



УДК 616.314.163-08

DOI 10.52575/2687-0940-2026-49-1-98-104

EDN XDNQPV

Оригинальная статья

## Микробиологический анализ микробного сообщества системы корневых каналов при хроническом апикальном периодонтите

Фролова К.Е. , Ефремова А.В. 

Пензенский государственный университет,

Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

E-mail: [kristina.frolova.1983@mail.ru](mailto:kristina.frolova.1983@mail.ru)

**Аннотация:** Хронический апикальный периодонтит – воспалительное заболевание тканей, окружающих верхушку корня зуба, характеризующееся деструкцией костной ткани и часто протекающее бессимптомно. В течение длительного времени клинический диагноз ставился на основе рентгенологических и клинических исследований. Однако многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов доказано, что ключевым звеном в развитии и течении данного заболевания является микробный фактор. Микробиологический метод диагностики, позволяющий провести идентификацию бактериальных факторов патологического процесса в периапикальных тканях, открывает путь к целенаправленному и эффективному лечению. В данной статье проведен микробиологический анализ системы корневых каналов при хроническом апикальном периодонтите. Общие результаты показали, что микробиом системы корневых каналов представляет собой сложную и высокоорганизованную экосистему. Ключевой характеристикой данной экосистемы является высокое таксономическое разнообразие, где инфекционный процесс поддерживается не единичным патогеном, а сложными анаэробными полиассоциациями микроорганизмов. Этот факт имеет фундаментальное значение для понимания патогенеза заболевания и разработки проводимых терапевтических стратегий с целью повышения прогностической успешности эндодонтического лечения и снижения риска рецидивов патологий тканей периодонта.

**Ключевые слова:** хронический апикальный периодонтит, система корневых каналов, микробиологический метод

**Финансирование:** работа выполнена без внешних источников финансирования.

**Для цитирования:** Фролова К.Е., Ефремова А.В. 2026. Микробиологический анализ микробного сообщества системы корневых каналов при хроническом апикальном периодонтите. *Актуальные проблемы медицины*, 49(1): 98–104. DOI: 10.52575/2687-0940-2026-49-1-98-104. EDN: XDNQPV

---

---

## Microbiological Analysis of the Microbial Community of the Root Canal System in Chronic Apical Periodontitis

Kristina E. Frolova , Anastasia V. Efremova 

Penza State University,

40 Krasnaya St., Penza 440026, Russia

E-mail: [kristina.frolova.1983@mail.ru](mailto:kristina.frolova.1983@mail.ru)

**Abstract:** Chronic apical periodontitis is an inflammatory disease of the tissues surrounding the tip of the tooth root, characterized by destruction of bone tissue and often asymptomatic. For a long time, the

clinical diagnosis was made on the basis of X-ray and clinical studies. However, numerous studies by domestic and foreign authors have proved that the key link in the development and course of this disease is the microbial factor. The microbiological diagnostic method, which allows the identification of bacterial factors of the pathological process in the periapical tissues, opens the way to targeted and effective treatment. This article presents a microbiological analysis of the root canal system in chronic apical periodontitis. The overall results showed that the microbiome of the root canal system is a complex and highly organized ecosystem. A key characteristic of this ecosystem is its high taxonomic diversity, where the infectious process is supported not by a single pathogen, but by complex anaerobic polyassociations of microorganisms. This fact is of fundamental importance for understanding the pathogenesis of the disease and developing ongoing therapeutic strategies to increase the prognostic success of endodontic treatment and reduce the risk of recurrence of periodontal tissue pathologies.

**Keywords:** chronic apical periodontitis, the root canal system, microbiological method

**Funding:** The work was carried out without external sources of funding.

**For citation:** Frolova K.E., Efremova A.V. 2026. Microbiological Analysis of the Microbial Community of the Root Canal System in Chronic Apical Periodontitis. *Challenges in Modern Medicine*, 49(1): 98–104 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0940-2026-49-1-98-104. EDN: XDHQPV

## Введение

**Актуальность.** Хронический апикальный периодонтит (ХАП) – воспалительное заболевание тканей, окружающих верхушку корня зуба, характеризующееся деструкцией костной ткани и часто протекающее бессимптомно. В течение длительного времени клинический диагноз ставился на основе рентгенологических и клинических исследований. Однако многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов доказано, что ключевым звеном в развитии и течении данного заболевания является микробный фактор. Следовательно, микробиологический метод диагностики, позволяющий провести идентификацию бактериальных факторов патологического процесса в периапикальных тканях, открывает путь к целенаправленному и эффективному лечению [Pinto et al., 2023; Ye et al., 2023; Milojevic et al., 2024].

Основной причиной ХАП является инфекционный процесс в системе корневых каналов. После проникновения микроорганизмов в пульпу зуба (интрадентальный путь) развивается воспалительный процесс, при этом система корневых каналов становится резервуаром для сложного микробного сообщества, где в основном преобладают анаэробные бактерии. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности (токсины, ферменты) способны проникать через апикальное отверстие (экстрадентальный путь), вызывая воспаление в периодонте и активизируя остеокласты, приводят к резорбции костной ткани, что и визуализируется на рентгенограмме как «периапикальное просветление» [Siqueira, Rôças, 2022; Shah et al., 2025].

Важно сказать, что применение микробиологического метода диагностики ХАП необходимо при:

- 1) неэффективности проводимого эндодонтического лечения (наличие персистирующего или вновь возникшего очага воспаления после ранее проведенного лечения системы корневых каналов);
- 2) подозрении на специфическую инфекцию;
- 3) тяжелых системных заболеваниях у пациента, когда необходимо точно определить возбудителя для предотвращения развития различных осложнений.

Методика проведения микробиологического исследования включает изоляцию рабочего поля, устранение контаминации устьев корневых каналов, забор материала и транспортировку.



Следует отметить, что современные лабораторные методы идентификации представлены:

1) Культуральный метод. Полученный материал высевается на специальные среды и помещается в анаэробные условия. Через несколько дней оценивается рост колоний, проводится их подсчет, идентификация и определение чувствительности к антибиотикам (антибиотикограмма).

2) Молекулярно-генетические методы (ПЦР, ПЦР в реальном времени, секвенирование нового поколения) [Ahlat et al., 2023; Hilmi et al., 2023; Khabadze et al., 2025].

**Цель исследования** – провести микробиологический анализ микробного сообщества системы корневых каналов у пациентов с ХАП.

### Объекты и методы исследования

Клинико-лабораторное исследование проведено у 25 пациентов с верифицированным диагнозом K04.5 хронический апикальный периодонтит (возраст  $46,12 \pm 5,79$  (95 % ДИ: 43,73–48,51)), из них мужчин – 10 (40,0 % (21,1–61,3)), женщин – 15 (60,0 % (95 % ДИ: 38,7–78,9)).

Всем пациентам было выполнено комплексное клиническое, микробиологическое обследование, дополненное компьютерной томографией.

Верификация диагноза хронического апикального периодонтита (K04.5) осуществлялась с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). Сканирование проводилось на аппарате ORTHOPHOS XG 3D (Sirona) с последующей обработкой данных в программном обеспечении Galaxis, что позволило детально визуализировать:

– состояние периапикальных тканей (выявление и оценка размеров очагов деструкции костной ткани в области верхушки корня);

– морфологию корневых каналов (определение их количества, длины, искривленности и анатомических особенностей);

– качество ранее проведенного эндодонтического лечения (оценка плотности obturирования корневых каналов, наличия перфораций, фрагментов инструментов или необтурированных участков);

– анатомию окружающих структур (соотношение с дном гайморовой пазухи, нижнечелюстным каналом и другими критическими образованиями) [Ekert et al., 2019; Chan et al., 2023].

Было проведено высококачественное микробиологическое исследование, направленное на идентичность (количественного и качественного) состава микрофлоры системы корневых каналов при ХАП. Забор необходимого материала осуществляли стерильными бумажными штифтами (размер № 20), далее помещали в транспортную среду и доставляли в бактериологическую лабораторию (ГБУЗ Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи) в течение 15 минут для срочного посева. Видовую идентификацию выделенных микроорганизмов системы корневых каналов проводили на масс-спектрометре Vitek MS. Полученные данные проанализированы по частоте встречаемости различных видов, которая выражалась в процентах.

Эндодонтическое лечение выполняли всем пациентам в строгом соответствии с клиническими протоколами Стоматологической Ассоциации России (актуализированная версия от 02.08.2018). На этапе временного пломбирования в корневые каналы вносили препарат высокодисперсной гидроксида кальция (Германия). Срок временной obturации составлял 14 дней, с обязательной заменой лечебной пасты через 7 дней на

свежеприготовленную. Финальное пломбирование каналов осуществляли методом латеральной конденсации гуттаперчи с силером «АН-Plus».

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.9.5 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95 % доверительные интервалы для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера – Пирсона. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

В ходе микробиологического исследования были получены следующие данные, отраженные в таблице 1.

Таблица 1  
Table 1

Микробиом системы корневых каналов у пациентов с ХАП  
Microbiome of the root canal system in patients with CAP

Показатель	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
Микробиом системы корневых каналов	Монокультуры	5	20,0	6,8–40,7
	Диассоциации	9	36,0	18,0–57,5
	Полиассоциации	11	44,0	24,4–65,1

Как видно из таблицы 1, микробиом системы корневых каналов при ХАП в подавляющем большинстве случаев (80 % диассоциации+полиассоциации) представлен смешанными микробными ассоциациями. Доминирование полиассоциаций – 11 случаев (44 % (95 % ДИ: 24,4–65,1)) выступает подтверждением современного представления о ХАП как полимикробной патологии. Это наиболее характерная клиническая картина для персистирующей инфекции, где полимикробные сообщества формируют биопленки, обладающие повышенной устойчивостью к антибиотикам и защитным механизмам хозяина, что значительно осложняет эрадикацию инфекционного процесса системы корневых каналов.

Диассоциации, образцы в которых обнаружено сообщество из двух различных видов микроорганизмов, выявлены в 9 случаях (36 % (95 % ДИ: 18,0–57,5)). Подобные ассоциации часто демонстрируют синергизм, когда метаболиты одного вида создают благоприятные условия для другого, повышая общую вирулентность и устойчивость.

Монокультуры встречаются значительно реже и составляют лишь 5 случаев (20,0 % (95 % ДИ: 6,8–40,7)) от общего числа наблюдений.

Важно отметить, что при проведении микробиологического исследования качественный состав микрофлоры системы корневых каналов у пациентов с ХАП был представлен тремя основными типами микробных ассоциаций: анаэробная, аэробная и смешанная флора.

На основании данных, представленных в таблице 2, наиболее часто были верифицированы анаэробные микроорганизмы в 16 случаях, что составило 64,0 % (95 % ДИ: 42,5–82,0) от общего числа исследований. Анаэробные микроорганизмы рассматриваются основными этиологическими агентами первичного ХАП. Они доминируют в некротизированной пульпе и нелеченых корневых каналах, где созданы идеальные



бескислородные условия. Следовательно, полученные данные подтверждают ведущую этиологическую роль анаэробной микрофлоры в персистенции хронической инфекции системы корневых каналов.

Таблица 2  
Table 2

Бактериологический анализ системы корневых каналов у пациентов с ХАП  
Bacteriological analysis of the root canal system in patients with CAP

Показатель	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
Микроорганизмы	Анаэробные микроорганизмы	16	64,0	42,5–82,0
	Аэробные микроорганизмы	3	12,0	2,5–31,2
	Смешанная флора	6	24,0	9,4–45,1

Следует отметить, что значительно реже в полученных образцах встречалась аэробная флора, выявленная в 3 наблюдениях (12,0 (95 % ДИ: 2,5–31,2)).

В 6 случаях (24,0 (95 % ДИ: 9,4–45,1)) была идентифицирована смешанная микрофлора, представленная как аэробными, так и анаэробными видами микроорганизмов. Между аэробами и анаэробами часто существуют синергические (взаимоусиливающие) отношения. Факультативные анаэробы потребляют остаточный кислород, создавая идеальные восстановительные условия для роста облигатных анаэробов. Анаэробы, в свою очередь, могут продуцировать необходимые для аэробов метаболиты. Наличие смешанной флоры часто указывает на более сложную и устойчивую инфекцию. Такие биоценозы обладают повышенной патогенностью и устойчивостью к проводимому лечению, так как разные виды микроорганизмов взаимно усиливают выживаемость друг друга.

Важно сказать, что согласно проведенному микробиологическому анализу, доминирующим микроорганизмом системы корневых каналов у пациентов при ХАП был *Enterococcus faecalis*, который выявлялся у 64,0 % пациентов (95 % ДИ: 42,5–82,0). Высокая частота обнаружения *Enterococcus faecalis* позволяет рассматривать его в качестве основного этиологического агента хронического апикального периодонтита, что указывает на необходимость целенаправленной антимикробной терапии, эффективной именно против данного вида микроорганизма при проводимом эндодонтическом лечении [Ma et al., 2024].

Второе место по частоте обнаружения принадлежит *Candida albicans*, который был выявлен в 40,0 % случаев (10 из 25 образцов; 95 % ДИ: 21,1–61,3). *Candida albicans* обладает способностью к формированию высокоустойчивых биопленок в просвете корневого канала и дентинных канальцев, что обеспечивает устойчивость к стандартным эндодонтическим ирригантам, поддерживает хроническое воспаление в периапикальных тканях за счет постоянной стимуляции иммунного ответа грибковыми антигенами. Это подчеркивает важность учета грибковой этиологии при диагностике и лечении персистирующих форм ХАП.

Третье место по частоте встречаемости разделили *Staphylococcus epidermidis* – 28,0 % (95 % ДИ: 12,1–49,4) и *Streptococcus salivarius* – 24,0 % (95 % ДИ: 9,4–45,1) соответственно, что свидетельствует в пользу полимикробной этиологии ХАП.

Таким образом, полученные данные наглядно демонстрируют, что микробиом системы корневых каналов при ХАП характеризуется высоким разнообразием и в большинстве случаев представлен анаэробными микробными полиассоциациями, а не отдельными видами.

### Заклучение

Микробиом системы корневых каналов при ХАП представляет собой сложную и высокоорганизованную экосистему. Ключевой характеристикой данной экосистемы является высокое таксономическое разнообразие, где инфекционный процесс поддерживается не единичным патогеном, а сложными анаэробными полиассоциациями микроорганизмов.

Этот факт имеет фундаментальное значение для понимания патогенеза ХАП и разработки проводимых терапевтических стратегий с целью повышения прогностической успешности эндодонтического лечения и снижения риска рецидивов.

### Referenses

- Ahlat M., Aydin C., Kaya S., Baysallar M. 2023. Identification of Root Canal Microbiota Profiles of Periapical Tissue Diseases using Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-Of-Flight Mass Spectrometry. *Anaerobe*, 84: 102791. doi: 10.1016/j
- Chan F., Brown L., Parashos P. 2023. CBCT in Contemporary Endodontics. *Dent J.*, 68(1): 39–55. doi: 10.1111/adj.12995
- Ekert T., Krois J., Meinhold L., Elhennawy K., Emara R., Golla T., Schwendicke F. 2019. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions *J Endod.*, 45(7): 917–922. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.016
- Hilmi A., Patel S., Mirza K., Galicia J.C. 2023. Efficacy of Imaging Techniques for the Diagnosis of Apical Periodontitis: A Systematic Review. *Int Endod J.*, 56 (3): 326–339. doi: 10.1111/iej.13921
- Khabadze Z., Vasilyev A., Generalova Y., Avraamova O., Kulikova A., Generalova A., Vashurina L., Slonova V., Dolzhikov N., Umarov A., Wehbe A., Klochkovich E. 2025. Determination of Root Canal Microbiota in Chronic Apical Periodontitis and Evaluation of the Microbiological Activity Spectrum of Polyhexanide against the Identified Microbial Flora. *Georgian Med News*. 3(61): 27–36.
- Ma R.Y., Deng Z.L., Du Q.Y., Dai M.Q., Luo Y.Y., Liang Y.E, Dai X.Z., Guo S.M., Zhao W.H. 2024. *Enterococcus faecalis* Extracellular Vesicles Promote Apical Periodontitis. *J Dent Res*. 103(6): 672–682. doi: 10.1177/00220345241230867
- Milojevic N., Krdzovic Lazic E., Lukic L., Puresevic D., Mirkovic M., Jakovljevic A. 2024. Inflammatory Mediators' Essence in Apical Periodontitis. *Eur Oral Res*. 58(3): 160–168. doi: 10.26650/eor.20241423117
- Pinto K.P., Serrão G., Alves Ferreira C.M., Sassone L.M., Fidalgo T.K.D.S., Silva E.J.N.L. 2023. Association between Apical Periodontitis and Chronic Diseases: An Umbrella Review. *Iran Endod J*. 18(3): 134–144. doi: 10.22037/iej.v18i3.42560
- Shah R.V., Kinariwala N., Patel S., Bhut S., Patel F., Gelani G., Parmar V., Bhatia D.A. 2025. Two-Way Communication Between Apical Periodontitis and Various System Disorders: A Narrative Review. *Cureus*. 17(3): 814–820. doi: 10.7759/cureus.81482
- Siqueira J.F. Jr., Rôças I.N. 2022. Present status and future directions: Microbiology of Endodontic Infections. *Int Endod J*. 3 (55): 512–530. doi: 10.1111/iej.13677
- Ye L., Cao L., Song W., Yang C., Tang Q., Yuan Z. 2023. Interaction between Apical Periodontitis and Systemic Disease (Review). *Int J Mol Med*. 52(1): 60. doi: 10.3892/ijmm.2023.5263

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 11.11.2025

Received November 11, 2025

Поступила после рецензирования 17.11.2025

Revised November 17, 2025


Принята к публикации 22.02.2026

Accepted February 22, 2026




## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Фролова Кристина Евгеньевна**, старший преподаватель кафедры «Стоматология» медицинского института, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

 [ORCID: 0000-0001-5097-0601](https://orcid.org/0000-0001-5097-0601)

**Ефремова Анастасия Владимировна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Стоматология» медицинского института, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

 [ORCID: 0000-0002-5678-1104](https://orcid.org/0000-0002-5678-1104)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Kristina E. Frolova**, Senior Lecturer of the Department of Dentistry, Medical Institute, Penza State University, Penza, Russia

**Anastasia V. Efremova**, Candidate of Sciences in Medicine, Assistant of the Department of Dentistry, Medical Institute, Penza State University, Penza, Russia