

УДК 616.314.19-02:616.314.18-089.87
DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-49-3.4>

Н.Т. Кобрин,

асистент кафедри терапевтичної стоматології,
Івано-Франківський національний медичний
університет,
вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, індекс
76008, talyakobryn@gmail.com

В.І. Герелюк,

доктор медичних наук, професор,
завідувач кафедри терапевтичної стоматології, Івано-
Франківський національний медичний університет,
вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, індекс
76008, gereluk@gmail.com

ПОРІВНЯННЯ АПІКАЛЬНОЇ ТА ГИРЛОВОЇ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ КОРЕНЕВИХ КАНАЛІВ ПЕРШИХ ВЕРХНІХ МОЛЯРІВ ПРИ ОБТУРАЦІЇ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЇ ЛАТЕРАЛЬНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯМ ДВОХ ТИПІВ СИЛЕРІВ IN VITRO

Мета дослідження: провести порівняння якості апікальної герметизації кореневих каналів перших верхніх молярів при диференційованому та традиційному підході до обробки апікальної частини кореневого каналу, з обтурацією методом холодної латеральної конденсації та використанням цинк-оксид-евгенольних силерів та силерів на основі епоксидних смол, а також визначити проникливість у гирловій частині кореневих каналів після обтурації із додатковою герметизацією гирл склоіономерним цементом та без неї. **Матеріали та методи дослідження:** для дослідження було використано видалені зуби, а саме перші верхні моляри без попереднього ендодонтичного втручання. Проведено ендодонтичну підготовку за запропованою та традиційною методикою, пломбування каналів з використанням цинк-оксид-евгенольного силера та силера на основі епоксидних смол. Окрім цього, в одній із груп зубів було проведена додаткова герметизація гирл кореневих каналів за допомогою склоіономерного цементу. Оцінку герметизації апікальної частини каналу проводили на поперечних шліфах коренів, які були зроблені на відстані від 1 до 5 мм від верхівки. Після чого на знімках за допомогою програми ImageJ визначали площу зафарбованої поверхні. Проводили також секторальне визначення апікального проникнення барвника. Для визначення глибини проникнення барвника в гирловій частині було проведено повздовжні шліфи на кожному з коренів перших верхніх молярів та зроблені цифрові зображення, з подальшим аналізом в програмі ImageJ. **Наукова новизна.** У ході проведення лабораторного визначення стану апікальної та коронкової герметизації кореневих каналів перших верхніх молярів, виявлено, що при використанні запропованої методики обробки кореневих каналів глибина апікального проникнення барвника є достовірно нижчою, порівняно з традиційною методикою

Також площа зафарбовування та % проникнення барвника є нижчими у даній групі. **Висновки.** Встановлено, що ефективність герметизації залежить від анатомічної форми каналу та способу його обробки. Виявлено, що при проведенні додаткової герметизації гирлової частини кореневих каналів СИЦ глибина проникнення барвника є значно нижчою, ніж при відсутності герметизації.

Ключові слова: перші верхні моляри, апікальна герметизація, коронкова герметизація, ендодонтичне лікування

N.T. Kobryn,

Assistant the Therapeutic Dentistry Department,
Ivano-Frankivsk National Medical University,
2 Halytska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, postal code
76008, talyakobryn@gmail.com

V.I. Hereliuk,

DDS, PhD, DSci. Professor, Therapeutic Dentistry
Department,
Head of the Therapeutic Dentistry Department,
Ivano-Frankivsk National Medical University,
2 Halytska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, postal code
76008 gereluk@gmail.com

COMPARISON OF APICAL AND CORONAL SEAL OF THE ROOT CANALS OF THE FIRST UPPER MOLARS WITH COLD LATERAL CONDENSATION TECHNIQUE AND THE USE OF TWO TYPES OF SEALERS IN VITRO

The aim of the research. To compare the quality of the apical seal of the root canals of the first upper molars with a differentiated and traditional approach to the treatment of the apical part of the root canal, with cold lateral condensation technique and the use of zinc-oxide-eugenol sealer and sealer based on epoxy resins, as well as to determine the permeability of the root canals after obturation with additional sealing of their orifices with glass ionomer cement and without it. **Research materials and methods.** Extracted teeth, namely upper first molars without previous endodontic intervention, were used for the study. Endodontic preparation was carried out according to the proposed and traditional method, with the following filling of canals using zinc-oxide-eugenol sealer and sealer based on epoxy resins with a cold lateral condensation technique. In addition, in one of the groups, additional sealing of the orifices of the root canals was carried out using glass ionomer cement. The evaluation of sealing of the apical part of the canal was carried out on cross sections of the roots, which were made at a distance of 1 to 5 mm from the apex. After that, the area of the dyed surface was determined on the pictures using the ImageJ program. Sectoral determination of apical dye penetration was also carried out. To determine the depth of dye penetration in the orifice part, longitudinal sections were made on each of the first upper molar roots and digital images were taken, with further analysis in the ImageJ program. **Scientific novelty.** During the laboratory

determination of the apical and coronal seal of the root canals of the first upper molars, it was found that when using the proposed method of processing root canals, the depth of apical dye penetration is significantly lower, compared to the traditional way. Also, the area of staining and % dye penetration is lower in this group. **Conclusions.** It has been established that sealing efficiency depends on the anatomical shape of the root canal and the method of its processing. It was found that with additional sealing of the orifice part of the root canals with glass-ionomer cement, the depth of dye penetration is significantly lower than in the absence of sealing.

Key words: upper first molars, apical sealing, crown sealing, endodontic treatment.

Постановка проблеми. Основним завданням ендодонтичного лікування є obturaція кореневих каналів біосумісними пломбувальними матеріалами із створенням герметизації апікальної частини, з попередньо проведеною інструментальною та медикаментозною обробкою [1]. Для досягнення необхідного з'єднання між дентинною стінкою кореневого каналу та гутаперчею, використовують різні типи силерів. Завдяки силерами вдається заповнити дентинні трубочки, додаткові відгалуження, відмінні від конусної форми простори кореневої системи та забезпечити хорошу адгезію[2]. Їх поділяють за хімічною структурою, яка визначає їхні переважні властивості[3,4]. Найчастіше в стоматологічній практиці використовують силери на основі епоксидних смол та цинк-оксид-евгенольні силери. Щоб результат ендодонтичного лікування був довготерміновим та прогнозованим важливо забезпечити якісну апікальну та коронкову герметизацію[5-7]. За різними дослідженнями, надлишкова кількість силера та апікальні пори можуть впливати на герметичність. Для визначення проникності в апікальній частині та якості пломбування застосовувались різні види тестів[8, 9]. Ще однією поширеною причиною невдачі ендодонтичного лікування є порушення гирлової герметизації [10].

Мета дослідження. Провести порівняння якості апікальної герметизації кореневих каналів перших верхніх молярів при диференційованому та традиційному підході до обробки апікальної частини кореневого каналу, з obturaцією методом холодної латеральної конденсації та використанням цинк-оксид-евгенольних силерів та силерів на основі епоксидних смол, а також визначити проникливість у гирловій частині кореневих каналів після obturaції із додатковою герметизацією гирл склоіономерним цементом (СІЦ) та без неї.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження було використано 20 видалених пер-

ших верхніх молярів, в яких не було проведено попереднє ендодонтичне лікування. Після видалення кожен із зубів був очищений за допомогою ультразвуку, ретельно оглянутий, щоб виключити наявність тріщин чи кореневої резорбції, та занурений у 0,5 % розчин хлораміну Т на 24 години антисептичної обробки зразків [11]. Подальша підготовка зубів включала в себе розкриття порожнини зуба, обробку корневих каналів ручними та машинними інструментами з використанням техніки Crown Down та Step-Back. У групі 1 інструментальна обробка відбувалась за запропонованим диференційованим підходом обробки апікальної частини кореневого каналу, у групі 2 – обробка проводилась за традиційною методикою. Для іригації застосовували 3 % розчин гіпохлориту натрію з активацією ультразвуком. Перед пломбуванням канали промивали 17 % розчином ЕДТА та 5 % розчином тіосульфату натрію. Після висушування проводили пломбування кореневих каналів з використанням силера на основі епоксидних смол (ЕС) та цинк-оксид-евгенолу (ЦОЕ) за методикою холодної латеральної конденсації. Наступним кроком було проведення рентгенологічного обстеження для визначення якості пломбування, де враховували гомогенне заповнення простору кореневого каналу на всю довжину та відсутність пор. Також, у групі 1 проводили додаткову герметизацію гирлової частини кореневих каналів на глибину 2 мм з використанням СІЦ. Наступні 24 години зуби зберігали при кімнатній температурі до повної полімеризації силера в кореновому каналі. Після полімеризації зразки зберігали тиждень у воді при температурі 37°C. Далі зуби висушували, заливали воском гирлову частину та апікальну зону на 2 мм від верхівки. Услід цьому зуби заливали епоксидною смолою та формували відповідні блоки, або ізолювали лаком всю поверхню. Після видалення воску, зразки поміщали у вакуумне середовище на 30 хв при 60 мм рт.ст. та залишали у 2 % розчині метиленового синього на 5 діб. Наступним кроком було центрифугування зразків протягом 5 хв при 3000g. Зуби промивали під проточною водою 30 хв [12]. На основі розподілу, вказаного вище, було сформовано наступні групи:

Група 1 – 10 зубів (30 коренів та 38 кореневих каналів) – проведена інструментальна обробка кореневих каналів за запропонованою методикою та додаткова герметизація гирлової частини кореневих каналів.

Група 2 – 10 зубів (30 коренів та 37 кореневих каналів) – проведена інструментальна обробка кореневих каналів за традиційною методикою.

За використаним матеріалом:

Група А – 10 зубів (37 кореневих каналів) – використано ЦОЕ силер.

Група В – 10 зубів (38 кореневих каналів) – використано силер на основі ЕС.

За типом кореня:

Група Р – 20 піднебінних коренів (20 кореневих каналів).

Група М – 20 медіальних коренів (35 кореневих каналів).

Група D – 20 дистальних коренів (20 кореневих каналів).

Оцінку герметизації апікальної частини каналу проводили на поперечних шліфах коренів, які були зроблені на відстані від 1 до 5 мм від верхівки. Дані шліфи вивчалися за допомогою стоматологічного мікроскопа SmartOptic Seliga Microscopes (Польща) зі збільшенням $\times 40$ та фіксували цифровою камерою. В подальшому знімки досліджували за допомогою програмного забезпечення ImageJ [13,14]. На кожному зі шліфів проводили визначення площі поверхні, яка була зафарбована барвником, де одиницею виміру були пікселі. Для переведення пікселів у мм^2 було застосовано наступну формулу:

Площа зафарбованої поверхні, $\text{мм}^2 = \text{площа фігури, мм}^2 * \text{площу зафарбованої поверхні у пікселях} / \text{площу фігури у пікселях}$, де площа фігури мм^2 була стандартизована і становила $0,785 \text{мм}^2$ (рис. 1)

Окрім цього проводили також секторальне визначення апікального проникнення барвника: на кожному знімку визначали кути проникнення барвника на межі силер/зуб по відношенню до загальної системи координат. Для визначення

ступеня проникнення барвника визначали відсоток проникнення за наступною формулою: $\% \text{ проникнення} = \text{сума всіх кутів} * 100 \% / 360^\circ$ [15] (рис. 2).

Для визначення глибини проникнення барвника в гирловій частині було проведено повздовжні шліфи на кожному з коренів ПВМ та зроблені цифрові зображення. Вимірювання глибини проникнення барвника відбувалось у програмному забезпеченні ImageG у мм [16].

Статистична обробка результатів проводилась за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel та Statistica 8.0.

Результати дослідження та їх обговорення.

У табл. 1 наведені отримані результати середніх значень та стандартного відхилення площі зафарбовування в мм^2 у досліджуваних групах. У групі із запропонованим методом підготовки кореневих каналів площа зафарбовування є достовірно нижчою, ніж у 2-ій групі та становить $0,014 \pm 0,005 \text{мм}^2$ на рівні шліфу 1 мм від верхівки. При застосуванні ЦОЕ силера отримані результати показників площі зафарбовування є достовірно вищими, ніж при застосуванні силера на основі ЕС – $0,029 \pm 0,004 \text{мм}^2$ на рівні шліфа 1 мм та $0,017 \pm 0,004 \text{мм}^2$ на рівні шліфа 3 мм. У групі М показники площі зафарбовування були найвищими та становили $0,031 \pm 0,004 \text{мм}^2$ (1 мм) та $0,016 \pm 0,002 \text{мм}^2$ (3 мм), зі статистично достовірною різницею, порівняно з групою Р і D.

У табл. 2 наведені середнє значення та стандартне відхилення $\%$ проникнення фарбника на шліфах коренів. У групі із традиційним методом обробки кореневих каналів $\%$ проникнення є достовірно вищий, порівняно з групою

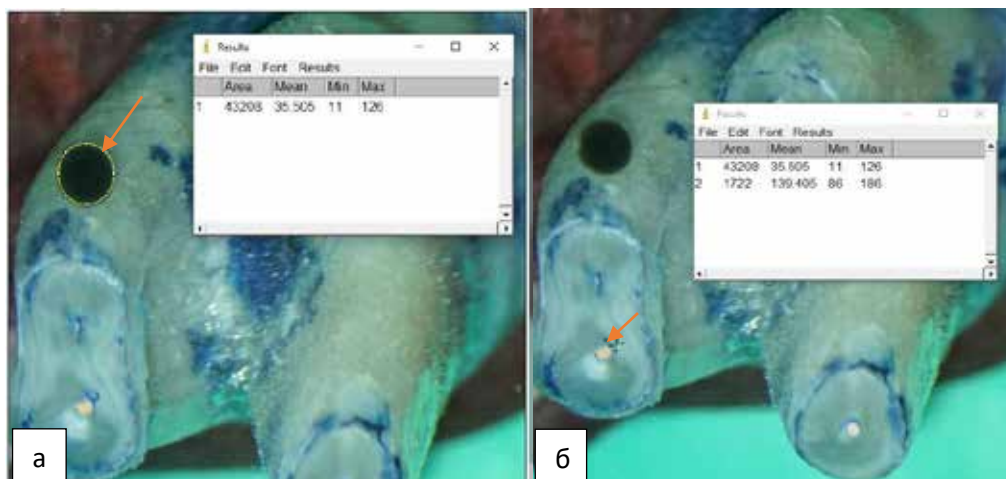


Рис. 1 Визначення площі фігури у пікселях (а) та площі зафарбованої поверхні у пікселях в ділянці медіального каналу ПВМ (б) на шліфі зуба на рівні 3 мм від верхівки за допомогою програмного забезпечення ImageJ

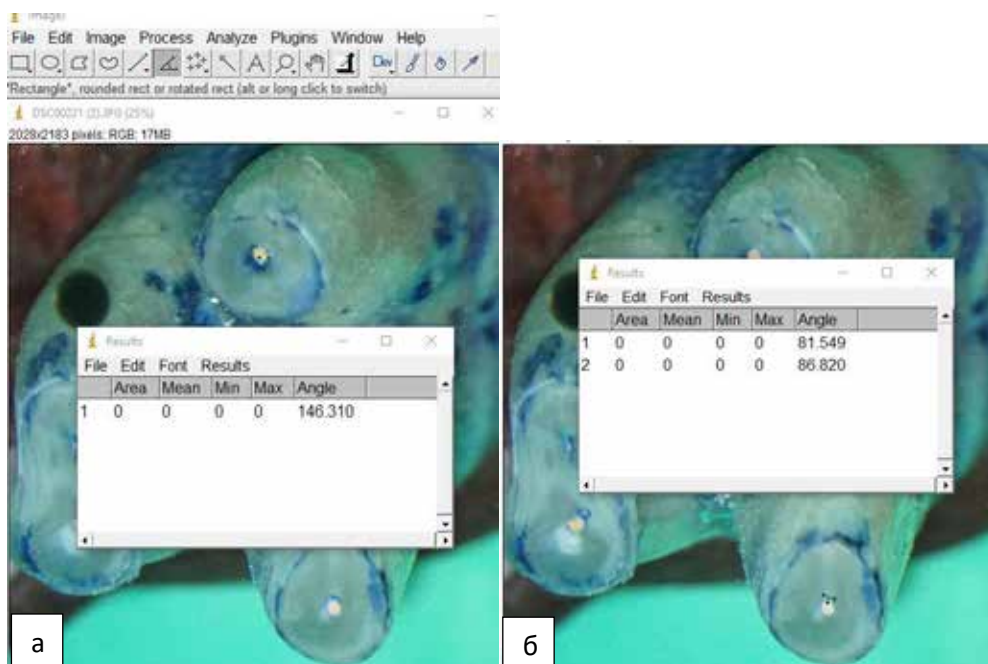


Рис. 2 Визначення кута проникнення барвника в ділянці піднебінного каналу(а) та дистального каналу ПВМ(б) на шліфі зуба на рівні 3 мм від верхівки за допомогою програмного забезпечення ImageJ.

Таблиця 1

Порівняння площі зафарбовування на шліфах коренів на рівні 1 мм та 3 мм від верхівки

Група, кількість кореневих каналів	Площа зафарбовування на рівні 1 мм від верхівки, мм ²	Площа зафарбовування на рівні 3 мм від верхівки, мм ²
1 група, n=38	0,014±0,005	0,008±0,004
2 група, n=37	0,029±0,005*	0,015±0,005
A група, n=37	0,029±0,004	0,017±0,004
B група, n=38	0,014±0,002**	0,005±0,001**
D група, n=20	0,013±0,004	0,007±0,003
M група, n=35	0,031±0,004 ^Δ	0,016±0,002 ^Δ
P група, n=20	0,013±0,002	0,007±0,003

Примітки: * – статистично вірогідна різниця методом підготовки кореневих каналів ($p < 0,05$); ** – статистично вірогідна різниця за силером ($p < 0,05$); Δ – статистично вірогідна різниця за типом кореня ($p < 0,05$).

Таблиця 2

Порівняння % проникнення фарбника на шліфах коренів на рівні 1 мм та 3 мм від верхівки

Група, кількість кореневих каналів	проникнення на рівні 1 мм від верхівки, %	проникнення на рівні 3 мм від верхівки, %
1 група, n=38	46,76±6,25	19,54±4,34
2 група, n=37	65,6±5,44*	36,63±4,98*
A група, n=37	69,29±5**	36,5±4,93**
B група, n=38	42,47±6,98	19,21±3,15
D група, n=20	31,01±7,18	11,5±4,39
M група, n=35	77,57±4,92 ^Δ	42,8±5,01 ^Δ
P група, n=20	43,45±7,42	18,5±5,8

Примітки: * – статистично вірогідна різниця методом підготовки кореневих каналів ($p < 0,05$); ** – статистично вірогідна різниця за силером ($p < 0,05$); Δ – статистично вірогідна різниця за типом кореня ($p < 0,05$).

із запропонованим методом – (65,6±5,44) % та (36,63±4,98) % на рівні шліфу 1 мм та 3 мм відповідно. У групі із використаним силером на основі

епоксидних смол % проникнення достовірно нижчий – (42,47±6,98) % на рівні 1 мм та (19,21±3,15) % на рівні 3 мм. Найбільший % проникнення

визначено у групі М, який становить $(77,57 \pm 4,92)\%$ та $(42,8 \pm 5,01)\%$ на рівні 1мм та 3 мм.

При оцінці глибини проникнення барвника в апікальній частині визначена статистично вірогідна різниця тільки між групою А і В, де показники становили $2,92 \pm 0,15$ мм та $1,85 \pm 0,23$ мм відповідно (рис. 3).

Порівнюючи глибину проникнення барвника в коронковій частині каналу, отримали статистично вірогідну різницю між показниками 1-ої та 2-ої групи – $1,33 \pm 0,08$ мм та $2,43 \pm 0,1$ мм, а також між показниками групи А і В – $2,02 \pm 0,19$ мм та $1,69 \pm 0,09$ мм (рис. 4).

Висновки. Отже, у ході проведення лабораторного визначення стану апікальної та коронкової герметизації корневих каналів перших верхніх молярів, виявлено, що при використанні запропонованої методики обробки корневих каналів глибина апікального проникнення барвника є достовірно нижчою, порівняно з традицій-

ною методикою та становить $2,04 \pm 0,43$ мм. Також площа зафарбовування та % проникнення барвника є нижчими у даній групі.

Встановлено, що при використанні силера на основі епоксидних смол показники глибини проникнення, % проникнення та площі зафарбовування є достовірно нижчими, аніж у групі, де було використано ЦОЕ силер, що свідчить про високі герметизуючі властивості силера на основі ЕС.

Визначено, що серед всіх коренів ПВМ найвищі показники апікального проникнення барвника, площі зафарбовування та % проникнення зафіксовані у медіальних коренях (група М), що вказує на складну анатомічну будову та ускладнену механічну обробку корневих каналів в даному корені ПВМ.

Встановлено, що ефективність герметизації залежить від анатомічної форми каналу та способу його обробки.

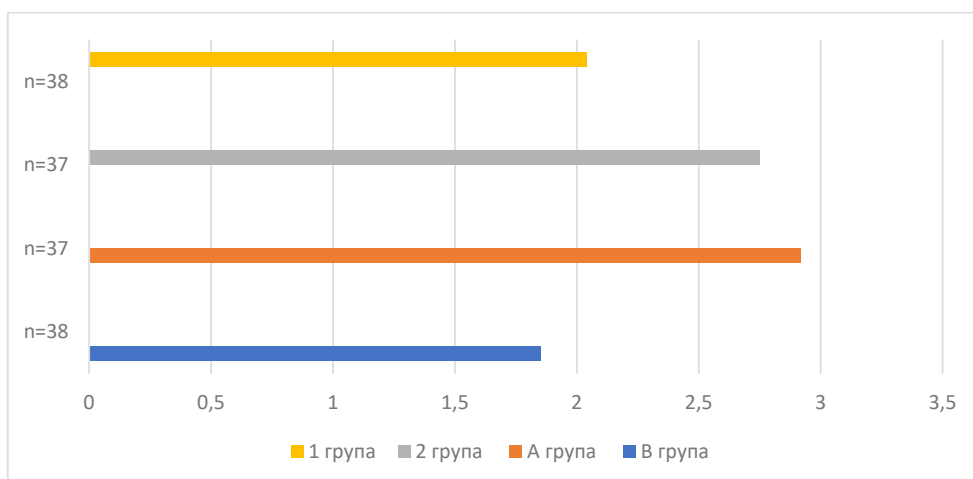


Рис. 3. Порівняння глибини проникнення барвника в апікальній частині кореневого каналу між досліджуваними групами в мм

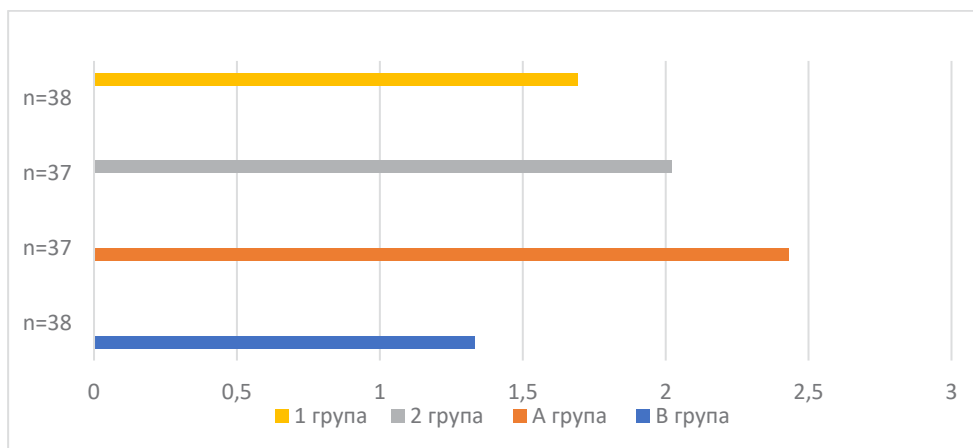


Рис. 4. Порівняння глибини проникнення барвника в коронковій частині кореневого каналу між досліджуваними групами в мм

Виявлено, що при проведенні додаткової герметизації гирлової частини кореневих каналів СІЦ глибина проникнення барвника є значно нижчою, ніж при відсутності герметизації.

Література:

1. Burns L.E., Kim J., Wu Y., Alzwaideh R., McGowan R., Sigurdsson A. Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *Int Endodontic J.* 2022. Vol.55. № 7. P. 714-31.

2. Shin J., Lee D., Lee S. Comparison of antimicrobial activity of traditional and new developed root sealers against pathogens related root canal. *Journal of Dental Sciences.* 2018. Vol.13. № 1. P. 54-9.

3. Komabayashi T., Colmenar D., Cvach N., Bhat A., Primus, C., Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental materials journal.* 2020. Vol.39. № 5 P.703-720 doi:10.4012/dmj.2019-288.

4. Bansode Dr., Pradnya V. et al. Obturating Materials Present and Past: A Review. *Journal of Dental and Medical Sciences.* 2018. Vol.17. № 3 PP 27-33 www.iosrjournals.org.

5. Bodanezi A., Munhoz E. A., Capelozza A. L., Bernardineli N., Moraes I. G., Garcia R. B. Influence of root canal sealer on the radiographic appearance of filling voids in maxillary single-rooted teeth. *Journal of applied oral science: revista FOB.* 2012 Vol.20 № 4 404–409 <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000400003>.

6. Vula V., Stavileci M., Ajeti N., Vula V., Kuçi A., Meqa K. Evaluation of Apical Leakage After Root Canal Obturation with Glass Ionomer, Resin, and Zinc Oxide Eugenol Sealers Combined with Thermafil. *Medical science monitor basic research.* 2022 Vol.28, <https://doi.org/10.12659/MSMBR.936675>.

7. Kobryn N., Hereliuk V. Components of the Effectiveness of Endodontic Treatment Based on Long-term X-ray Criteria. *Archive of Clinical Medicine.* 2022 Vol 28. P. 29-33.

8. De Angelis F., Buonviver M., Argentino R., Vadini M. In Vitro Microleakage Evaluation of Bioceramic and Zinc-Eugenol Sealers with Two Obturation Techniques. *Coatings.* 2021. Vol. 11. № 6. P. 727.

9. Shetty K.P., Satish S.V., Luke A.M., Badade A.R., Kilaru K.R. In vitro interrelationship between apical fill and apical leakage using three different obturation techniques. *J Int Soc Prevent Communit Dent.* 2018. Vol.8. P.503- doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_436_17.

10. D'Costa Vivian, Banger Madhu. Coronal Seal in Endodontics. *International Journal of Current Research.* 2017. Vol.9. P.49499-49502.

11. Humel Maria, Oliveira Marcelo, Cavalli Vanessa, Giannini Marcelo. Effect of storage and disinfection methods of extracted bovine teeth on Bond strength to dentin. *Brazilian Journal of Oral Sciences.* 2006. Vol 6. № 22.

12. Kersten H. W., Tencate J. M., Exterkate R. A., Moorer W. R., Thoden Van Velzen S. K. A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *International endodontic journal.* 1998. Vol.21. № 3. P.191–199. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1988.tb00974.x>

13. Чайковський І.Г. Експериментальне обґрунтування вибору методу тривимірної обтурації кореневих каналів в залежності від методу активації іригаційного розчину на етапі очистки і дезінфекції. *Вісник стоматології.* 2015. № 1. С. 51–55.

14. Poslavskaya O. V. Determination of linear dimensions and square surfaces areas of morphological objects on micrographs using ImageJ software. *In Morphologia.* 2016. Vol. 10. Issue 3. P. 377–381.

15. Barthel C. R., Lösche G. M., Zimmer S., Roulet J. F. Dye penetration in root canals filled with AH26 in different consistencies. *Journal of endodontics,* 1994. Vol.20 № 9. P. 436–439 [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80033-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80033-6).

16. Radeva Elk, Usunov Ivanov. Apical microleakage of four materials after root end resection (in vitro study). *Acta Medica Bulgarica.* 2016. Vol. XLIII. P. 61-67

References:

1. Burns, L.E., Kim, J., Wu.ю Y., Alzwaideh., R., McGowan, R., & Sigurdsson, A. (2022). Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *Int Endodontic J*, 55(7), 714-31 <https://doi.org/10.1111/iej.13736>.

2. Shin, J. H., Lee, D. Y., & Lee, S. H. (2018). Comparison of antimicrobial activity of traditional and new developed root sealers against pathogens related root canal. *Journal of dental sciences*, 13(1), 54–59 <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.10.007>.

3. Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental materials journal*, 39(5), 703–720 <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>.

4. Bansode, P.V., Pathak, S.D., Wavdhane, M., & et al. (2018). Obturating Materials Present and Past: A Review. *J Dent Med Sci*, 17, 27–33 www.iosrjournals.org.

5. Bodanezi, A., Munhoz, E. A., Capelozza, A. L., Bernardineli, N., Moraes, I. G., Garcia, R. B., & Bramante, C. M. (2012). Influence of root canal sealer on the radiographic appearance of filling voids in maxillary single-rooted teeth. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 20(4), 404–409. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000400003>.

6. Vula, V., Stavileci, M., Ajeti, N., Vula, V., Kuçi, A., & Meqa, K. (2022). Evaluation of Apical Leakage After Root Canal Obturation with Glass Ionomer, Resin, and Zinc Oxide Eugenol Sealers Combined with Thermafil. *Medical science monitor basic research*, 28 <https://doi.org/10.12659/MSMBR.936675>.

7. Kobryn, N., & Hereliuk, V. (2022). Components of the Effectiveness of Endodontic Treatment Based on Long-term X-ray Criteria. *Archive of Clinical Medicine*, 28. 29-33 [10.21802/acm.2022.1.2](https://doi.org/10.21802/acm.2022.1.2).
8. De Angelis, F., Buonvivere, M., Argentino, R., & Vadini, M. (2021). In Vitro Microleakage Evaluation of Bioceramic and Zinc-Eugenol Sealers with Two Obturation Techniques. *Coatings*, 11(6), 727 <https://doi.org/10.3390/coatings11060727>.
9. Shetty, K. P., Satish, S. V., Luke, A. M., Badade, A. R., & Kilaru, K. R. (2018). In vitro Interrelationship between Apical Fill and Apical Leakage Using Three Different Obturation Techniques. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 8(6), 503–507 https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_436_17.
10. D'Costa, Vivian & Bangera, Madhu. (2017). Coronal Seal in Endodontics. *International Journal of Current Research*. 9. 49499-49502.
11. Humel, M., Oliveira, M., Cavalli, V., & Giannini, M. (2006). Effect of storage and disinfection methods of extracted bovine teeth on Bond strength to dentin. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 6 (22) [10.20396/bjos.v6i22.8643000](https://doi.org/10.20396/bjos.v6i22.8643000).
12. Kersten, H. W., ten Cate, J. M., Exterkate, R. A., Moorer, W. R., & Thoden van Velzen, S. K. (1988). A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *International endodontic journal*, 21(3), 191–199 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1988.tb00974.x>.
13. Chaikovskii, H.I. (2015) Eksperymentalne obhruntuvannya vybory tryvymirnoi obturacii korenevnykh kanaliv v zalezhnosti vid metody aktyvacii irygacii noho rozchynu na etapi ochystky ta dezinfekcii [Experimental justification of the choice of the method of three-dimensional obturation of root canals depending on the method of activation of the irrigation solution at the stage of cleaning and disinfection.]. *Visnyk Stomatologii – Bulletin of Dentistry*, 1, 51-55 [in Ukrainian].
14. Poslavskaya, O. V. (2016). Determination of linear dimensions and square surfaces areas of morphological objects on micrographs using ImageJ software. In *Morphologia*. Vol. 10, Issue 3, pp. 377–381 <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2016.3.377-381>.
15. Barthel, C. R., Lösche, G. M., Zimmer, S., & Roulet, J. F. (1994). Dye penetration in root canals filled with AH26 in different consistencies. *Journal of endodontics*, 20(9), 436–439 [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80033-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80033-6).
16. Radeva, Elk, Usunov, Ivanov. (2016). Apical microleakage of four materials after root end resection (in vitro study). *Acta Medica Bulgarica*. XLIII. 61-67.