

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-32-38

УДК 616.314-0

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИОННОГО МИКРОСКОПА

Молокова В. А., Антонова И. Н.

*Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация

Цель. Уточнить влияние использования операционного микроскопа (ОМ) на отдаленный результат эндодонтического лечения.

Материалы и методы. 77 пациентов (94 зуба — моляры), возраст 19–70 лет, проходивших лечение по поводу осложненного кариеса, разделили на две группы: первая — 42 пациента (54 зуба), пролечили с использованием ОМ, вторая — 35 пациентов (40 зубов), без использования ОМ. Фиксировали время, затраченное на лечение одного зуба, а также наличие или отсутствие минерализации полости зуба. Результаты оценивали через 6 и 12 месяцев клинически и с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии. Статистическая значимость различий $p < 0,05$.

Результаты. Успех лечения через 12 месяцев был выше при использовании ОМ, чем без него (91 % и 72 %, соответственно). Использование ОМ способствовало выявлению дополнительных мезио-буккальных каналов (МБ2) в молярах верхней челюсти (67 % и 19 %, соответственно), что увеличивало процент зубов с благоприятным исходом через год после эндодонтического лечения ($p < 0,001$). Через 6 месяцев после лечения рентгенологически еще наблюдалась разница между диагнозами и наличием расширения периодонтальной щели, наличием периапикальных очагов и отсутствием изменений ($p < 0,05$). Через 12 месяцев процент зубов без периапикальных изменений преобладал во всех группах. Разницы между поставленным диагнозом и исходом не выявили. Время, затраченное на лечение одного зуба с использованием ОМ, увеличивалось в среднем на 10 минут ($p < 0,05$). Наличие минерализации полости зуба не влияло на исход лечения ($p > 0,05$).

Выводы. Использование ОМ увеличивает благоприятный исход лечения через год и увеличивает продолжительность лечения одного зуба на 10 минут. В молярах верхней челюсти МБ2 обнаруживаются чаще с ОМ. В случае, когда МБ2 не был найден, через 1 год после лечения выявлены периапикальные изменения в 88 % случаев.

Ключевые слова: операционный микроскоп, результат эндодонтического лечения, осложненный кариес, обработка корневых каналов, стоматологическая практика

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Виктория Алексеевна МОЛОКОВА ORCID ID 0000-0001-8219-8169

врач-стоматолог, аспирант кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия
dr.molokova@yandex.ru

Ирина Николаевна АНТОНОВА ORCID ID 0000-0003-2543-6137

д.м.н., профессор, заведующая кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия
irina.antonova@mail.ru

Для переписки: Виктория Алексеевна МОЛОКОВА

197022, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

+7 (921) 781-73-15

dr.molokova@yandex.ru

Образец цитирования:

Молокова В. А., Антонова И. Н.

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИОННОГО МИКРОСКОПА. Проблемы стоматологии. 2026; 2: 32-38.

© Молокова В. А. и др., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-32-38

Поступила 18.04.2026. Принята к печати 16.05.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-32-38

LONG-TERM RESULTS OF ENDODONTIC TREATMENT USING OPERATING MICROSCOPE

Molokova V.A., Antonova I.N.

First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Saint Petersburg, Russia

Abstract

Aim. To clarify operating microscope (OM) usage on the long-term outcome after endodontic treatment.

Material and methods. Seventy-seven patients (94 molars), aged 19–70 years, undergoing treatment for complicated caries were divided into two groups: the first group, 42 patients (54 teeth), was treated with OM; the second group, 35 patients (40 teeth), was treated without OM. The time spent on treatment per tooth, as well as the presence or absence of pulp chamber calcification, was recorded. The results were assessed after 6 and 12 months clinically and using cone-beam computed tomography. Statistical differences was $p < 0.05$.

Results. The treatment success after 12 months was higher with OM than without it (91 % and 72 %, respectively). The use of OM contributed to the detection of additional mesio-buccal canals (MB2) in the maxillary molars (67 % and 19 %, respectively), which increased the percentage of teeth with a favorable outcome one year after endodontic treatment ($p < 0.001$). At 6 months after treatment, radiographically, a difference was still observed between the diagnoses and the presence of periodontal gap widening, the presence of periapical foci and the absence of changes ($p < 0.05$). After 12 months, the percentage of teeth without periapical changes was predominant in all groups. No difference was found between the diagnosis and the outcome. The time spent on treatment of one tooth using OM increased by an average of 10 minutes ($p < 0.05$). The presence of mineralization of the tooth cavity did not affect the treatment outcome ($p > 0.05$).

Conclusion. OM usage increases the favorable treatment outcome after one year and increases the treatment time per tooth by 10 minutes. In maxillary molars, MB2 is more often found with OM. In cases where MB2 was not detected, periapical changes were detected in 88 % of cases one year after treatment.

Keywords: *operating microscope, endodontic treatment outcomes, complicated caries, root canal treatment, dental practice*

The authors declare no conflict of interest

Victoria A. MOLOKOVA ORCID ID 0000-0001-8219-8169

Dentist, postgraduate student, Department of Propaedeutics of Dental Diseases, First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Saint Petersburg, Russia
dr.molokova@yandex.ru

Irina N. ANTONOVA ORCID ID 0000-0003-2543-6137

PhD, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Dental Diseases, First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Saint Petersburg, Russia
irina.antonova@mail.ru

Correspondence address: Victoria A. MOLOKOVA

6-8 Lva Tolstogo st., Saint Petersburg, 197022, Russia
+7 (921) 781-73-15
dr.molokova@yandex.ru

For citation:

Molokova V.A., Antonova I.N.

LONG-TERM RESULTS OF ENDODONTIC TREATMENT USING OPERATING MICROSCOPE. *Actual problems in dentistry*. 2026; 2: 32-38. (In Russ.)

© Molokova V.A. et al., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-32-38

Received 18.04.2026. Accepted 16.05.2026

Введение

Успех эндодонтического лечения, или благоприятный исход, определяется отсутствием жалоб у пациента и клинических проявлений (подвижность, свищевые ходы, отек, потеря функции жевания). Рентгенологически пародонтальное пространство в апикальной части должно оставаться интактным, а очаги радиопрозрачности, которые ранее были диагностированы, должны исчезнуть [1]. Прицельные рентгенологические снимки являются стандартным методом выявления и/или подтверждения наличия хронических очагов инфекции. При этом периапикальные очаги могут быть недо- или переоценены на двумерном снимке из-за наложения структур и/или наличия геометрических искажений. В исследованиях, где выявляли периапикальные очаги на прицельных снимках и конусно-лучевой компьютерной томограмме (КЛКТ) показали, что при использовании КЛКТ процент обнаружения был выше на 11–39 % [2].

Не существует единого мнения, влияет ли использование операционного микроскопа (ОМ) и других увеличительных приборов на успех эндодонтического лечения. В эндодонтии общепризнанным фактом является то, что микробы и их эндотоксины вызывают большинство периапикальных поражений. Заживление этих поражений связано с дезинфекцией корневых каналов, уменьшением микробного числа и пломбированием корневых каналов с последующей реставрацией [1]. При выполнении эндодонтического лечения не вызывает сомнений необходимость обеспечения более высокой разрешающей способности оптического аппарата, чем возможность человеческого глаза. Внедрение операционного микроскопа в стоматологическую практику позволяет более предсказуемо проводить подготовку полости зуба, идентификацию и обработку корневых каналов (особенно при наличии дентиклей и облитерации) [3]. Опубликован ряд исследований, посвященных идентификации дополнительных корневых каналов при помощи увеличительных приборов [4–7]. В открытом доступе найдены единичные проспективные клинические исследования, посвященные сравнению отдаленных результатов эндодонтического лечения с использованием микроскопа.

Цель. Уточнить влияние использования операционного микроскопа на отдаленный результат эндодонтического лечения.

Материалы и методы. В исследование включили 77 пациентов (94 зуба) в возрасте от 19 до 70 лет (средний возраст 37 ± 11), которые проходили лечение по поводу осложненного кариеса на базе клиники научно-исследовательского института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (НИИ стоматологии и ЧЛХ) ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. В исследование включали только моляры верхней (46 зубов) и нижней челюсти (48 зубов). Пациенты были разделены на две группы: в первой группе (42 пациента (54 зуба)) лечение проводили с использованием операционного микроскопа, во второй группе (35 пациентов (40 зубов)) — без

использования операционного микроскопа. Для каждого зуба учитывали количество корневых каналов, наличие или отсутствие минерализации в полости зуба, а также топографию разрушения коронковой части. Изоляцию рабочего поля проводили системой коффердам. Доступ к полости осуществляли при помощи шаровидных алмазных боров и твердосплавных боров. При наличии кальцификатов в полости зуба использовали боры Мюнса и ультразвуковые насадки E4, E3D (Woodpecker). Механическую обработку корневых каналов производили при помощи файлов UltraPath Files (EuroFile, Китай) размер ISO 16.02, затем Ultrataper Next (EuroFile, Китай). Настройки наконечника для обработки каналов: скорость 350 об/мин, торк 2.0 Н/см. После каждого файла производили медикаментозную обработку при помощи гипохлорита натрия 3,25 % (Гипохлоран-3, Омега Дент) из эндошприца с иглой 0,4–35 мм (27 G). После финального файла дополнительно производили обработку раствором ЭДТА 17 % (MD-Cleanser, Meta) в течение 2 минут и активировали раствор при помощи E12 (NSK Nakanishi, Япония) и U-file размером 25.02. Каналы были запломбированы методикой латеральной конденсации при помощи гуттаперчи и силера AN+. Восстановление коронковой части зуба проводили пломбировочным материалом перед ортопедическим лечением. По окончании лечения пациентов вызывали на контрольный осмотр через 6 и 12 месяцев, фиксировали наличие/отсутствие жалоб в пролеченном зубе, объективные данные и делали КЛКТ. Положительный результат (успех) эндодонтического лечения интерпретировали как заживление периапикального очага или его неизменное отсутствие на протяжении года. Отрицательный результат (неудача) соответствовал появлению нового поражения периапикальных тканей, увеличению уже существующего очага или отсутствие изменений в его размере. Все пациенты перед манипуляциями подписывали добровольное информированное согласие. Настоящее исследование одобрено местным этическим комитетом. Статистическая обработка данных выполнена в программной среде R версии 4.5.2.

Результаты. 77 пациентов (94 моляра верхней и нижней челюсти) пролечили по диагнозам K04.0 — пульпит (69 %), K04.5 — хронический апикальный периодонтит (22 %), K04.9 — болезни пульпы и периапикальных тканей неуточненные (8,5 %) (рис. 1).

Из них 54 зуба были пролечены при помощи операционного микроскопа, 40 зубов — без использования микроскопа. Через 6 и 12 месяцев пациентов вызывали на контрольный осмотр и КЛКТ для оценки отдаленных результатов лечения. На 12-м месяце наблюдения доля зубов без периапикальных изменений возросла по сравнению с исходным уровнем (рис. 2).

Мы получили статистически значимую разницу между успехом лечения зубов под микроскопом, чем без него (91 % против 72 % соответственно). При этом на этапе наблюдения через 6 месяцев, доля успеха была практически равной в обеих группах (91 % против 90 %).

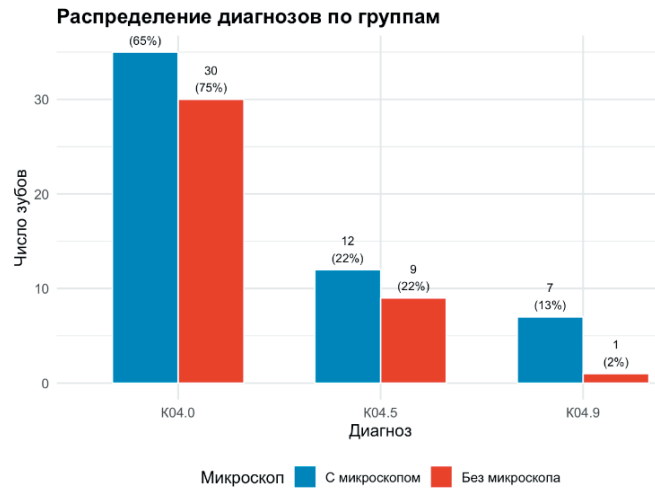


Рис. 1. Распределение диагнозов по группам
Fig. 1. Distribution of diagnoses in groups

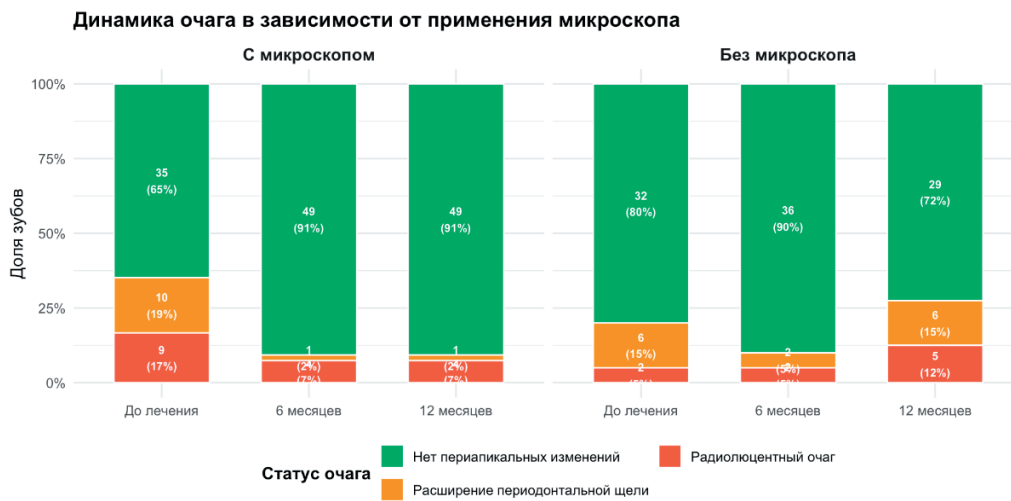


Рис. 2. Динамика очагов инфекции в зависимости от применения микроскопа
Fig. 2. Infection foci dynamics depending on operating microscope usage

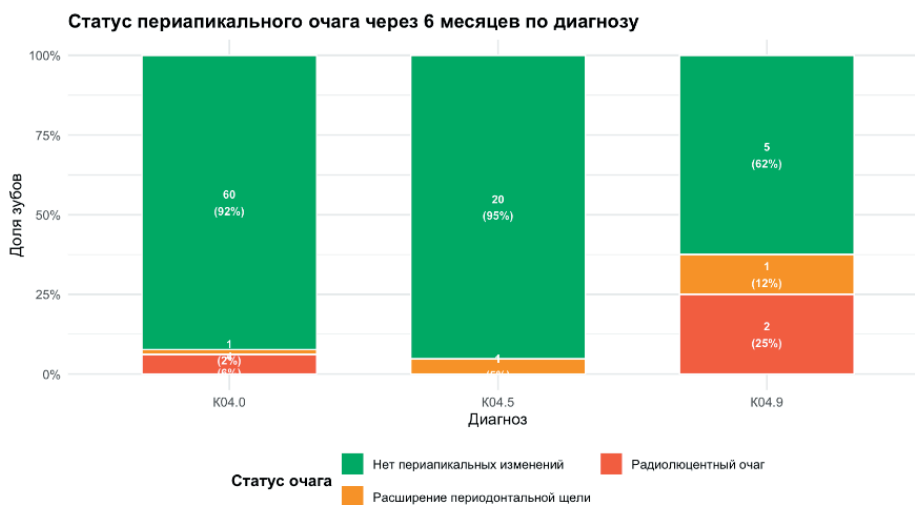


Рис. 3. Распределение заживления по диагнозам через 6 месяцев после лечения
Fig. 3. Distribution of healing by diagnosis 6 months after treatment

Через 6 месяцев после лечения все еще наблюдалась статистически значимая разница между диагнозами и наличием расширения периодонтальной щели, наличием периапикальных очагов и отсутствием изменений на КЛКТ ($p < 0,05$) (рис. 3).

Однако через 12 месяцев количество зубов без периапикальных изменений преобладало во всех группах. При этом статистически значимой разницы между поставленным в начале лечения диагнозом и исходом выявлено не было (рис. 4).

Статистически значимой разницы по наличию жалоб и их выраженности в обеих группах через год после лечения не выявлено ($p = 0,6$).

Во время лечения проводили хронометраж времени, затраченного на лечение одного зуба. Выявлено, что при использовании микроскопа длительность лечения увеличивалась в среднем на 10 минут ($p < 0,05$) (табл. 2). Время, затраченное на лечение зубов с наличием минерализации полости зуба, достоверно не отличалось от времени лечения зубов при ее отсутствии ($p = 0,4$).

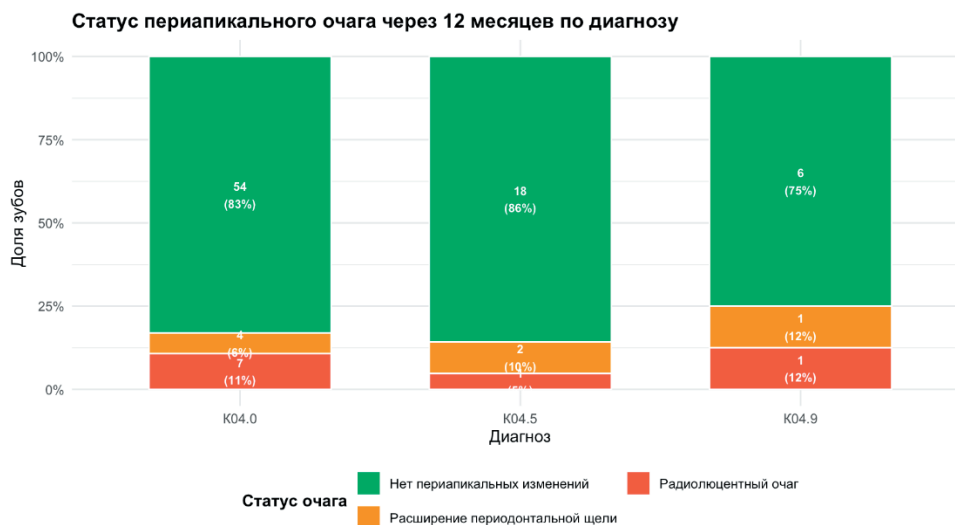


Рис. 4. Распределение заживления по диагнозам через 12 месяцев после лечения
Fig. 4. Distribution of healing by diagnosis 12 months after treatment

Таблица 1

Распределение жалоб через 1 год после лечения

Table 1. Distribution of complaints 1 year after treatment

	N = 94 ¹	Микроскоп		p-значение ²
		Да N = 54 ¹	Нет N = 40 ¹	
Жалобы (через 1 год)				0.6
Присутствуют	3 (3,2 %)	1 (1,9 %)	2 (5,0 %)	
Отсутствуют	91 (97 %)	53 (98 %)	38 (95 %)	
¹ n (%)				
² Тест Фишера				

Таблица 2

Распределение среднего времени лечения одного зуба

Table 2. Distribution of the average treatment time for one tooth

Характеристика	Overall N = 94 ¹	Микроскоп		p-value ²
		Да N = 54 ¹	Нет N = 40 ¹	
Время лечения (мин ± мин)	176 ± 29	180 ± 26	170 ± 33	0.047

На верхней челюсти обследовали 46 зубов. При использовании микроскопа число найденных дополни-

тельных мезио-буккальных (МБ2) каналов было значи-

тельно выше, чем в зубах, пролеченных без микроскопа (67 % и 19 %, соответственно) (табл. 3).

При этом через 12 месяцев после лечения, когда МБ2 не был найден, статистически значимо увеличивалось количество зубов с периапикальными очагами ($p < 0,001$) (табл. 4).

Таблица 3

Распределение выявления МБ2 на верхней челюсти при лечении с использованием микроскопа и без него

Table 3. Distribution of MB2 detection in the upper jaw during treatment with and without a microscope

Канал	Микроскоп		p-value ²
	Да N = 30 ¹	Нет N = 16 ¹	
МБ2 найден (верхняя)			< 0,001
Да	16 (67 %)	3 (19 %)	
Нет	0 (0 %)	9 (56 %)	
Отсутствует	8 (33 %)	4 (25 %)	
¹ n (%)			
² Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test			

Таблица 4

Динамика заживления периапикальных очагов в зависимости от выявления МБ2 через 6 и 12 месяцев

Table 4. Dynamics of healing of periapical lesions depending on the detection of MB2 after 6 and 12 months

Параметр МБ2 (верхняя челюсть)	Очаг через 6 мес			Очаг через 12 мес		
	Нет очага N = 42 ¹	Есть очаг N = 4 ¹	p-value ²	Нет очага N = 38 ¹	Есть очаг N = 8 ¹	p-value ²
МБ2 найден			0,018			< 0,001
Найден	19 (53 %)	0 (0 %)		19 (59 %)	0 (0 %)	
Не найден	6 (17 %)	3 (75 %)		2 (6,3 %)	7 (88 %)	
Отсутствует анатомически	11 (31 %)	1 (25 %)		11 (34 %)	1 (13 %)	

Обсуждение результатов

Данное проспективное исследование впервые провели в Северо-Западном регионе Российской Федерации. В результате нашей работы, при использовании операционного микроскопа мы получили более высокий процент успешного исхода (отсутствие периапикальных изменений) через 12 месяцев (91 % — благоприятный исход с использованием микроскопа, 72 % — благоприятный исход без использования микроскопа) как по клиническим данным, так и по данным КЛКТ. В исследовании Davies A. et al. доля успешного эндодонтического лечения составляла 77 % ($p < 0,0001$) по данным КЛКТ и 93 % по данным радиовизиографии, однако, в исследовании не было сказано, использовался ли там операционный микроскоп [8]. Vardini G. et al. успех эндодонтического лечения составлял 93,33 % в группе, где каналы пломбировали методикой вертикальной конденсации и цинк-оксид-эвгенольным силером. Однако в данном исследовании использовали прицельные рентгенологические снимки, что могло привести к увеличению положительных исходов лечения [9].

Исследований по тайм-менеджменту при работе с операционным микроскопом в открытом доступе не обнаружили. По полученным данным, при использовании микроскопа время, затраченное на лечение одного зуба, увеличивалось в среднем на 10 минут ($p < 0,05$).

Мы предполагаем, что это связано с особенностями эргономики при работе с микроскопом, а также с более тщательной обработкой полости зуба и видимых морфологических изменений.

При оценке работы в зубах с наличием или отсутствием облитерации и/или кальцификатов (не препятствующих прохождению корневого канала) статистически значимой разницы в заживлении хронических очагов инфекции и затраченном времени на лечение мы не получили. При этом, через 12 месяцев, благоприятный исход в зубах, пролеченных с использованием операционного микроскопа, был выше.

Разрешающая способность человеческого глаза позволяет различить два отдельных предмета на расстоянии 0,2 мм. Мы предполагаем, что дентинные опилки и остатки кальцификатов в каналах, не обнаруженные при стандартном лечении в связи с ограничениями функционирования зрительного аппарата, могли стать благоприятной средой для активации микроорганизмов, источником реинфицирования и образования хронических очагов воспаления в зубе и окружающих его периапикальных тканях.

В настоящем исследовании мы проводили анализ выявляемости дополнительных мезио-буккальных (МБ2) каналов на верхней челюсти (46 зубов). МБ2 находили значительно чаще при использовании опе-

рационального микроскопа (67 %), чем без него (19 %). Результаты нашего исследования согласуются с данными Khalighinejad N. et al, где при лечении зубов с использованием операционного микроскопа МБ2 встречался в 3 раза чаще по сравнению с группой, где микроскоп не использовался [7].

Известно, что периапикальные изменения после эндодонтического лечения чаще всего ассоциируют с некачественным лечением, персистирующей инфекцией в корневых каналах или возникновением вторичной инфекции. По результатам нашего исследования, через 12 месяцев после лечения процент периапикальных изменений возрастал в зубах, где был пропущен МБ2 (88 %). Это согласуется с данными Mashyakhy et al., где МБ2 был пропущен в 18 % случаев, а риск апикального периодонтита в зубах с пропущенным каналом составлял 90 % [10]. В исследовании Jing Hao et al. в зубах с пропущенными корневыми каналами риск периапикальных

изменений был в 3,658 раз больше [11]. Karabucak B. отметил, что в зубах с пропущенными при лечении МБ2 каналами периапикальные изменения встречались в 4,38 раз чаще [12].

Выводы

1. Использование операционного микроскопа увеличивает количество зубов с благоприятным исходом через год после его проведения на 18 % ($p = 0,027$).

2. Наибольшее влияние на исход эндодонтического лечения оказывало обнаружение дополнительных мезиобуккальных каналов в зубах верхней челюсти и их obturация ($p < 0,001$). Лечение с операционным микроскопом увеличивает процент выявления МБ2 на 48 %.

3. Время работы с операционным микроскопом увеличивается в среднем на 10 минут ($p < 0,05$), минерализация (облитерация и кальцификаты) достоверно не влияет на общую продолжительность лечения.

Литература/References

1. Mehta D., Coleman A., Lessani M. Success and failure of endodontic treatment: predictability, complications, challenges and maintenance. *British dental journal*. 2025;238(7):527–535. <https://doi.org/10.1038/s41415-025-8453-5>
2. Patel S., Brown J., Pimentel T., Kelly R. D., Abella F., Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics — a review of the literature. *International endodontic journal*. 2019;52(8):1138–1152. <https://doi.org/10.1111/iej.13115>
3. Liu B., Zhou X., Yue L., Hou B., Yu Q., Fan B. et al. Experts consensus on the procedure of dental operative microscope in endodontics and operative dentistry. *International journal of oral science*. 2023;15(1):43. <https://doi.org/10.1038/s41368-023-00247-y>
4. Al Fartousi M., Gemhardt C. R. Prevalence of Unfilled MB2 Canals and Their Association with Apical Periodontitis: A CBCT-Based Cross-Sectional Study in a German Population. *Diagnostics (Basel)*. 2026;16(5):796. <https://doi.org/10.3390/diagnostics16050796>
5. Costa F. F.N.P., Pacheco-Yanes J., Siqueira J. F. Jr, Oliveira A. C.S., Gazzaneo I., Amorim C. A. et al. Association between missed canals and apical periodontitis. *International endodontic journal*. 2019;52(4):400–406. <https://doi.org/10.1111/iej.13022>
6. Baruwa A. O., Martins J. N.R., Meirinhos J., Pereira B., Gouveia J., Quaresma S. A. et al. The Influence of Missed Canals on the Prevalence of Periapical Lesions in Endodontically Treated Teeth: A Cross-sectional Study. *Journal of Endodontics*. 2020;46(1):34–39.e1. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.10.007>. Erratum in: *J Endod*. 2020;46(6):881. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.009>
7. Khalighinejad N., Aminoshariae A., Kulild J. C., Williams K. A., Wang J., Mickel A. The Effect of the Dental Operating Microscope on the Outcome of Nonsurgical Root Canal Treatment: A Retrospective Case-control Study. *Journal of endodontics*. 2017;43(5):728–732. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.015>
8. Davies A., Patel S., Foschi F., Andiappan M., Mitchell P. J., Mannocci F. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth — part 2: a 1 year post-treatment follow-up. *International Endodontic Journal*. 2016;49(7):623–635. <https://doi.org/10.1111/iej.12500>
9. Bardini G., Bellido M. M., Rossi-Fedele G., Casula L., Dettori C., Ideo F. et al. A 4-year follow-up of root canal obturation using a calcium silicate-based sealer and a zinc oxide-eugenol sealer: A randomized clinical trial. *International endodontic journal*. 2025;58(2):193–208. <https://doi.org/10.1111/iej.14167>
10. Mashyakhy M., Hadi F. A., Alhazmi H. A., Alfaifi R. A., Alabsi F. S., Bajawi H., et al. Prevalence of Missed Canals and Their Association with Apical Periodontitis in Posterior Endodontically Treated Teeth: A CBCT Study. *International journal of dentistry*. 2021;2021:9962429. <https://doi.org/10.1155/2021/9962429>
11. Hao J., Liu H., Shen Y. Periapical Lesions and Missed Canals in Endodontically Treated Teeth: A Cone-Beam Computed Tomographic Study of a Chinese Subpopulation. *Medical science monitor*. 2023;29: e940533. <https://doi.org/10.12659/MSM.940533>
12. Karabucak B., Bunes A., Chehoud C., Kohli M. R., Setzer F. Prevalence of Apical Periodontitis in Endodontically Treated Premolars and Molars with Untreated Canal: A Cone-beam Computed Tomography Study. *Journal of endodontics*. 2016;42(4):538–541. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.026>