



Facultad de Ciencias de Salud

Especialidad de Endodoncia

Tema:

**Microfisuras Tras Apicectomía con tres Instrumentos Quirúrgicos: Un Estudio
Comparativo con Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)**

Tesis para la obtención del Título de Especialista en Endodoncia

Presentada por:

Od. Daniela Alexandra Gómez Aucancela

Tutor:

Dra. Karol Jazmín Carrillo Rengifo

Quito, septiembre de 2025

RESUMEN

Antecedentes: La Apicectomía está indicada cuando la terapia endodóntica convencional o de retratamiento fracasa, a menudo debido a una anatomía radicular compleja, fracturas o infecciones persistentes. La elección del instrumento quirúrgico puede influir en la integridad del extremo radicular, pudiendo inducir microfisuras que comprometen el pronóstico a largo plazo.

Objetivos: Este estudio se realizó para analizar la superficie del extremo de la raíz en busca de microfisuras dentinarias utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) después de la resección con una fresa de carburo de tungsteno (TCB), una punta ultrasónica recubierta de diamante (DUT) y una sierra quirúrgica (SS).

Materiales y Métodos: Se prepararon endodónticamente sesenta caninos humanos unirradiculares extraídos y se asignaron aleatoriamente a tres grupos ($n = 20$) según el instrumento utilizado para la resección del extremo radicular. Las resecciones se realizaron perpendicularmente al eje longitudinal, eliminando 3 mm del ápice. Las microfisuras se evaluaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con un aumento de $25\times$ y se clasificaron en cinco subtipos. Se aplicaron pruebas de Chi-cuadrado ($\alpha = 0,05$, IC del 95%).

Resultados: Se encontraron diferencias significativas para las microfisuras de tipo Ia ($p < 0,001$), Ib ($p < 0,001$) y IIa ($p = 0,007$). El SS presentó la mayor frecuencia de microfisuras de tipo Ia y IIa, mientras que el TCB presentó la mayor incidencia de tipo Ib. No se observaron diferencias significativas para los tipos IIb ($p = 0,410$) y IIc ($p = 0,217$). El DUT mostró el perfil más conservador.

Conclusiones: La selección del instrumental quirúrgico influye en el tipo y la frecuencia de microfisuras durante la apicectomía. Las puntas ultrasónicas con recubrimiento de diamante parecen minimizar el daño estructural, mientras que las fresas de carburo de tungsteno y las sierras quirúrgicas se asocian con una mayor incidencia de microfisuras. Los profesionales clínicos deben equilibrar la eficiencia del corte con la preservación de la integridad radicular.

Palabras Clave: microfisuras radiculares; apicectomía; microscopía electrónica de barrido; cirugía endodóntica.

DECLARACIÓN DE ACEPTACIÓN DE NORMA ÉTICA Y DERECHOS

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Daniela Alexandra Gómez Aucancela

C.I. 0604833293

DEDICATORIA

Dedico el trabajo de titulación en primer lugar a dios, quien siempre ha estado a mi lado durante mi vida siendo el mejor apoyo. A mi hija por ser mi fuerza y motor de superación.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 2 |
| DECLARACION DE ACEPTACIÓN DE NORMA DE ÉTICA Y DERECHOS..... | 4 |
| DEDICATORIA | 5 |
| Resumen..... | 9 |
| Introducción | 12 |
| Materiales y Métodos..... | 14 |
| Cálculo del Tamaño de la Muestra | 14 |
| Preparación y Evaluación de Muestras | 14 |
| Análisis Estadístico | 16 |
| Resultados | 17 |
| Discusión..... | 18 |
| Conclusión | 20 |
| Referencias..... | 21 |
| Anexos | 25 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Proporción de microfisuras según el instrumento quirúrgico utilizado | 25 |
| Tabla 2. Distribución dicotómica ('sí' y 'no') de microfisuras por tipo, instrumento quirúrgico y significancia estadística (χ^2)..... | 25 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Vista fotográfica del microscopio electrónico de Escaneo de las superficies de los extremos de las raíces resecadas | 26 |
|---|----|

Título del Artículo: Microfisuras tras Apicectomía con tres Instrumentos Quirúrgicos: Un Estudio Comparativo con Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)

Autor: Daniela Alexandra Gómez Aucancela

Correo electrónico: dagomeza@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

Antecedentes: La Apicectomía está indicada cuando la terapia endodóntica convencional o de retratamiento fracasa, a menudo debido a una anatomía radicular compleja, fracturas o infecciones persistentes. La elección del instrumento quirúrgico puede influir en la integridad del extremo radicular, pudiendo inducir microfisuras que comprometen el pronóstico a largo plazo.

Objetivos: Este estudio se realizó para analizar la superficie del extremo de la raíz en busca de microfisuras dentinarias utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) después de la resección con una fresa de carburo de tungsteno (TCB), una punta ultrasónica recubierta de diamante (DUT) y una sierra quirúrgica (SS).

Materiales y Métodos: Se prepararon endodónticamente sesenta caninos humanos unirradiculares extraídos y se asignaron aleatoriamente a tres grupos ($n = 20$) según el instrumento utilizado para la resección del extremo radicular. Las resecciones se realizaron perpendicularmente al eje longitudinal, eliminando 3 mm del ápice. Las microfisuras se evaluaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con un aumento de $25\times$ y se clasificaron en cinco subtipos. Se aplicaron pruebas de Chi-cuadrado ($\alpha = 0,05$, IC del 95%).

Resultados: Se encontraron diferencias significativas para las microfisuras de tipo Ia ($p < 0,001$), Ib ($p < 0,001$) y IIa ($p = 0,007$). El SS presentó la mayor frecuencia de microfisuras de

tipo Ia y IIa, mientras que el TCB presentó la mayor incidencia de tipo Ib. No se observaron diferencias significativas para los tipos IIb ($p = 0,410$) y IIc ($p = 0,217$). El DUT mostró el perfil más conservador.

Conclusiones: La selección del instrumental quirúrgico influye en el tipo y la frecuencia de microfisuras durante la apicectomía. Las puntas ultrasónicas con recubrimiento de diamante parecen minimizar el daño estructural, mientras que las fresas de carburo de tungsteno y las sierras quirúrgicas se asocian con una mayor incidencia de microfisuras. Los profesionales clínicos deben equilibrar la eficiencia del corte con la preservación de la integridad radicular.

Palabras Clave: microfisuras radiculares; apicectomía; microscopía electrónica de barrido; cirugía endodóntica

Mensajes Clave: Este estudio demuestra que la punta ultrasónica de diamante proporciona un corte eficaz con menos microfisuras durante el proceso de resección apical. La sierra quirúrgica SGO-4 obtuvo el peor rendimiento. El manejo adecuado y la irrigación continua son esenciales para obtener resultados óptimos. Los resultados respaldan el uso clínico de la punta ultrasónica P1 B - Bladesonic y resaltan la necesidad de realizar más investigaciones.

Abstract

Background: Apicoectomy is indicated when conventional endodontic therapy or retreatment fails, often due to complex root anatomy, fractures, or persistent infections. The choice of surgical instrument can affect the integrity of the root end, potentially inducing microcracks that compromise the long-term prognosis.

Objectives: This study aimed to analyze the root-end surface for dentinal microcracks using

scanning electron microscopy (SEM) after resection with a tungsten carbide bur (TCB), a diamond-coated ultrasonic tip (DUT), and a surgical saw (SS).

Materials and Methods: Sixty extracted human single-rooted canines were endodontically prepared and randomly assigned to three groups ($n = 20$) according to the instrument used for root-end resection. Resections were performed perpendicular to the longitudinal axis, removing 3 mm of the apex. Microcracks were examined under SEM at $25\times$ magnification and classified into five subtypes. Chi-square tests were applied ($\alpha = 0.05$, 95% CI).

Results: Significant differences were found for Type Ia ($p < 0.001$), Type Ib ($p < 0.001$), and Type IIa ($p = 0.007$) microcracks. The SS group showed the highest frequency of Type Ia and IIa microcracks, while the TCB group exhibited the highest incidence of Type Ib. No significant differences were observed for Types IIb ($p = 0.410$) and IIc ($p = 0.217$). The DUT demonstrated the most conservative profile.

Conclusions: The choice of surgical instrument influences the type and frequency of microcracks during apicoectomy. Diamond-coated ultrasonic tips appear to minimize structural damage, whereas tungsten carbide burs and surgical saws are associated with a higher incidence of microcracks. Clinicians should balance cutting efficiency with the preservation of root integrity.

Keywords: root microcracks; apicoectomy; scanning electron microscopy; endodontic surgery

Key Messages: This study demonstrates that the diamond ultrasonic tip provides effective cutting with fewer microfractures during apical resection. The SGO-4 surgical saw showed the worst performance. Proper handling and continuous irrigation are essential for optimal outcomes. The results support the clinical use of the P1 B – Bladesonic ultrasonic tip and highlight the need for further research.

Introducción

La Apicectomía es un procedimiento quirúrgico que se realiza cuando el tratamiento endodóntico y el retratamiento fallan, lo que generalmente ocurre debido a una anatomía radicular compleja, fracturas o infecciones persistentes (Setzer & Kratchman, 2022; Sumangali et al., 2021; Wang et al., 2025). Su éxito depende de un sellado apical adecuado y de la selección de instrumentos, incluidas fresas de carburo de tungsteno, puntas ultrasónicas de diamante y sierras quirúrgicas (Kim et al., 2020; Kunam et al., 2024; Samborski et al., 2021).

En el caso de las FCT, utilizadas ampliamente en odontología quirúrgica, se distinguen por su elevada resistencia al desgaste y capacidad de corte preciso. Estas fresas hacen posible una rápida remoción del tejido dentinario y del ápice radicular, y el acceso al área quirúrgica. Sin embargo, su uso debe ser cuidadosamente controlado para evitar la generación excesiva de calor, lo que podría inducir microfracturas en la superficie radicular remanente (Samborski et al., 2021). Por su parte, las PUD ofrecen una alternativa tecnológica avanzada que combina precisión y menor riesgo de daño térmico (Gioster-Ramos et al., 2023). Estos equipos, al ser manejados con irrigación continua, permiten cortes controlados y finos, optimando la visualización del campo operatorio y reduciendo la propagación de restos quirúrgicos. En casos específicos donde se requiere un corte más amplio o en zonas con alta densidad ósea, las SIQ pueden proporcionar una opción eficaz, aunque su uso es menos común en la práctica clínica general (Kim et al., 2020).

Estas herramientas se diferencian en términos de precisión, riesgo térmico y capacidad de corte (Gioster-Ramos et al., 2023; Samborski et al., 2021). El microscopio electrónico de barrido permite la identificación de microfisuras inducidas (Çapar et al., 2019; Glera-Suárez et al., 2022;

Saberi et al., 2022), que optimiza la elección de instrumentos y preserva la integridad radicular, mejorando así el pronóstico clínico (Glera-Suárez et al., 2022; Tonelli et al., 2022).

Materiales y Métodos

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética Institucional con el número de referencia CEUHE25-19. Se siguieron la Declaración de Helsinki y los principios de Buenas Prácticas Clínicas.

Cálculo del Tamaño de la Muestra

Se incluyeron caninos unirradiculares extraídos con fines terapéuticos en una clínica dental para estandarizar las características estructurales de las muestras. Se utilizó un muestreo no probabilístico para seleccionar 60 dientes, que se dividieron aleatoriamente en tres grupos de 20 especímenes cada uno, asignados a las tres herramientas quirúrgicas.

Preparación y Evaluación de Muestras

Antes de iniciar los procedimientos experimentales, los dientes recolectados se limpiaron con solución salina (NaCl) durante 30 segundos para eliminar los residuos superficiales y luego se almacenaron en una solución de NaCl a 37 °C hasta su procesamiento.

La apertura de la cámara se realizó con una fresa redonda de carburo de tungsteno y una fresa Endo Z (MDT®, Afula, Israel). La longitud de trabajo (LT) se determinó insertando una lima K n.º 10 (Maillefer, Ballaigues, Suiza) hasta que emergiera del foramen apical y, a continuación, retrocediendo 0,5 mm; este valor se confirmó mediante radiografía digital intraoral.

La instrumentación se realizó con el sistema rotatorio AF One (Fanta Dental, Shanghai, China), siguiendo la secuencia n.º 17/12, n.º 20/06, n.º 25/06 y n.º 35/06, con un motor endodóntico (Endo Pace, Woodpecker, Guilin, China) ajustado a 350 rpm y un torque de 2

N·cm. Entre cada instrumento se irrigaron los canales con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25%, manteniendo la permeabilidad apical con una lima #10 K (Maillefer, Ballaigues, Suiza) que sobrepasaba el foramen en 1 mm.

El protocolo final incluyó irrigación con 3 ml de NaOCl al 5,25 %, neutralización con 3 ml de solución salina y la aplicación de EDTA al 17 % activado con un sistema ultrasónico (Ultra X, Eighteeth, Jiangsu, China) en ciclos de 20 segundos. Se realizó una segunda neutralización con 5 ml de solución salina fisiológica y, a continuación, se secaron los conductos con puntas de papel. La obturación se realizó mediante la técnica de cono único, utilizando gutapercha rotatoria y un cemento sellador de resina epoxi (ADSEAL, Meta Biomed Co. Ltd., Chungcheongbuk-do, Corea del Sur), y la calidad de la obturación se verificó mediante radiografía periapical digital.

Los dientes con tratamiento de conductos se fijaron en una prensa para mantener la estabilidad durante el proceso de resección radicular. Los dientes se dividieron aleatoriamente en tres grupos (n = 20 por grupo) y el procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Grupo 1 (TCB): Se utilizó una fresa de carburo de tungsteno Zekrya (MDT®, Afula, Israel) en una pieza de mano de alta velocidad con irrigación constante para realizar una resección de aproximadamente 3 mm siguiendo el eje longitudinal del diente (Figura 1 – A).

Grupo 2 (DUT): Se utilizó una punta ultrasónica de diamante (P1B-Bladesonic, Helse Ultrasonics, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) con irrigación continua para resecaer aproximadamente 3 mm siguiendo el eje longitudinal del diente (Figura 1 – B).

Grupo 3 (SS): En este caso, se utilizó una sierra quirúrgica SGO-4 (NSK, Kanuma, Japón) acoplada a una pieza de mano de baja velocidad para realizar una resección apical de 3 mm siguiendo el eje longitudinal del diente (Figura 1 – C).

Todos los elementos de corte se reemplazaron después de cinco procedimientos de resección radicular para evitar variaciones por desgaste. Los dientes se montaron sobre una pieza de aluminio recubierta de oro por pulverización catódica, y sus superficies apicales se evaluaron con un microscopio electrónico de barrido JEOL© JSM-IT500 (JEOL Ltd., Tokio, Japón) con un aumento de 25x y una distancia focal de 500 μm . Las observaciones se registraron en hojas de recolección de datos, teniendo en cuenta la categorización de los tipos de microfisuras propuesta por Damor et al. (2024), y se organizaron en una base de datos de Excel para su limpieza.

Análisis Estadístico

El análisis se realizó utilizando el programa estadístico SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, EE. UU.). Se aplicaron estadísticas descriptivas univariadas (frecuencias absolutas y relativas, medias, desviación estándar y porcentajes) y estadísticas bivariadas (tablas de contingencia y prueba de chi-cuadrado para evaluar la asociación entre variables). También se realizó un análisis inferencial utilizando odds ratios o razón de posibilidades y regresión logística para identificar los factores asociados con la eficacia de la intervención. Se adoptó un nivel de significación de $\alpha = 0,05$, un margen de error del 5 % y un intervalo de confianza del 95 %.

Resultados

El escaneo por microscopía electrónica de barrido (SEM) identificó cinco subtipos de microfisuras: Ia, Ib, IIa, IIb y IIc (Figura 1-D).

Tabla 1 resume la proporción de cada subtipo de microfisura por instrumento. Las microfisuras de tipo Ia (desde la superficie externa hasta la pared del conducto) fueron más frecuentes en SS (23,3 %) en comparación con TCB (6,7 %) y DUT (3,3 %) ($p < 0,001$). Las microfisuras de tipo Ib (entre dos superficies externas sin afectar la pared del conducto) predominaron en TCB (25,0 %) en comparación con DUT y SS (3,3 % cada uno) ($p < 0,001$). En cuanto a las microfisuras de tipo IIa (superficie externa hacia la dentina), SS mostró la mayor proporción (31,7 %), seguida de TCB y DUT (18,3 % cada uno) ($p = 0,007$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las microfisuras de tipo IIb ($p = 0,410$) ni de tipo IIc ($p = 0,217$).

Tabla 2 presenta la distribución dicotómica de la presencia (“sí”) o ausencia (“no”) de cada tipo de microfisura, junto con la significancia estadística de chi-cuadrado (χ^2). El mayor número de casos de “sí” para los tipos Ia y IIa se registró en SS, mientras que TCB mostró la mayor frecuencia de “sí” para el tipo Ib. Se observaron distribuciones similares de “sí/no” para los tipos IIb y IIc en todos los grupos, lo que confirma la ausencia de asociación significativa entre estos subtipos y el instrumento utilizado.

Discusión

Este estudio evaluó la influencia de tres instrumentos quirúrgicos diferentes (fresa de carburo de tungsteno [TCB], punta ultrasónica diamantada [DUT] y sierra quirúrgica [SS]) en la incidencia y el tipo de microfisuras radiculares mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados revelaron diferencias significativas entre los instrumentos en cuanto a microfisuras completas (tipos Ia y Ib) y microfisuras incompletas superficiales (tipo IIa), mientras que no se observó una asociación significativa en microfisuras incompletas más profundas (IIb) ni en microfisuras intradentales (IIc).

La mayor proporción de microfisuras tipo Ia con SS (23,3%) en comparación con TCB y DUT es consistente con Damor et al. (2024), quienes informaron que las técnicas de corte mecánico más agresivas tienden a causar grietas que se extienden desde la superficie exterior hasta la pared del conducto. El predominio de microfisuras de tipo Ib con TCB (25,0%) coincide con John et al. (2022) y Mandviwala et al. (2021), quienes atribuyeron estos defectos a la acción rotatoria y la rápida eliminación de dentina, características de las fresas.

Con respecto a las microfisuras de tipo IIa, la mayor frecuencia con SS corrobora las observaciones de Bhanja et al. (2025), quienes descubrieron que los instrumentos de corte mecánico, en particular las fresas y las sierras, tienen mayor probabilidad de producir grietas superficiales en comparación con las puntas ultrasónicas o la preparación láser. La incidencia comparativamente menor de microfisuras completas con el dispositivo bajo prueba (DUT) respalda la evidencia previa. Jitendra et al. (2024) y Palma et al. (2020) indicaron que las puntas ultrasónicas, especialmente con irrigación continua, ejercen menos estrés mecánico y térmico, lo que resulta en una conservación más moderada de la dentina.

La ausencia de diferencias significativas para las microfisuras IIb y IIc refleja los hallazgos de Damor et al. (2024), lo que sugiere que este tipo de grietas podrían estar más relacionadas con la estructura intrínseca de la dentina o con defectos preexistentes que con el propio instrumento de corte.

Una publicación reciente de Zheng et al. (2024) se destacó que, si bien las puntas ultrasónicas permiten una preparación más selectiva y conservadora, pueden propagar microfisuras preexistentes bajo tensiones laterales. Esto subraya la importancia de considerar tanto la generación como la propagación de grietas al seleccionar la técnica de apicectomía (Naghavi et al., 2024; Veronica et al., 2025).

En general, estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar tanto la eficiencia de corte como la preservación estructural al seleccionar los instrumentos para la apicectomía. Las puntas ultrasónicas parecen ofrecer un perfil más conservador, mientras que la sierra quirúrgica debe reservarse para casos específicos y utilizarse siguiendo protocolos diseñados para minimizar el estrés mecánico y térmico en la estructura radicular.

Conclusión

Todos los métodos de apicectomía provocaron la aparición de microfisuras en la superficie radicular. Sin embargo, la DUT presentó el perfil más conservador. Por lo tanto, al seleccionar los instrumentos para la apicectomía, se debe buscar un equilibrio entre la eficiencia de corte y la preservación de la integridad radicular.

Referencias

- Bhanja, J., Agrawal, S., Mathur, R., Sharma, D., Gazal, S., & Awadesh, A. R. (2025). To compare and evaluate microcracks and smear layer after root end preparation by laser, ultrasonic tip, and conventional bur in single-rooted teeth: «Scanning electron microscope study». *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 28(1), 16-20. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_733_24
- Çapar, İ. D., Gök, T., Uysal, B., & Keleş, A. (2019). Comparison of microcomputed tomography, cone beam tomography, stereomicroscopy, and scanning electron microscopy techniques for detection of microcracks on root dentin and effect of different apical sizes on microcrack formation. *Microscopy Research and Technique*, 82(10), 1748-1755. <https://doi.org/10.1002/jemt.23341>
- Damor, P. R., Sharma, S., Kumar, V., Chawla, A., & Logani, A. (2024). Topography of root-end surface after freehand and three-dimensional-guided apicoectomy procedure: A scanning electron microscope study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(4), 424-428. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_77_24
- Gioster-Ramos, M. L., Pivoto-João, M. M. B., Pinto, J. C., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2023). Diamond-coated ultrasonic tip decreases debris and uninstrumented surface after preparation of curved canals with isthmus. *Brazilian Oral Research*, 37, e102. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2023.vol37.0102>
- Glera-Suárez, P., Pallarés-Serrano, A., Soto-Peñaloza, D., Tarazona-Álvarez, B., Peñarrocha-Diago, M., & Peñarrocha-Oltra, D. (2022). Endoscopic findings in periapical surgery. A

- cross-sectional study of 206 roots. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 27(4), e375-e382. <https://doi.org/10.4317/medoral.25311>
- Jitendra, K. D., Borkar, A. C., Aras, S., Gambhir, A., Nihalani, H., & Humnabad, V. K. (2024). Dentine Crack Formation Induced by Ultrasonic Tips and Laser as Compared to Conventional Burs During Root-end Preparation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Advanced Oral Research*, 15(2), 113-123. <https://doi.org/10.1177/23202068241266385>
- John, J., Singh V. P., P., Karuveetil, V., M., R., Subramanian, D., & Haridas, K. (2022). Comparison of crack formation induced by ultrasonic tips and burs during root-end preparation: A systematic review and meta-analysis. *Evidence-Based Dentistry*, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41432-022-0823-0>
- Kim, U., Kim, S., & Kim, E. (2020). The application of “bone window technique” using piezoelectric saws and a CAD/CAM-guided surgical stent in endodontic microsurgery on a mandibular molar case. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45(3), e27. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e27>
- Kunam, D., Bode, Y., Narra, P. M., Krishna, C. H. N. V. M., Reddy, S. N., & Venkateshwarlu, M. (2024). Comparative evaluation of apical microleakage of mineral trioxide aggregate, Biodentine, and Bio-C Repair as root-end filling materials using dye extraction method: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(12), 1305-1309. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_616_24
- Mandviwala, D. K., Agrawal, V. S., & Kapoor, S. V. (2021). Evaluation of microcrack formation after root-end preparation with two different types of ultrasonic retrotips and conventional

- bur: A stereomicroscopic study. *Endodontology*, 33(2), 69.
https://doi.org/10.4103/endo.endo_42_21
- Naghavi, M., Ong, K. L., Aali, A., Ababneh, H. S., Abate, Y. H., Abbafati, C., Abbasgholizadeh, R., Abbasian, M., Abbasi-Kangevari, M., Abbastabar, H., ElHafeez, S. A., Abdelmasseh, M., Abd-Elsalam, S., Abdelwahab, A., Abdollahi, M., Abdollahifar, M.-A., Abdoun, M., Abdulah, D. M., Abdullahi, A., ... Murray, C. J. L. (2024). Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*, 403(10440), 2100-2132. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00367-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00367-2)
- Palma, P. J., Marques, J. A., Casau, M., Santos, A., Caramelo, F., Falacho, R. I., & Santos, J. M. (2020). Evaluation of Root-End Preparation with Two Different Endodontic Microsurgery Ultrasonic Tips. *Biomedicines*, 8(10), 383. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8100383>
- Saberi, E., Bijari, S., & Dinarvand, R. (2022). Scanning electron microscopic evaluation of the effect of different root-end resection methods in the crack formation in root canals filled with mineral trioxide aggregate or calcium-enriched mixture cement. *Dental Research Journal*, 19, 110.
- Samborski, S., Józwiak, J., Skoczylas, J., & Kłonica, M. (2021). Adaptation of Fracture Mechanics Methods for Quality Assessment of Tungsten Carbide Cutting Inserts. *Materials*, 14(13), 3441. <https://doi.org/10.3390/ma14133441>
- Setzer, F. C., & Kratchman, S. I. (2022). Present status and future directions: Surgical endodontics. *International Endodontic Journal*, 55 Suppl 4, 1020-1058.
<https://doi.org/10.1111/iej.13783>

- Sumangali, A., Tiwari, R. V. C., Kollipara, J., Mirza, M. B., Brar, R. S., & Dhewale, A. M. (2021). Various Assisted Bone Regeneration in Apicectomy Defects Systematic Review and Meta Analysis. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(Suppl 2), S927-S932. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_375_21
- Tonelli, S. Q., de Toubes, K. S., Brabo Pereira, A. M., de Oliveira Miranda, A. C., Fernandes, L. L., Nunes, E., & Silveira, F. F. (2022). Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: A scientometric and bibliometric analysis. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 25(1), 78-87. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_469_21
- Veronica, A. K., Susila, A. V., & Prakash, V. (2025). Dentinal Defects, Cracks, and Fracture Generation during Ultrasonic Root-End Preparation: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vivo Studies. *Journal of Endodontics*, S0099-2399(25)00268-7. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.05.015>
- Wang, H., Xu, X., Bian, Z., Liang, J., Chen, Z., Hou, B., Qiu, L., Chen, W., Wei, X., Hu, K., Wang, Q., Wang, Z., Li, J., Huang, D., Wang, X., Huang, Z., Meng, L., Zhang, C., Xie, F., ... Yu, Q. (2025). Expert consensus on apical microsurgery. *International Journal of Oral Science*, 17(1), 2. <https://doi.org/10.1038/s41368-024-00334-8>
- Zheng, C., Wu, W., Zhang, Y., Tang, Z., Xie, Z., & Chen, Z. (2024). A novel simplified approach for endodontic retrograde surgery in short single-rooted teeth. *BMC Oral Health*, 24(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03879-6>

Anexos

Tabla 1

Proporción de microfisuras según el instrumento quirúrgico utilizado

| Microfisura Tipo | TCB n (%) | DUT n (%) | SS n (%) | p-valor |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Ia | 4 (6.7) | 2 (3.3) | 14 (23.3) | <0.001 |
| Ib | 15 (25.0) | 2 (3.3) | 2 (3.3) | <0.001 |
| IIa | 11 (18.3) | 11 (18.3) | 19 (31.7) | 0.007 |
| IIb | 11 (18.3) | 10 (16.7) | 14 (23.3) | 0.410 |
| IIc | 18 (30.0) | 17 (28.3) | 20 (33.3) | 0.217 |

Nota: *TCB: Fresa de carburo de tungsteno; DUT: Punta ultrasónica recubierta de diamante; SS: Sierra quirúrgica. *

Tabla 2

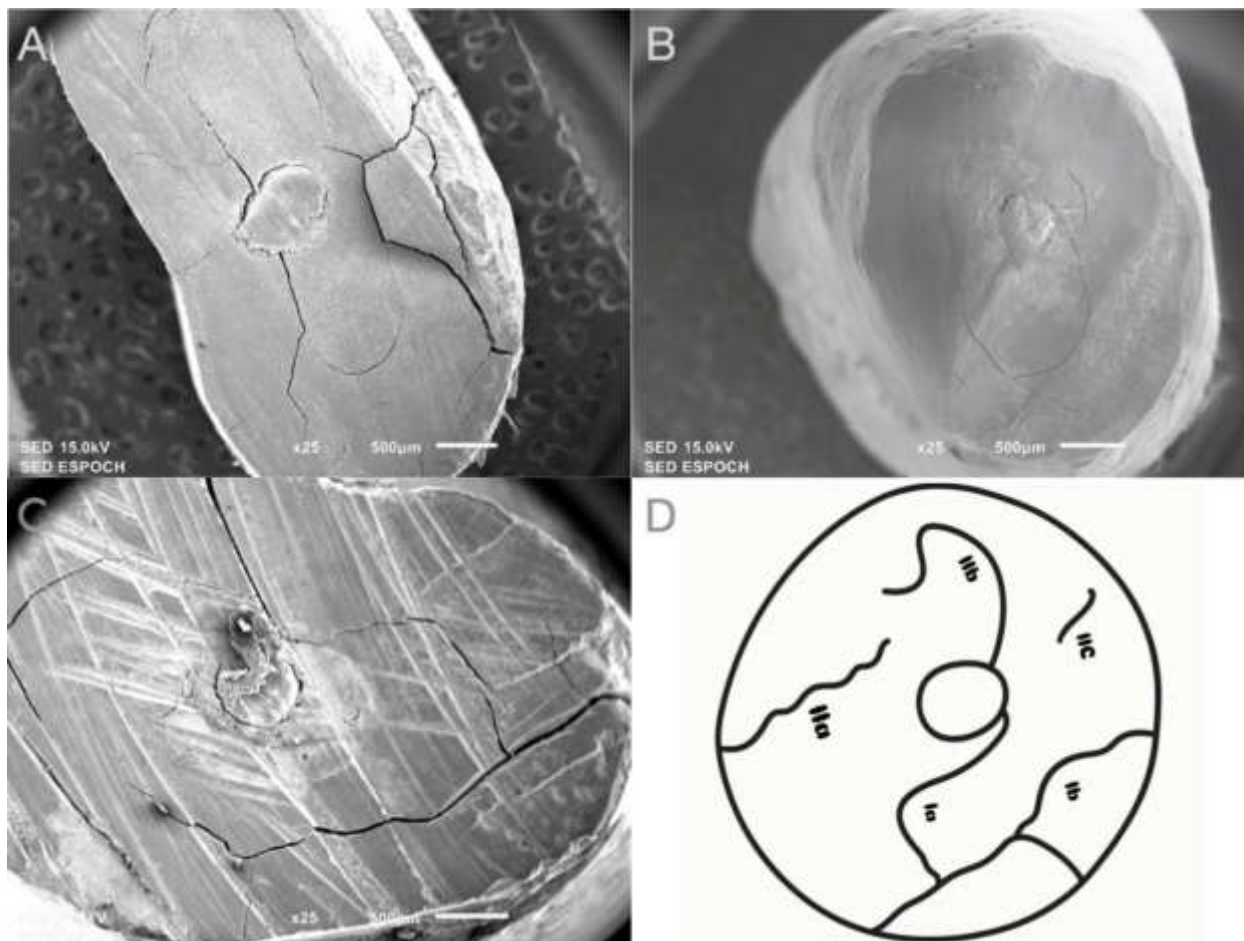
Distribución dicotómica ('sí' y 'no') de microfisuras por tipo, instrumento quirúrgico y significancia estadística (χ^2)

| Microfisura Tipo | Categoría | TCB n (%) | DUT n (%) | SS n (%) | Total n (%) | p-valor |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Ia | Sí | 4 (6.7) | 2 (3.3) | 14 (23.3) | 20 (33.3) | <0.001 |
| Ia | No | 16 (26.7) | 18 (30.0) | 6 (10.0) | 40 (66.7) | |
| Ib | Sí | 15 (25.0) | 2 (3.3) | 2 (3.3) | 19 (31.7) | <0.001 |
| Ib | No | 5 (8.3) | 18 (30.0) | 18 (30.0) | 41 (68.3) | |
| IIa | Sí | 11 (18.3) | 11 (18.3) | 19 (31.7) | 41 (68.3) | 0.007 |
| IIa | No | 9 (15.0) | 9 (15.0) | 1 (1.7) | 19 (31.7) | |
| IIb | Sí | 11 (18.3) | 10 (16.7) | 14 (23.3) | 35 (58.3) | 0.410 |
| IIb | No | 9 (15.0) | 10 (16.7) | 6 (10.0) | 25 (41.7) | |
| IIc | Sí | 18 (30.0) | 17 (28.3) | 20 (33.3) | 55 (91.7) | 0.217 |
| IIc | No | 2 (3.3) | 3 (5.0) | 0 (0.0) | 5 (8.3) | |

Nota: *TCB: Fresa de carburo de tungsteno; DUT: Punta ultrasónica recubierta de diamante; SS: Sierra quirúrgica. *

Figura 1

Vista fotográfica del microscopio electrónico de Escaneo de las superficies de los extremos de las raíces reseca



Nota: Vista fotográfica del microscopio electrónico de Escaneo de las superficies de los extremos de las raíces reseca con (A) fresa de carburo de tungsteno, (B) punta ultrasónica recubierta de diamante y (C) sierra quirúrgica (D) Ilustración esquemática de microfisuras: tipos Ia, IIa, Ib, IIb y IIc