введении раствора.
- С целью усиления бактерицидных свойств рекомендовано использовать подогретый до 35-40°C 5,25 % NaOCl, который необходимо чередовать с 3 % перекиси водорода с эндоактивацией. Канюля эндоактиватора вводится на всю рабочую длину, что позволяет добиться полноценного контакта NaOCl со стенками канала.
- Обработка производится до прекращения пенообразования после применения NaOCl, что свидетельствует об очистке канала от органических остатков и прекращении химической реакции.
- Затем в корневой канал рекомендуется ввести 40 % лимонную кислоту на 1 минуту с активацией для устранения смазанного слоя, раскрытия дентинных канальцев с последующим внесением NaOCl и очистки канала от ирригантов перекисью водорода. В среднем на один канал приходилось 5-7мл NaOCl, 2мл лимонной кислоты и 5мл перекиси водорода.
- Для промывания канала необходимо использовать стерильную дистиллированную воду.
- Канал высушивают аспирационной насадкой и бумажными пинами с последующим внесением лекарственного препарата или эндогерметика.

- Проведенные с помощью СЭМ исследования показали, что в прошедшем тщательную хемомеханическую обработку корневом канале наблюдаются как участки хорошо обработанного, так и смазанного дентина и покрытые биопленкой (рис. 7 а). Но после медикаментозной обработки канала поверхность биопленки в результате химических реакций покрывается выпавшими в осадок, вероятно, солями (рис. 7 б).

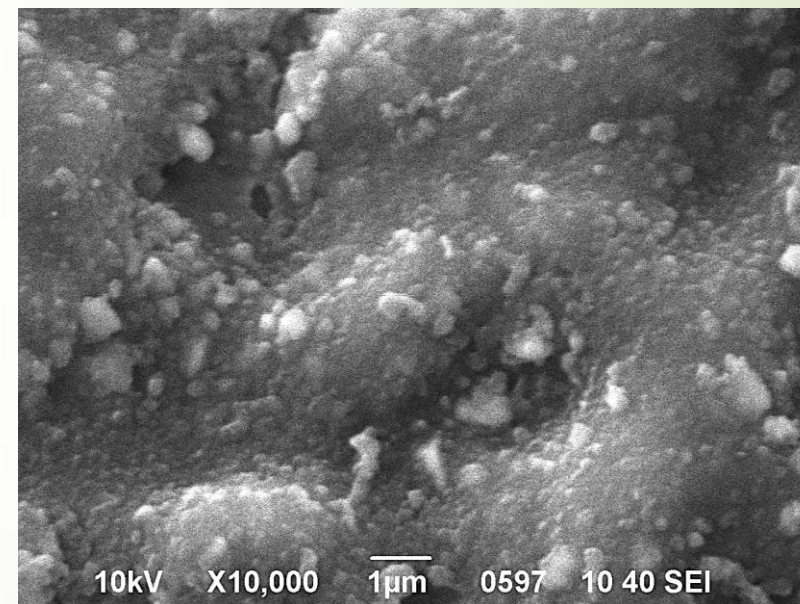
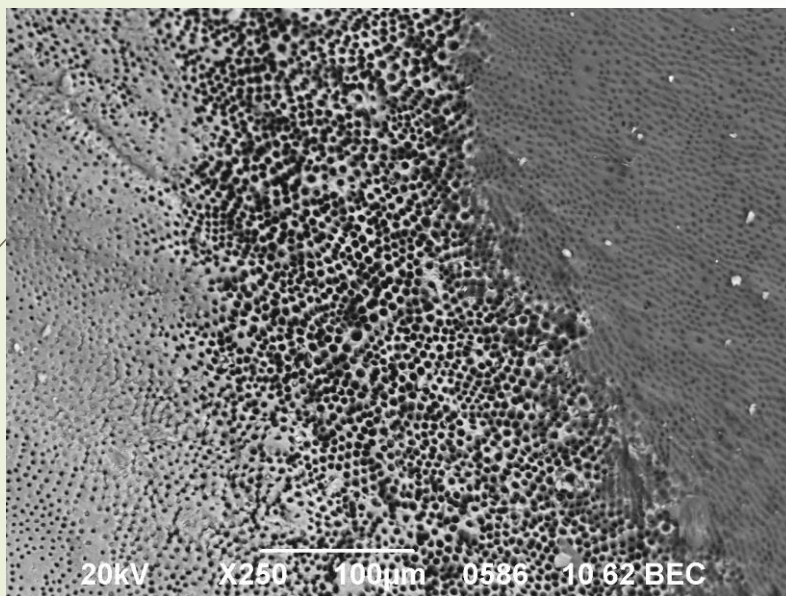


Рис. 7 Участок стенки корневого канала после хемомеханической обработки (а). Вещества неорганического происхождения покрывающие стенку канала после медикаментозной обработки (б).

Ирригационный раствор неравномерно проникает в ткань дентина на довольно большую глубину и, возможно в ходе химической реакции, происходит воздействие на структуру дентина, что визуально отмечено нами в виде прокрашенных в темный цвет участков дентина за пределами корневого канала в толще корня. В этих местах выявлено повышенное содержание хлора (Рис. 8 а). Даже после тщательной очистке канала с помощью СЭМ обнаружено в просвете дентинных канальцев дентинные опилки, обрывки биопленки, молекулы химических веществ (Рис. 8 б).

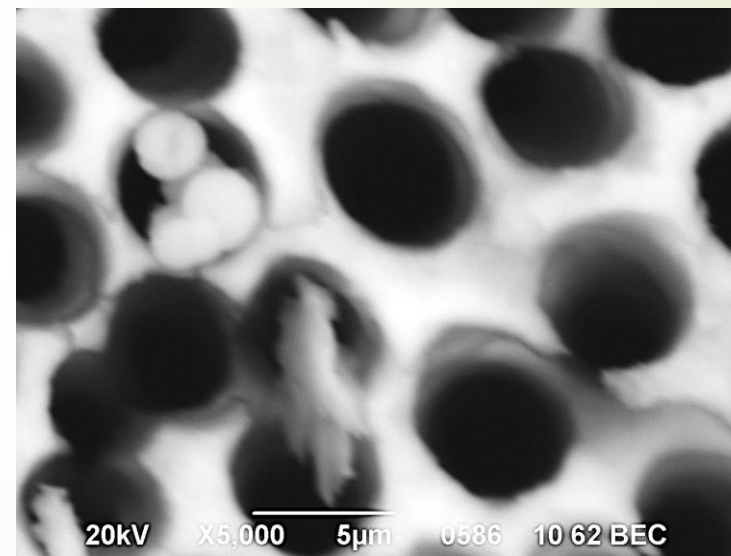
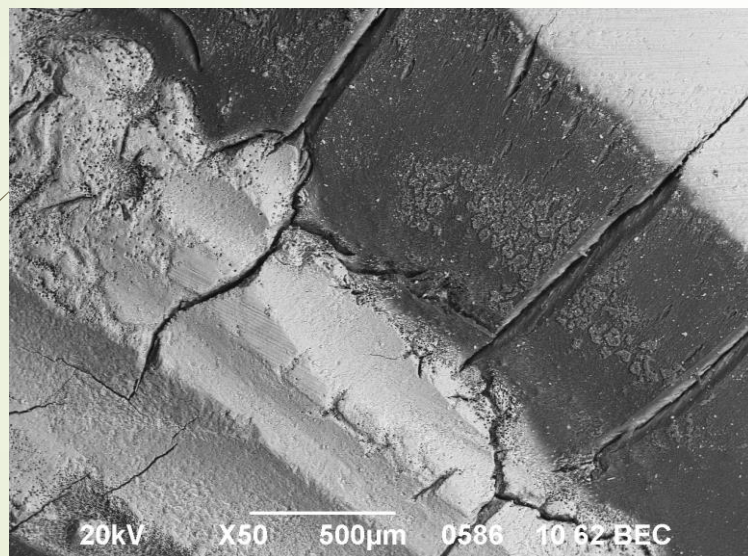


Рис. 8 Неравномерное проникновение химического вещества в дентин корня за пределы корневого канала (а). Широко раскрытые дентинные канальцы после хемомеханической обработки в остатками дентинных опилок и молекулами химического вещества (б).

Проведенные исследования показали, что даже при тщательном соблюдении эндодонтического протокола в узких участках канала скапливаются дентинные опилки и оседают соли химических веществ (рис. 9 а). На то, что это не микрофлора и не клетки крови указывает диаметр частиц. Например, кокки имеют диаметр от 0,5 до 3-4 мкм. Диаметр молекул хлора равен 0,37 нм, он меньше, чем микрофлоры. Это позволяет нам предположить их принадлежность к солям (Рис. 9 б). В результате химических реакций при взаимодействии соли с кислотами и основаниями получаются побочные продукты, которые выпадают в осадок. Вероятно, это мы и наблюдаем.

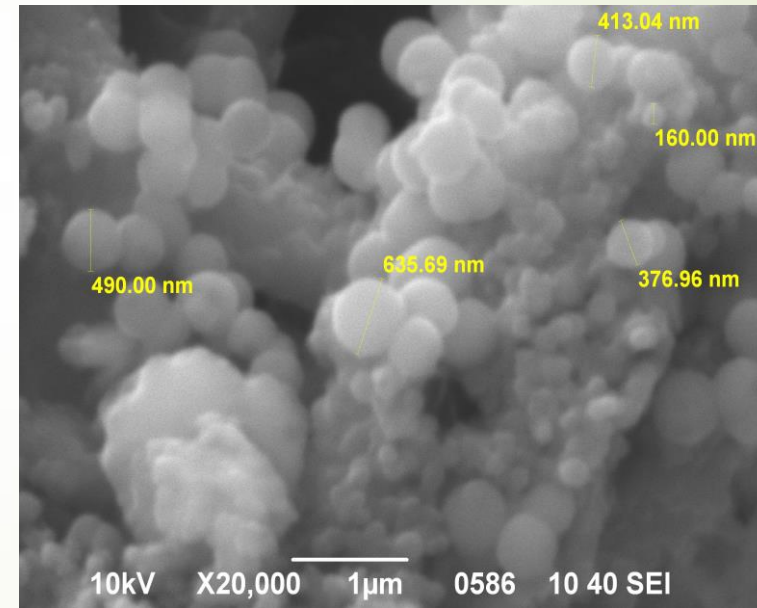
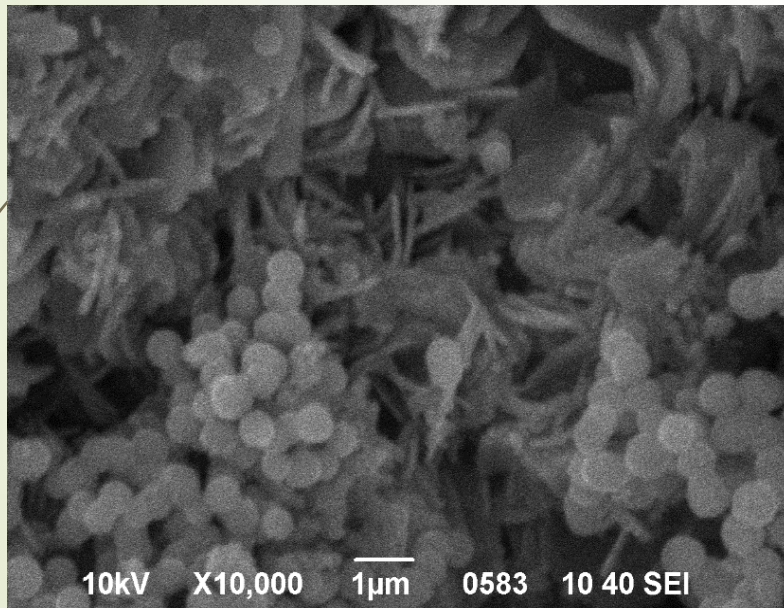


Рис. 9 Область апикального отверстия заполненная дентинными опилками и химическим веществом (а). Молекулы химических веществ выпавших в осадок на стенке канала (б).

➤ Выводы:

- Учитывая сложную анатомию корневых каналов можно заключить, что имеющимися средствами в настоящее время идеальная обработка корневого канала невозможна.
- Следы жидкостей, используемых для обработки корневых каналов частично остаются на дентинных канальцах корневого канала, что подтверждается исследованием с помощью СЭМ.
- Химические вещества проникают за пределы корневого канала и воздействуют на ткань дентина.
- На основании проведенных нами исследований была предложена методика хемомеханической обработки корневых каналов зубов с деструктивными формами периодонтита, в которой присутствует стратегия комбинированной терапии, направленная на устранение этиологических факторов, вызывающих патологический процесс в зубе и окружающих его тканях.
- Необходимо дальнейшее изучение данного вопроса с целью снизить риск отрицательного воздействия химических веществ на ткани зуба и периодонта.

