

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN ENDODONCIA

**ABORDAJE ORTÓGRADO Y QUIRÚRGICO DE PERFORACIÓN
RADICULAR**

ALUMNO: Od. Polenta María Elena

DIRECTOR: Od. Reyes Gimena

MENDOZA, JULIO 2026

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo constante durante mi formación en la Especialidad en Endodoncia.

A todos los Profesores, Odontólogos, Especialista en Endodoncia por la dedicación y apoyo que me han brindado, así como todos los conocimientos, experiencias y resolución de problemas durante todo el tiempo de mi formación en la Especialidad.

Y por último a todos mis colegas, Odontólogos compañeros que tuve la oportunidad de conocer, unos más que a otros, pero de quienes me llevo lo mejores recuerdos de historias de vidas.

A todos muchas gracias.

ÍNDICE

Resumen	Pág. 04
Introducción	Pág. 06
Caso Clínico	Pág. 20
Discusión	Pág. 24
Conclusión	Pág. 33
Bibliografía	Pág. 34

RESUMEN

Las perforaciones radiculares constituyen una comunicación entre el sistema de conductos y los tejidos periodontales adyacentes, representando la segunda causa más común de fracaso endodóntico, con una incidencia que oscila entre el 0,7% y el 10% de los casos. Su etiología se divide en causas iatrogénicas, vinculadas a errores de instrumentación o desconocimiento anatómico, y causas patológicas, como reabsorciones radiculares o caries profundas. La clasificación según la ubicación anatómica —coronal, crestral o apical— determina el pronóstico y las opciones terapéuticas, siendo las perforaciones a nivel crestral las de pronóstico más desfavorable. El diagnóstico oportuno, apoyado en herramientas como el localizador apical, la radiografía periapical y la tomografía computarizada de haz cónico, resulta esencial para evitar la contaminación bacteriana y asegurar un pronóstico favorable. El objetivo del presente trabajo fue analizar la evidencia científica disponible sobre las perforaciones radiculares, considerando sus factores etiológicos, métodos diagnósticos, criterios pronósticos y opciones de tratamiento, a través de la presentación de un caso clínico de perforación accidental en el tercio cervical del elemento 21 en una paciente de 54 años. El manejo clínico consistió en un retratamiento endodóntico bajo aislamiento absoluto, con desobturación ultrasónica, localización de la perforación mediante localizador apical, preparación del defecto con ultrasonido, sellado interno con Bio-C Repair complementado con resina fluida, e instrumentación mecanizada con limas reciprocantes NiTi R-Motion. La irrigación se realizó con hipoclorito de sodio al 5,25% activado ultrasónicamente, EDTA al 17% y solución fisiológica. La obturación se efectuó mediante condensación lateral con cemento Sealapex. A los 30 días, ante la persistencia de sensibilidad gingival, se realizó una cirugía periodontal con levantamiento de colgajo mucoperióstico, desbridamiento y reparación externa con Bio-C Repair, con evolución clínica favorable al retiro de suturas. La discusión comparativa con la literatura publicada en los últimos cinco años permitió identificar tendencias y consensos emergentes: el uso de CBCT para el diagnóstico preciso, la implementación de protocolos de irrigación con activación ultrasónica, la selección de materiales biocerámicos como el Bio-C Repair por sus ventajas operativas, y la consideración de abordajes quirúrgicos complementarios cuando el manejo ortógrado inicial resulta insuficiente. Se destaca que las perforaciones, incluso cuando son extensas o

antiguas, pueden ser manejadas exitosamente con las técnicas y materiales actuales, siendo el factor determinante la capacidad de lograr un sellado hermético y biocompatible.

En conclusión, el manejo exitoso de las perforaciones radiculares depende de la integración sinérgica de cuatro pilares fundamentales: diagnóstico preciso, desinfección rigurosa, selección de materiales biocerámicos con capacidad de sellado hermético y biocompatibilidad, e implementación de estrategias terapéuticas adaptadas a las características particulares de cada perforación. La evolución desde materiales tradicionales hacia los biocerámicos premezclados ha ampliado significativamente las posibilidades de preservación dental, transformando una complicación temida en una oportunidad de éxito clínico.

INTRODUCCIÓN

La perforación radicular se define como una comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos que anclan el diente a la cavidad oral (Fuss y Trope, 1996). De manera complementaria, la Asociación Americana de Endodoncistas establece que se trata de una conexión mecánica o patológica entre el sistema de conductos y la superficie externa del diente (Alshehri *et al.*, 2024). Ambas posturas coinciden en que esta complicación constituye un evento indeseado que compromete la integridad estructural de la raíz y deriva en la destrucción de los tejidos periodontales adyacentes debido al paso de microorganismos (Alshehri *et al.*, 2024). La relevancia de este fenómeno en la práctica clínica es evidente, pues se considera la segunda causa más común de fracaso endodóntico, representando aproximadamente el 9,62% de los casos fallidos (Alshamrani *et al.*, 2023). Otros estudios sugieren cifras variables de incidencia que oscilan entre el 0,7% y el 10% (Clauder, 2022). El impacto de estas lesiones es tal que entre el 2,9% y el 4,2% de las extracciones de dientes tratados se deben directamente a perforaciones o errores de instrumentación (Alshehri *et al.*, 2024; Clauder, 2022).

Según la zona donde se ubica la lesión, Fuss y Torpe (1996), clasifican las perforaciones radiculares como perforación coronal al nivel del hueso crestral y la inserción epitelial con daño mínimo a los tejidos de soporte y fácil acceso, teniendo buen pronóstico; luego la perforación crestral a nivel de la inserción epitelial dentro del hueso crestral, que tienen un pronóstico más cuestionable, y finalmente la perforación apical, apical al hueso crestral y la inserción epitelial, ésta también con buen pronóstico.

La etiología de las perforaciones se divide fundamentalmente en causas iatrogénicas y no iatrogénicas o patológicas (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). Las causas iatrogénicas son el resultado de un conocimiento insuficiente de la anatomía dental, errores en la apreciación de la inclinación del diente o fallos técnicos durante el tratamiento (Alshamrani *et al.*, 2023; Kvinnsland *et al.*, 1989). reportan que el 53% de las perforaciones iatrogénicas ocurren durante la preparación del espacio para pernos en tratamientos prostodónticos, mientras que el 47% restante se produce durante procedimientos endodónticos de rutina (Alshehri *et al.*, 2024; Clauder, 2022). Estas lesiones se categorizan según el momento y el lugar de su aparición. Las perforaciones en el tercio coronal suelen presentarse durante la localización y ensanchamiento de los orificios de los conductos,

especialmente ante calcificaciones, angulaciones marcadas entre corona y raíz, o una remoción invasiva de dentina (Alshehri *et al.*, 2024). En los dientes anteriores, el riesgo aumenta cuando se subestima la inclinación palatina del diente, lo que lleva a perforaciones en la cara labial (Alshamrani *et al.*, 2023). Las perforaciones del tercio medio son generalmente consecuencia de una instrumentación agresiva en conductos estrechos o curvos que provoca que el instrumento se desvíe del centro del conducto (Alshehri *et al.*, 2024). Por último, en el tercio apical, los accidentes se asocian al uso de instrumentos rígidos que causan el transporte del conducto (zipping) que se produce al intentar enderezar una curva natural, deformando el conducto hasta darle una forma ovalada de reloj de arena en el extremo apical-, o la formación de escalones (Alshehri *et al.*, 2024).

Las causas patológicas o no iatrogénicas incluyen procesos de reabsorción y caries dental (Kakani *et al.*, 2015). La reabsorción radicular se refiere a la pérdida gradual de dentina y cemento debido a la actividad continua de las células osteoclásticas. Cuando la reabsorción radicular ocurre dentro del sistema de conductos radiculares, se denomina reabsorción radicular inflamatoria interna. Ésta, aparece radiográficamente como un ensanchamiento ovalado del sistema de conductos y, aunque su causa exacta es idiopática, se asocia a traumatismos e inflamación pulpar (Alshehri *et al.*, 2024). Aunque, en general, es rara y típicamente un evento aislado; si este proceso avanza sin control, puede perforar hacia los tejidos perirradiculares; por lo tanto, es crucial controlar la enfermedad con detección e intervención tempranas antes de que llegue a esta etapa. La reabsorción radicular externa implica la destrucción del cemento y el ligamento periodontal en la superficie externa de la raíz y puede progresar hasta alcanzar las paredes del conducto (Alshehri *et al.*, 2024). Por otro lado, las lesiones cariosas profundas afectan el piso de la cámara pulpar en molares o se extienden por la raíz también generan comunicaciones artificiales, aunque en estos casos la capacidad de restauración del diente suele ser desfavorable. Para tratar dichas perforaciones puede ser necesario un tratamiento de conducto, alargamiento de la corona y extrusión o resección de la raíz para retener suficientes segmentos radiculares. Sin embargo, la restaurabilidad de los dientes es desfavorable en la mayoría de estos casos (Alshehri *et al.*, 2024).

El diagnóstico oportuno es imperativo para evitar la proliferación bacteriana y asegurar un pronóstico favorable (Alshehri *et al.*, 2024). Clínicamente, las perforaciones se manifiestan a través de signos característicos como una hemorragia profusa inesperada dentro de la cámara o el conducto y la manifestación de dolor repentino por parte del paciente si la

anestesia no es profunda (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). Cuando la lesión es coronal o se sitúa por encima de la inserción periodontal, es posible detectar la filtración de saliva o de soluciones irrigantes hacia el interior del diente; en estos casos, los pacientes suelen reportar un sabor desagradable característico de los agentes químicos empleados (Alshehri *et al.*, 2024). La presencia de sangre en una punta de papel introducida en el conducto también sirve como un indicador clínico de la existencia de una comunicación (Alshehri *et al.*, 2024; Alshamrani *et al.*, 2023).

Las herramientas tecnológicas actuales mejoran significativamente la precisión diagnóstica. El localizador electrónico de ápice es un dispositivo altamente confiable para confirmar la perforación; cuando el instrumento contacta con el tejido periodontal a través del defecto, el aparato muestra una lectura de "0" (Alshehri *et al.*, 2024; Alshamrani *et al.*, 2023). El microscopio operativo dental permite una visualización directa y detallada de la ubicación y extensión de la perforación gracias a su iluminación brillante y alta capacidad de magnificación (Alshehri *et al.*, 2024; Alshamrani *et al.*, 2023). En cuanto a la evaluación radiográfica, la radiografía periapical convencional sigue siendo fundamental, aunque su naturaleza bidimensional limita la visualización de perforaciones en las caras linguales o vestibulares (Alshamrani *et al.*, 2023). Para superar esta limitación, se emplea la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la cual proporciona imágenes tridimensionales que permiten evaluar con exactitud el diámetro y la localización del defecto (Alshehri *et al.*, 2024; Clauder, 2022). Clauder (2022) advierte que la presencia de materiales radiopacos previos, como pernos o gutapercha, puede generar artefactos que dificulten la interpretación de las imágenes tridimensionales.

El manejo clínico de la perforación tiene como objetivo principal la regeneración de los tejidos periodontales sanos, evitando la inflamación crónica o la pérdida de inserción (Alshehri *et al.*, 2024; Clauder, 2022). En los casos en que hay rotura periodontal, el objetivo del tratamiento pasa a restablecer la unión del tejido. Por lo tanto, una reparación exitosa de la perforación depende de sellar eficazmente la perforación y restaurar un ligamento periodontal sano. Independientemente del sitio, tamaño o tiempo de reparación, se debe ofrecer tratamiento para evitar complicaciones adicionales. Las dos opciones de tratamiento en tales casos son la reparación o la extracción.

Primero, se debe evaluar la restaurabilidad del diente. Una perforación patológica extensa normalmente hace que el diente sea irrestaurable. Si el diente se considera irrestaurable o es imposible completar el tratamiento de endodoncia, se debe informar al paciente sobre los

beneficios de la extracción y las posibles opciones de prostodoncia. Para algunos dientes, acceder a la perforación puede representar un riesgo significativo de daño colateral o falla, lo que hace que la extracción sea la única opción viable. Si el diente se considera restaurable, se puede considerar la reparación (Jew, 1979). Como una buena visibilidad es crucial para evaluar adecuadamente el sitio dañado, se recomienda acceder a un microscopio operativo (Farzaneh *et al.*, 2006). El sellado oportuno de la perforación, el tipo de material utilizado, la ubicación de la perforación y el sellado adecuado de la perforación son factores importantes para un manejo exitoso de la perforación.

El enfoque del tratamiento se divide en técnicas no quirúrgicas (ortógradas) y quirúrgicas (Alshamrani *et al.*, 2023). El abordaje ortógrado se aplica preferentemente de forma inmediata tras el accidente; en esta etapa, el control de la hemorragia es crítico y se logra mediante presión, irrigación o el uso de agentes hemostáticos como el hidróxido de calcio (Alshehri *et al.*, 2024). Por ejemplo, se puede aplicar una jeringa de hidróxido de calcio en el canal y dejar que permanezca durante 4 a 5 minutos antes de enjuagar con hipoclorito de sodio (NaOCl). Esta técnica debe repetirse 2-3 veces. Otros materiales utilizados para detener el sangrado incluyen el colágeno, el sulfato de calcio y el hueso seco congelado (Alshehri *et al.*, 2024; Alshamrani *et al.*, 2023). Los materiales utilizados en el enfoque ortógrado pueden ser materiales de barrera absorbibles tales como colágeno y sulfatos de calcio, o materiales de barrera no absorbibles tales como MTA, super EBA, cemento resinoso, restauradores unidos a compuestos y cemento de fosfato cálcico (Jew *et al.*, 1982). Por su parte, en el caso de la perforación radicular a nivel cervical, se requiere de materiales biocompatibles, con un tiempo de fraguado corto y buenas propiedades de sellado. Para perforaciones de gran tamaño en la región de la furca de los molares, se sugiere la técnica de matriz interna empleando materiales como la hidroxiapatita o el yeso de París para evitar la extrusión del material de obturación hacia el ligamento periodontal (Kakani *et al.*, 2015; Alshehri *et al.*, 2024). También para estos casos resultan idóneos materiales como el MTA, iRoot BP, cemento mixto enriquecido con calcio, ProRoot MTA y Biodentine (Hartwell *et al.*, 1993). En el caso de perforaciones a nivel de la cresta ósea en dientes unirradiculares, una opción es la extrusión ortodóntica para desplazar la lesión a una posición más coronal, facilitando su sellado externo (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024).

El reimplante intencional es una alternativa cuando los métodos ortógrados o quirúrgicos convencionales no son viables o implican una pérdida ósea excesiva (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). Esta técnica requiere la extracción atraumática del diente, la

reparación inmediata del defecto fuera de la boca y la reimplantación rápida; no obstante, conlleva riesgos significativos de anquilosis y reabsorción radicular inflamatoria (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). El abordaje quirúrgico se reserva para casos con fallos en la curación no quirúrgica, lesiones de gran tamaño asociadas a procesos de reabsorción o presencia de defectos óseos persistentes (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). Los parámetros a considerar antes del tratamiento quirúrgico incluyen la cantidad de hueso restante, el grado de destrucción ósea, la duración del defecto, el estado de la enfermedad periodontal, el nivel de inserción de los tejidos blandos, la higiene bucal y la experiencia del cirujano en el tratamiento de tejidos. Este procedimiento implica el levantamiento de un colgajo de espesor total y, en ocasiones, una osteotomía para acceder al sitio afectado y sellarlo bajo visualización directa (Alshehri *et al.*, 2024).

La cirugía periapical constituye una alternativa terapéutica cuando el acceso ortógrado no permite el adecuado manejo de la perforación o cuando persisten signos de inflamación y destrucción ósea a pesar del tratamiento convencional (Kim y Kratchman, 2006; Von Arx, 2011). Este abordaje permite acceder directamente al defecto mediante el levantamiento de un colgajo mucoperióstico y la realización de una osteotomía limitada, facilitando la visualización y el tratamiento del área comprometida bajo control directo.

Uno de los procedimientos más importantes dentro de la cirugía periapical es el curetaje periapical, que consiste en la remoción del tejido inflamatorio, granulomatoso o quístico presente en la región perirradicular. La eliminación de estos tejidos favorece la reducción de la carga microbiana y de los mediadores inflamatorios, creando condiciones biológicas más favorables para la reparación y regeneración de los tejidos periapicales (Kim y Kratchman, 2006). Posteriormente, puede realizarse la reparación de la perforación y, cuando está indicado, la resección del extremo radicular afectado.

Los avances en microscopía operatoria, instrumentación ultrasónica y materiales biocerámicos han mejorado significativamente el pronóstico de los procedimientos quirúrgicos endodónticos. La utilización de magnificación e iluminación adecuadas permite una identificación más precisa de los defectos radiculares y una colocación controlada de materiales de reparación como el agregado de trióxido mineral (MTA) y el Biodentine, los cuales han demostrado excelentes propiedades de sellado y biocompatibilidad (Setzer *et al.*, 2010; Von Arx, 2011).

Diversos estudios han demostrado que la cirugía endodóntica moderna presenta elevadas tasas de éxito clínico y radiográfico cuando se realiza bajo protocolos microquirúrgicos

contemporáneos. Estas técnicas permiten conservar dientes que, de otro modo, tendrían un pronóstico desfavorable o requerirían extracción, constituyendo una opción terapéutica predecible en casos seleccionados de perforaciones radiculares asociadas a lesiones periapicales persistentes (Tsesis *et al.*, 2009; Setzer *et al.*, 2010).

La selección del material de reparación es determinante para el éxito del tratamiento (Alshamrani *et al.*, 2023). Un material ideal debe ser biocompatible, poseer capacidad bacteriostática, ser radiopaco y promover la osteogénesis y cementogénesis (Kakani *et al.*, 2015; Alshehri *et al.*, 2024), también debe proporcionar un sellado adecuado, no ser tóxico, no ser cariogénico, ser relativamente económico y fácil de manipular (Hartwell *et al.*, 1993). Históricamente, se emplearon materiales como la amalgama, el óxido de zinc-eugenol, el Super EBA, el IRM, el Cavit, el Cemento de Ionómero de Vidrio, la lámina de indio, Yeso de París, Gutapercha, Cemento de Ionómero Vidrio Modificado con Metal, Composite, Virutas de dentina, Hueso seco congelado descalcificado, Cemento de Fosfato de Calcio, Cemento de Fosfato Tricálcico, Hidroxiapatita, Hidróxido de Calcio, Cemento Portland. (Kakani *et al.*, 2015; Alshehri *et al.*, 2024).

La lámina de indio se utilizó como material de reparación de perforaciones principalmente para prevenir la sobreobturbación excesiva (Aguirre *et al.*, 1986). Sin embargo, se ha reportado que el uso de lámina de indio condujo a una mayor gravedad de la reabsorción ósea en comparación con los grupos donde la perforación se reparó sin el uso de lámina de indio.

Aguirre *et al.*, asumieron que la amalgama y la lámina de indio se unirían para proporcionar un sellado satisfactorio. Condensaron amalgama sobre matrices de lámina de indio para prevenir la extrusión de la amalgama. Pero los resultados de ese estudio mostraron que la amalgama sola proporcionó resultados clínicos e histológicos significativamente mejores que las matrices de lámina de indio para la reparación de perforaciones de furcación (Aguirre *et al.*, 1986).

La amalgama ha sido uno de los materiales multipropósito desde tiempos antiguos. Aunque se usa más comúnmente como material restaurador, también se experimentó para rellenar perforaciones endodónticas. En un estudio de Mahmoud *et al.*; la amalgama, cuando se usó como material de reparación para perforación de furcación, mostró propiedades de sellado superiores en comparación con Cavit y el hidróxido de calcio (El Deeb *et al.*, 1982). En otro estudio de Benenati *et al.*, se encontró que la amalgama era un material de reparación más aceptable que la gutapercha caliente condensada verticalmente (Benenati. *et al.*, 1986).

Otro de los materiales que tiene una amplia gama de uso en los campos de la medicina y la odontología es el yeso de París (hemihidrato de sulfato de calcio beta). Guliford recomendó el yeso de París para la reparación de perforaciones de furcación hace mucho tiempo, en 1901 (Himel *et al.*,1995). La colocación de un material de reparación para proporcionar un sellado perfecto es una tarea difícil; esto se puede superar con la provisión de una matriz biocompatible (Lemon,1992). Como el material de la matriz permanece en el espacio del ligamento periodontal, debe ser biocompatible y preferiblemente reabsorbible. El yeso de París es uno de esos materiales, con su tasa de reabsorción igualando la tasa de crecimiento de hueso nuevo en el tejido (Bahn, 1962). Se ha utilizado como sustituto óseo para rellenar defectos y espacios. Ahora bien; en un estudio sobre el efecto de la colocación de la matriz en la reparación de perforaciones de furcación, la matriz de yeso de París mejoró el sellado con amalgama, pero no con Ketacsilver. (Jantarat *et al.*, 1999)

Por su parte, uno de los cementos terapéuticos utilizados para varios propósitos en el campo de la odontología es el óxido de zinc-eugenol. (ZOE). Bramante *et al.*, reportaron que las perforaciones reparadas con ZOE mostraron un mal pronóstico; puesto que puede causar reacciones inflamatorias severas con formación de abscesos y reabsorción de la cresta alveolar cuando se usa como material de reparación de perforaciones de furcación (Bramante *et al.*,1987)

El Super EBA (ácido super etoxibenzoico) es un cemento de óxido de zinc-eugenol reforzado con alúmina. Se utilizó para el sellado de perforaciones del piso de la cámara pulpar o más abajo dentro del conducto radicular. Tiene buenas propiedades, como su facilidad de manipulación y su excepcional biocompatibilidad con los tejidos periapicales su alta adherencia y adaptación a las paredes dentinarias es una ventaja adicional (Oynick *et al.*,1985). Según un estudio de J Kenneth Weldon *et al.*, el Super-EBA permitió significativamente menos microfiltración que el MTA a las 24 horas; mientras que la combinación de MTA y Super-EBA proporcionó un sellado más rápido que el MTA solo (Weldon *et al.*,2002). En un estudio de Luke G Moloney *et al.*, el cemento EBA proporcionó un sellado superior en perforaciones radiculares laterales en comparación con el cemento de ionómero de vidrio plateado, mientras que la amalgama fue intermedia entre los dos (Moloney *et al.*,1993)

El Material Restaurador Intermedio (IRM), es un cemento de óxido de zinc-eugenol reforzado. Cuando se usó sin una matriz interna, mostró una filtración significativa, por lo que solo debe usarse con la ayuda de una matriz (Hashem *et al.*, 2008) Un estudio de

Francesco Mannocci *et al.*, mostró que el IRM filtró significativamente menos que la amalgama cuando se usó para la reparación de perforaciones laterales inducidas experimentalmente (Mannocci *et al.*, 1997). Por otro lado; cuando se probaron amalgama, IRM y agregado de trióxido mineral para la reparación de perforaciones radiculares creadas experimentalmente, los resultados mostraron que el agregado de trióxido mineral tuvo significativamente menos filtración que el IRM o la amalgama (Lee *et al.*, 1993).

Introducida por Bowman en 1867, la gutapercha es el material de relleno de conductos más comúnmente utilizado en endodoncia. Cuando se usó para la reparación de perforaciones, Lantz y Persson (1976) reportaron que la gutapercha resultó en una inflamación menor que el cemento de fosfato de zinc o la amalgama (Lantz *et al.*, 1967). Sin embargo, Benenati *et al.*, concluyeron que las reparaciones realizadas con gutapercha fallaron más a menudo que aquellas realizadas con amalgama (Benenati *et al.*, 1986).

Por su parte, el Cavit es una pasta de polivinilo premezclada que no contiene eugenol. Debido a sus propiedades como facilidad de manipulación y capacidad de sellado adecuada, se prefirió para rellenar perforaciones endodónticas (Widerman *et al.*, 1971). Se reportó que el Cavit producía un sellado superior al cemento de óxido de zinc-eugenol, al cemento de fosfato de zinc, a la gutapercha, e igual a la amalgama (Parris *et al.*, 1964). Widerman *et al.*, afirmaron que el Cavit no inhibía la cicatrización de las lesiones en el sitio de una perforación, ni había una probabilidad significativa de que se desarrollara una lesión adyacente a una perforación reparada con Cavit cuando no había una lesión presente inicialmente (Widerman *et al.*, 1971).

El ionómero de vidrio es un sistema de polvo y líquido. El polvo se compone de sílice, alúmina, fluoruro de aluminio, fluoruro de calcio, fluoruro de sodio, fosfato de aluminio, y el líquido consiste en ácido poliacrílico, ácido tartárico y agua. Cuando se usó como material de reparación de perforaciones, Alhadainy y Himel encontraron que el cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizado exhibía un mejor sellado que la amalgama o Cavit cuando se usaba para reparar perforaciones de furcación (Alhadainy *et al.*, 1993). Un estudio posterior sugirió que el cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizado tiene una capacidad de sellado superior en comparación con el cemento de ionómero vítreo curado químicamente (Alhadainy *et al.*, 1993). En otro estudio, James *et al.*, concluyeron que no había una diferencia significativa en el grado medio de filtración del colorante entre los tres grupos, es decir, cemento de ionómero vítreo fotopolimerizado, cemento de fosfato de calcio o cemento de ionómero vítreo fotopolimerizado colocado sobre una matriz de cemento de fosfato de

calcio, cuando se usaban para reparar perforaciones (Chau *et al.*,1997). En general, se ha demostrado que el cemento de ionómero vítreo exhibe un mayor potencial de sellado que los materiales convencionales debido a su propiedad de adhesión. El cemento de ionómero vítreo plateado es un producto de sinterización de plata pura con aluminosilicato. Tiene propiedades como adhesión a la dentina, radiopacidad, fraguado rápido y facilidad de aplicación. Debido a estas propiedades, también se ha utilizado para la reparación de perforaciones (Benenati *et al.*, 1986). Fuss *et al.*, evaluaron la capacidad de sellado del cemento de ionómero vítreo plateado (Chelon silver) en el tratamiento de perforaciones de furcación in vitro y lo compararon con la amalgama. Los resultados mostraron que las perforaciones reparadas con Chelon Silver filtraron significativamente menos que aquellas reparadas con amalgama, y su filtración fue menor que la del grupo de cámara pulpar intacta, aunque esta diferencia no fue significativa (Fuss *et al.*, 2000). Los estudios encontraron que el cemento de ionómero vítreo modificado con resina proporcionaba un mejor sellado que la amalgama o Cavit (Jantarat *et al.*,1999) y era superior al cemento de ionómero vítreo convencional de fraguado químico y a la resina compuesta cuando se usaba para sellar perforaciones de furcación (Himel. *et al.*, 1995).

El Bisfil 2B, un composite híbrido de autopolimerización, se había probado como material de reparación de perforaciones. El mismo había mostrado una mejor capacidad de sellado que la amalgama y el IRM o cuando se usaba para la reparación de perforaciones laterales. Sin embargo, el inconveniente de este material es que mostró la tasa más alta de sobreobturación cuando se usó para reparar perforaciones laterales (Mannocci F, 1997).

Las virutas de dentina se utilizan también como matriz en la reparación de defectos de perforación. Petersson *et al.*, utilizaron virutas de dentina como matrices debajo de AH26 para obturar defectos de perforación. Sin embargo, reportaron la formación de bolsas periodontales apicales a la perforación independientemente de la técnica utilizada (Petersson *et al.*, 1985).

El Hueso Desmineralizado Liofilizado (DFDB) es biocompatible, relativamente no tóxico, fácil de obtener, fácil de usar, relativamente económico, fácil de manipular, se degrada completamente durante el proceso de reparación y actúa como una excelente barrera contra la cual se puede colocar el material de relleno. Cuando se empaqueta en el defecto óseo, se mezcla con la sangre presente y se suelda, formando una masa sólida para rellenar completamente el defecto (Hartwell GR,1993). En un estudio de Hartwell *et al.*, encontró hallazgos tanto positivos como negativos asociados con el uso de DFDB como material de

reparación de perforaciones. Los aspectos positivos incluyeron los excelentes hallazgos clínicos y radiográficos al final de los 6 meses. Todos los dientes exhibieron tejidos blandos periodontales de apariencia normal, ausencia de bolsas periodontales o defectos de furcación y ausencia de inflamación en el 85% de las muestras. Los hallazgos negativos incluyeron la ausencia de nueva formación ósea y crecimiento epitelial en todas las muestras (Hartwell, 1993).

El cemento de fosfato de calcio (CPC) es una mezcla de dos compuestos de fosfato de calcio, uno de los cuales es ácido que puede ser fosfato dicálcico dihidratado ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), o fosfato dicálcico anhidro (CaHPO_4), y el otro es fosfato tetracálcico básico ($\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2$). Se utiliza agua como vehículo para la disolución de los reactivos y la precipitación del producto (Chau *et al.*, 1997). La reacción de fraguado es: $\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2 + \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$, donde el producto final es hidroxiapatita. Se ha demostrado que el cemento de fosfato de calcio es altamente compatible con los tejidos duros y blandos, y es reemplazado por hueso mediante osteoconducción y absorción concurrente del cemento. En un estudio de James *et al.*, el CPC no mostró diferencias significativas en el porcentaje de filtración o profundidad de la perforación en comparación con el cemento de ionómero vítreo fotopolimerizado; sin embargo, se observó extrusión del cemento de fosfato de calcio en todas las muestras, mientras que el cemento de ionómero vítreo no exhibió extrusión (Chau *et al.*, 1997).

El fosfato tricálcico consiste en una cerámica biodegradable (Synthograft) y ha mostrado una aplicación muy prometedora en terapia periodontal porque son compatibles con los tejidos periodontales. Cuando se usó como material de reparación de perforaciones, el fosfato tricálcico mostró evidencia de cicatrización por la presencia de capas de epitelio, colágeno y hueso, con pocas células inflamatorias en el sitio de la perforación (Himel *et al.*, 1985), pero el grado de inflamación que causó fue mayor que el de la amalgama y la hidroxiapatita, y menor que el del hidróxido de calcio (Balla *et al.*, 1991).

La Hidroxiapatita se puede usar tanto como matriz interna como material directo de reparación de perforaciones. Cuando se usa como material de reparación de perforaciones de furcación, ha demostrado reconstruir la pérdida ósea de la furcación debida a la perforación radicular iatrogénica (Roane *et al.*, 1987). Cuando se usa como matriz interna para prevenir la extrusión de materiales como amalgama o ionómero vítreo, actúa como una matriz estable que soporta el material de reparación que se colocará posteriormente (Lemon. 1992).

El Hidróxido de Calcio, desde su introducción por Herman en la década de 1920, se ha utilizado para una amplia gama de propósitos tanto en el campo de la odontología conservadora como en endodoncia. Es una sustancia biológicamente compatible con los tejidos pulpar y periodontal. En cuanto a su composición, el hidróxido de calcio consiste en una pasta base y una pasta catalizadora. La pasta base consiste en 1-metil trimetileno disalicilato, sulfato de calcio, dióxido de titanio, tungstato de calcio o sulfato de bario, y la pasta catalizadora consiste en hidróxido de calcio, óxido de zinc, estearato de zinc, etileno tolueno, sulfonamida. P Bogaerts *et al.*, utilizaron hidróxido de calcio como matriz y Super EBA como material para la reparación de perforaciones. Esto condujo a buenos resultados clínicos (Bogaerts, 1997). En otro estudio de Clovis Monteiro Bramante *et al.*, las muestras tratadas con pasta de hidróxido de calcio más yodoformo para la reparación de perforaciones, mostraron necrosis en el sitio de la perforación y diferentes niveles de hiperplasia del cemento. (Bramante, 1987).

El cemento Portland fue inventado y patentado por Joseph Aspdin en 1824 en Inglaterra. Es el tipo de cemento más común en uso en todo el mundo, compuesto de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminoferrita tetracálcica y sulfato de calcio hidratado (Silva Neto *et al.*, 2010). Induce la formación de hueso y cemento cuando se usa como material de reparación de perforaciones, pero no proporciona un sellado hermético a los fluidos (Silva Neto *et al.*, 2010). En un estudio de Shahriar S *et al.*, el cemento Portland mostró una mejor capacidad de sellado que el MTA cuando se usó para la reparación de perforaciones de furca (Shahriar *et al.*, 2009).

Ahora bien, el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) es considerado por múltiples autores como un material superior a los anteriores, debido a su excelente capacidad de sellado y su capacidad de fraguar en presencia de sangre o humedad (Alshehri *et al.*, 2024). Consiste en partículas finas hidrofílicas de silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato, sulfato de calcio dihidratado, aluminoferrita tetracálcica y pequeñas cantidades de óxidos minerales (óxido de bismuto). El MTA estimula a los cementoblastos para producir una matriz que facilita la formación de cemento y hueso (Kakani *et al.*, 2015). Sus principales desventajas son su alto costo, el tiempo de fraguado prolongado de aproximadamente 165 minutos y el riesgo de decoloración dental (Kakani *et al.*, 2015; Alshehri *et al.*, 2024). Según Weldon JK *et al.*, la combinación de MTA y Super-EBA proporcionó un sellado más rápido que el MTA solo (Weldon JK, 2002).

Actualmente, la evolución en la ciencia de materiales ha llevado a la introducción de biocerámicos avanzados como Biodentine, Endosequence y BioAggregate (Alshehri *et al.*, 2024).

El Biodentine es un material bioactivo a base de silicato de calcio con partículas más densas y menos porosas que el MTA, lo que le otorga propiedades mecánicas superiores, una manipulación más sencilla, un pH altamente alcalino y un tiempo de fraguado más corto, de unos 12 minutos (Kakani *et al.*, 2015; Alshehri *et al.*, 2024), siendo también biocompatible, lo que lo convierte en un material favorable para la reparación de perforaciones (Priyalakshmi *et al.*, 2014) (Han *et al.*, 2011). Es un sistema de polvo y líquido. El polvo se compone de silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato y óxido de calcio, óxido de hierro, óxido de zirconio excluyendo el aluminato de calcio, el óxido de bismuto y el sulfato de calcio que se encuentran en el MTA. El líquido consiste en cloruro de calcio, y un polímero hidrosoluble. En un estudio de Guneser *et al.*, Biodentine mostró un rendimiento considerable como material de reparación de perforaciones incluso después de ser expuesto a varios irrigantes endodónticos en comparación con el MTA (Guneser *et al.*, 2013). Aunque su fuerza de unión es menor que la del MTA en presencia de contaminación sanguínea, la Biodentina muestra una mejor adhesión en ambientes estériles (Alshehri *et al.*, 2024).

El Endosequence, también conocido como material de reparación radicular (ERRM). Se compone principalmente de óxido de circonio, fosfato cálcico monobásico y óxido de tantalio. Es un compuesto premezclado, insoluble, hidrofílico y bioactivo que no contiene aluminio, lo que facilita la aplicación clínica al no requerir mezcla manual. La activación de ERRM comienza con la exposición a la humedad, lo cual es ventajoso y proporciona una excelente propiedad de sellado. Tiene un tiempo de trabajo de más de 30 minutos y una reacción de fraguado iniciada por la humedad con un fraguado final que se logra en aproximadamente 4 horas. Se produce con partículas de nanoesferas que permiten que el material entre en los túbulos dentinarios e interactúe con la humedad presente en la dentina. Esto crea una unión mecánica al fraguar, y le otorga al material una estabilidad dimensional excepcional. Junto con esto, el material tiene características de biocompatibilidad superiores debido a su alto pH (Damas *et al.*, 2011; Nasseh, 2009). El material de reparación radicular Endosequence simula el fluido tisular, a la vez que una solución salina amortiguada con fosfato, lo que resulta en la precipitación de cristales de apatita que se hacen más grandes con tiempos de inmersión crecientes, concluyendo así que es bioactivo (Shokouhinejad *et al.*, 2012). En un estudio de Jeevani *et al.*, Endosequence mostró una mejor capacidad de

sellado en comparación con MTA y Biodentine como materiales de reparación de las perforaciones localizadas en la furca (Jeevani *et al.*, 2014). Estos atributos hacen que ERRM sea adecuado para el tratamiento de la perforación dental (Weldon *et al.*, 2002). Algunos estudios in vitro han indicado que ERRM exhibe una capacidad de sellado comparable a la de MTA (Mannocci *et al.*, 1997), mientras que otros han descubierto que el primero tiene una mayor capacidad de sellado que el segundo (Alshehri *et al.*, 2024).

El BioAggregate es otro cemento biocerámico que promueve la formación de tejido mineralizado y la precipitación de cristales de apatita que se hacen más grandes con tiempos de inmersión crecientes, lo que sugiere también que es bioactivo (Shokouhinejad *et al.*, 2012). Tiene una biocompatibilidad y capacidad de sellado comparables a las del MTA (Zhang *et al.*, 2009), pero destaca por ser más resistente a los ambientes con pH ácido en comparación con el MTA. Está compuesto de silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato cálcico monobásico, dióxido de silicio amorfo y pentóxido de tantalio (Tabla 1).

Material	Biocompatibility	Sealing ability	Antibacterial	Osteogenesis effect
Mineral trioxide aggregate	✓	✓	✓	✓
Biodentine	✓	✓	✓	✓
Endosequence	✓	✓	✓	✓
BioAggregate	✓	✓	✓	✓

Tabla 1. Tabla tomada de Alshehri, M. M., Alhawsawi, B. F., Alghamdi, A., Aldobaikhi, S. O., Alanazi, M. H., & Alahmad, F. A. (2024). The Management of Root Perforation: A Review of the Literature. *Cureus*, 16(10), e72296. <https://doi.org/10.7759/cureus.72296>. Resume las propiedades de los materiales biocerámicos utilizados para la reparación de perforaciones radiculares.

El pronóstico de un diente con perforación depende de diversos factores críticos, principalmente de la ausencia de infección bacteriana en la lesión (Alshehri *et al.*, 2024). El tiempo es esencial: las "perforaciones frescas" tratadas de inmediato en condiciones asépticas tienen un pronóstico mucho más favorable que las "perforaciones antiguas", las cuales suelen estar contaminadas e infectadas (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). El tamaño de la perforación es igualmente determinante; se considera que las perforaciones pequeñas, menores al diámetro de una lima número 20, permiten un sellado más hermético y presentan mejores resultados clínicos (Alshehri *et al.*, 2024). La ubicación del defecto también influye de manera drástica; las perforaciones situadas coronal o apicalmente a la cresta ósea suelen tener buen pronóstico, mientras que aquellas localizadas

al nivel de la cresta ósea y la inserción epitelial son críticas debido al alto riesgo de contaminación bacteriana permanente desde el surco gingival (Alshehri *et al.*, 2024; Kakani *et al.*, 2015). Algunos autores señalan que el pronóstico suele mejorar a medida que la perforación se sitúa en una posición más apical (Alshamrani *et al.*, 2023).

Finalmente, no deben ignorarse los factores sistémicos del paciente que pueden afectar la respuesta del huésped y el proceso de reparación. Holland *et al.* (2017) concluyen que enfermedades crónicas como la diabetes mellitus y la hipertensión, así como los desequilibrios hormonales y la edad, influyen en la inmunidad y el resultado de la curación periapical (Alshehri *et al.*, 2024). Por ejemplo, la hiperglucemia persistente compromete la respuesta inmune, y la hipertensión puede reducir la capacidad de inducción de mineralización de materiales como el MTA (Holland *et al.*, 2017). Otros elementos como el estado pulpar previo y la ubicación del diente (maxilar o mandibular) son mencionados en las fuentes, aunque se aclara que su impacto real requiere de mayor investigación (Alshehri *et al.*, 2024).

En conclusión, el éxito en el manejo de las perforaciones radiculares incidentales depende de una triada fundamental: diagnóstico precoz, selección técnica adecuada y el uso de materiales biocompatibles de última generación.

El objetivo de este trabajo es analizar la evidencia científica disponible sobre las perforaciones radiculares, abordando su etiología, diagnóstico, factores pronósticos y modalidades terapéuticas, así como evaluar la aplicación de técnicas quirúrgicas y de materiales biocerámicos en la reparación de estos defectos y su influencia en el pronóstico clínico.

CASO CLÍNICO

Paciente de sexo femenino de 54 años de edad fue derivada a la Clínica de la Especialidad de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo debido a una perforación radicular accidental localizada en el tercio cervical del elemento dentario 21, producida durante la realización de un tratamiento endodóntico.

Se realizó la historia clínica médica completa, un mes después de la derivación, sin registrarse antecedentes sistémicos de relevancia. El examen clínico extraoral no evidenció tumefacción ni sensibilidad ganglionar a la palpación. En el examen clínico intraoral no se observaron aumentos de volumen; sin embargo, se registró sensibilidad a la palpación en la región comprometida.

Se realizaron pruebas de sensibilidad pulpar térmica. La prueba de frío se efectuó mediante Endo Ice® (Coltene Whaledent, Suiza), mientras que la prueba de calor se realizó utilizando una barra de gutapercha (Meta Biomed, Corea del Sur). Ambas pruebas arrojaron respuestas negativas. Las pruebas de percusión vertical y horizontal resultaron positivas y el elemento dentario no presentó movilidad.

La radiografía periapical preoperatoria evidenció una perforación localizada en el tercio cervical radicular del elemento 21, asociada a material de obturación endodóntico y a un conducto previamente obturado (fig. 1).

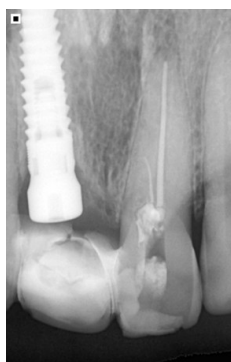


Fig. 1 Radiografía Periapical preoperatoria del elemento 21

Previo al tratamiento, se realizó la planificación del mismo en dos etapas, una primera sesión donde se realizaría un retratamiento de conducto y resolver la perforación por vía ortógrada y en una segunda sesión para eliminar por vía quirúrgica el material extravasado a través de

la perforación, donde la paciente aceptó y firmó el consentimiento informado correspondiente a cada etapa.

Se administró anestesia infiltrativa subperióstica mediante carticaína al 4 % con epinefrina 1:100.000 (Totalcaina Forte®, Bernabó, Argentina).

Se realizó aislamiento absoluto con goma dique, arco de Young y clamp para incisivos superiores. La desobturación del conducto radicular se efectuó mediante ultrasonido e instrumentación manual hasta recuperar la permeabilidad del conducto y localizar la perforación cervical. La longitud de trabajo fue determinada mediante localizador apical (Woodpecker, China). Una vez identificada la perforación, de un tamaño mayor a una lima k n°20, se realizó su preparación mediante ultrasonido bajo abundante irrigación, eliminándose restos de gutapercha y tejido de granulación (fig. 2).

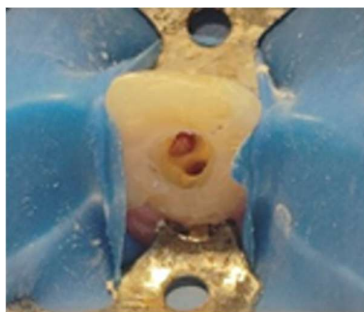


Fig. 2. Vista clínica de perforación radicular en pared mesial del tercio cervical.

Posteriormente, se colocó un cono de gutapercha en el interior del conducto para evitar la migración del material reparador (fig. 3). La obturación de la perforación se realizó mediante Bio-C Repair® (Angelus, Brasil) y se complementó con resina fluida Tetric N-Flow® (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).



Fig. 3 Cono de gutapercha colocado para evitar la obstrucción del conducto con material, durante el sellado de la perforación

La conformación definitiva del conducto se efectuó mediante limas reciprocantes de níquel-titanio R-Motion® (FKG Dentaire, Suiza). La irrigación se realizó con hipoclorito de sodio al 5,25 % (Tedequim®, Argentina), complementándose con aspiración mediante microcánulas.

La irrigación final activada ultrasónicamente incluyó hipoclorito de sodio al 5,25 %, EDTA al 17 % (Tedequim®, Argentina) y lavado final con solución fisiológica.

El conducto radicular fue secado con conos de papel absorbente (Meta Biomed®, Corea del Sur). La obturación se realizó mediante técnica de condensación lateral utilizando un cono principal de gutapercha #30/.04 y cemento sellador Sealapex® (Kerr®, Estados Unidos).

La cavidad de acceso fue sellada provisionalmente con ionómero vítreo Ionofil Plus® (VOCO®, Alemania). La paciente fue citada para la realización de una cirugía periodontal destinada al abordaje externo del defecto radicular.

En el control realizado al mes, la paciente refirió persistencia de sensibilidad gingival. Se realizó cirugía periodontal con levantamiento de un colgajo mucoperióstico de espesor total, desbridamiento del tejido inflamatorio y reparación externa de la perforación mediante Bio-C Repair® (Angelus, Brasil). Posteriormente, el colgajo fue reposicionado y estabilizado mediante suturas (fig. 4) y se realizó una radiografía periapical de control postquirúrgico con el fin de verificar el correcto sellado de la perforación (fig. 5).

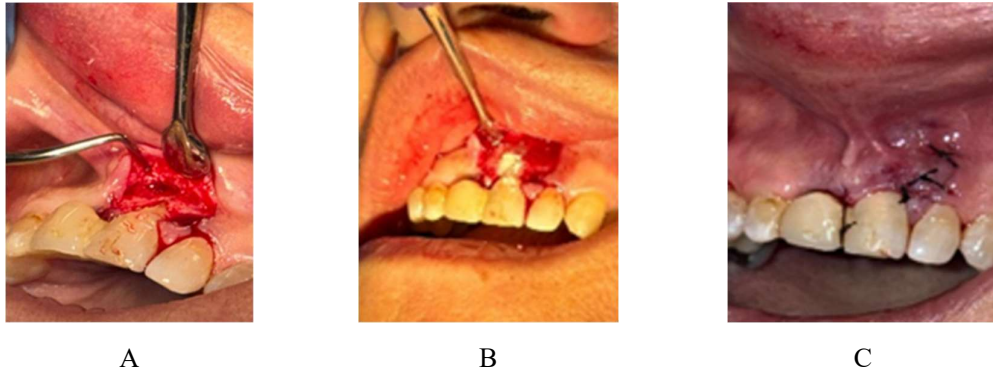


Fig. 4. Secuencia quirúrgica: A) Colgajo mucoperóstico de espesor total, B) Sellado con Bio C Repair®, C) Reposición del colgajo y sutura.



Fig.5. Radiografía periapical de control postquirúrgico

A la semana de la intervención se efectuó el control postoperatorio y el retiro de los puntos de sutura, observándose una evolución clínica favorable y adecuada cicatrización de los tejidos blandos (fig 6).



Fig. 6. Control postquirúrgico y retiro de sutura.

DISCUSIÓN

El manejo de las perforaciones radiculares iatrogénicas constituye uno de los desafíos clínicos más complejos en la práctica endodóntica contemporánea. El caso clínico presentado, correspondiente a una paciente de 54 años con perforación radicular accidental localizada en el tercio cervical del elemento 21, ocurrida durante la realización de un tratamiento de conducto un mes antes de la derivación, ofrece una oportunidad valiosa para analizar las estrategias terapéuticas empleadas y contrastar dichas decisiones con la evidencia disponible en la literatura de los últimos cinco años. La discusión que se desarrolla a continuación interpreta los hallazgos del caso clínico presentado, los compara sistemáticamente con los casos publicados previamente y reflexiona sobre su aplicabilidad clínica, con el propósito de extraer conclusiones generales sobre técnicas y materiales aplicables al manejo de perforaciones radiculares.

Al examinar la totalidad de los casos clínicos recuperados para esta discusión, se observa una diversidad significativa en la localización anatómica de las perforaciones. El caso clínico presenta una perforación en el tercio cervical del incisivo central superior (elemento 21), coincidiendo con el reporte de Morocho-Monteros *et al.* (2024), quienes documentaron una perforación en la pared palatina del tercio medio radicular del elemento 11. Esta similitud anatómica sugiere que los dientes anteriores maxilares constituyen un sitio de riesgo elevado para perforaciones durante procedimientos endodónticos, particularmente cuando existe inclinación palatina pronunciada o calcificaciones pulpares. Por el contrario, otros casos analizados presentan localizaciones distintas; Almufleh (2026) reportó una perforación extensa en el tercio medio de la raíz distal de un primer molar mandibular, mientras que Ahmed (2024) documentó una perforación asociada a retratamiento en un premolar mandibular con raíz dilacerada. Estas diferencias anatómicas son relevantes, pues la accesibilidad al sitio de perforación y las opciones terapéuticas disponibles varían sustancialmente entre dientes anteriores y posteriores.

En cuanto a la edad y el sexo de los pacientes, el caso clínico (mujer de 54 años) se alinea con la tendencia observada en la literatura, donde la mayoría de los reportes corresponden a pacientes de edad media o avanzada. Shetty *et al.* (2024) presentaron un caso en una paciente de 52 años, y Bhopatkar *et al.* (2023) en una de 48 años. Esta distribución etaria podría explicarse por la mayor complejidad anatómica y la presencia de calcificaciones pulpares en

dientes de pacientes adulto mayores, factores que incrementan el riesgo de perforación durante la instrumentación.

El tiempo transcurrido entre la perforación y la reparación constituye una variable crítica que influye directamente en el pronóstico. En el caso aquí descrito, la paciente fue derivada un mes después de ocurrido el accidente, y la reparación se realizó en ese momento, lo que clasifica esta perforación como "antigua" según los criterios establecidos en el marco teórico (Alshamrani *et al.*, 2023; Alshehri *et al.*, 2024). Esta característica contrasta con otros reportes donde la reparación fue inmediata. Toubes *et al.* (2021) reportaron que en sus dos casos la perforación fue identificada y reparada durante la misma sesión en que ocurrió el accidente. Almufleh (2026) también documentó una reparación realizada el mismo día de la perforación, observando una curación completa a los 24 meses de seguimiento. La diferencia en los plazos de reparación podría explicar la necesidad de un abordaje quirúrgico complementario en el presente caso, ya que las perforaciones antiguas suelen presentar tejido de granulación establecido y contaminación bacteriana que dificultan la resolución exclusivamente ortógrada.

El tamaño de la perforación es otro factor pronóstico determinante. El presente caso evidenció una perforación con diámetro mayor al de una lima K 20. Almufleh (2026) documentó una perforación de aproximadamente 3.5 mm de diámetro, considerada extensa, que sin embargo logró curación completa con reparación no quirúrgica. Shetty *et al.* (2024) presentaron un caso de reabsorción radicular interna perforante extensa que requirió un manejo combinado. La literatura sugiere que el tamaño, aunque importante, no debe llevar a una actitud terapéutica nihilista, pues incluso perforaciones de gran magnitud pueden tener desenlaces favorables cuando se sellan adecuadamente.

En lo que respecta a las herramientas diagnósticas; el empleo de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) constituye un aspecto diferencial entre los casos analizados. En el caso clínico, se indicó la realización de un estudio de CBCT antes de la derivación, lo que demuestra una aproximación diagnóstica actualizada. En efecto, Almufleh (2026) también hace uso de la CBCT, incluyendo mediciones precisas de la perforación y evaluación de la cicatrización postratamiento. Morocho-Monteros *et al.* (2024) también enfatizaron el valor añadido de la CBCT para determinar la posición real del conducto y la localización precisa de la perforación.

Por su parte, el localizador electrónico de ápice fue empleado en el presente caso para confirmar la ubicación de la perforación, observándose una lectura de "0" al contactar el

instrumento con el tejido periodontal. Este hallazgo clínico coincide con lo descrito por Ahmed (2024), quien también utilizó esta tecnología para la confirmación diagnóstica de la perforación durante el procedimiento de retratamiento. La utilidad del localizador apical en este contexto es ampliamente reconocida en la literatura, tal como se señaló en el marco teórico (Alshehri *et al.*, 2024; Alshamrani *et al.*, 2023).

Por otra parte, la irrigación constituye un pilar fundamental en el manejo de las perforaciones radiculares, pues la desinfección del sitio defectuoso es condición necesaria para la reparación. El caso clínico se implementó un protocolo de irrigación exhaustivo que incluyó hipoclorito de sodio al 5.25% administrado mediante jeringa con aguja de punta roma, complementado con aspiración mediante microcánulas. La irrigación final activada ultrasónicamente incorporó hipoclorito de sodio al 5.25%, EDTA al 17% y solución fisiológica, cada uno activado durante 30 segundos con inserto E60.

Este protocolo encuentra respaldo en la evidencia más reciente. Ferraro *et al.* (2025) demostraron mediante análisis de microscopía electrónica de barrido que la activación ultrasónica de EDTA al 17% e hipoclorito de sodio al 5.25% en gel reduce significativamente los puntajes de debris y smear layer en comparación con la irrigación convencional. En su estudio, solo el grupo con activación ultrasónica logró la disolución completa del tejido pulpar en el modelo experimental de canales artificiales. Estos hallazgos validan la decisión clínica de incorporar la activación ultrasónica en el protocolo de irrigación del caso base.

Un estudio comparativo de protocolos de irrigación publicado en 2025 evaluó la eficacia de cuatro regímenes diferentes en la remoción de residuo dentinario. Los resultados demostraron que la combinación de hipoclorito de sodio al 5.25% y EDTA al 17% logró la ausencia completa de residuo en el 50% de los conductos tratados, mientras que el hipoclorito de sodio activado por ultrasonido mostró una presencia moderada de residuo en el 70% de los casos y una presencia leve en el 20% restante. Este hallazgo sugiere que, aunque la activación ultrasónica mejora la eficacia de limpieza, la combinación secuencial de hipoclorito de sodio y EDTA sigue siendo el estándar de referencia para la eliminación de la capa de frotamiento.

Al comparar los protocolos de irrigación entre los diferentes casos reportados, se observan variaciones notables. Ahmed (2024) reportó el uso de hipoclorito de sodio al 5.25% con activación ultrasónica durante 10 minutos como parte de su protocolo de desinfección para el manejo de una perforación asociada a retratamiento. Toubes *et al.* (2021) utilizaron irrigación con hipoclorito de sodio al 2.5% durante la preparación del conducto, sin

especificar la activación ultrasónica en el protocolo descrito para la reparación de perforaciones. Estas diferencias reflejan la variabilidad en los protocolos clínicos reportados y la ausencia de un consenso definitivo sobre los parámetros óptimos de irrigación en el contexto específico de perforaciones radiculares.

En cuanto a los materiales, la selección del material adecuado de reparación constituye uno de los aspectos más críticos en el manejo de perforaciones radiculares. En el caso aquí descrito se empleó Bio-C Repair (Angelus, Brasil) como material de elección tanto para el sellado interno de la perforación (complementado con resina fluida Tetric N-Flow) como para la reparación externa durante la cirugía periodontal. Esta decisión encuentra respaldo en múltiples reportes de la literatura recuperada.

Almufleh (2026) documentó el uso exitoso de Bio-C Repair para la reparación de una perforación iatrogénica extensa de 3.5 mm, observando curación clínica y radiográfica completa a los 24 meses de seguimiento mediante CBCT. Bhopatkar *et al.* (2023) reportaron el manejo de una reabsorción radicular interna perforante extensa utilizando Bio-C Repair como material de obturación, destacando que este material presenta ventajas sobre el MTA tradicional, incluyendo menor sensibilidad a la humedad, excelente insolubilidad y propiedades favorables de cicatrización tisular. Shetty *et al.* (2024) presentaron un caso de apexogénesis en un molar maxilar con ápice inmaduro utilizando Bio-C Repair, demostrando su biocompatibilidad y bioactividad.

Sin embargo, otros materiales biocerámicos también han demostrado eficacia en contextos clínicos similares. Morocho-Monteros *et al.* (2024) utilizaron Biodentine para el sellado de una perforación en el tercio medio de un incisivo superior, reportando resultados favorables. Caetano *et al.* (2025) presentaron el manejo de una perforación en un segundo molar inferior izquierdo utilizando MTA, con resultados clínicos satisfactorios a los seis meses. Asgary y Parhizkar (2023) documentaron un caso de perforación extensa tipo "strip perforation" tratado mediante reimplantación intencional con cemento enriquecido con calcio (CEM). La diversidad de materiales utilizados con éxito sugiere que, más que la elección de un material específico, el factor determinante es la capacidad de lograr un sellado hermético y biocompatible.

Al comparar las propiedades de los materiales reportados, se observa una evolución en la literatura hacia los biocerámicos premezclados como Bio-C Repair. A diferencia del MTA, que requiere mezcla manual y presenta un tiempo de fraguado prolongado (aproximadamente 165 minutos), el Bio-C Repair viene premezclado, tiene una

manipulación más sencilla y es menos sensible a la humedad. Estas propiedades facilitan su aplicación en situaciones clínicas complejas, como las perforaciones cervicales donde el control de la humedad es difícil. Shetty *et al.* (2024) destacaron que el formato listo para usar de Bio-C Repair reduce significativamente el tiempo procedimental y la posibilidad de errores de manipulación.

Con respecto a los criterios de selección de instrumentos y técnicas de instrumentación; en el caso clínico se apeló al uso de una variedad de instrumentos y técnicas que merecen un análisis comparativo. La desobturación inicial del conducto se realizó mediante ultrasonido con inserto ED62 para reblandecer la gutapercha, seguido de limas K #15 y limas Hedstrom para generar una guía de acceso. La perforación fue abordada mediante ultrasonido con inserto diamantado de punta redonda SB1, y la conformación definitiva del conducto se efectuó con limas reciprocantes de NiTi R-Motion #25 y #30.

La utilización de ultrasonido tanto para la desobturación como para la preparación de la perforación representa una práctica alineada con los estándares contemporáneos. Ferraro *et al.* (2025) demostraron que la preparación retrógrada con activación ultrasónica permite una limpieza más efectiva de la cavidad de preparación, reduciendo significativamente los puntajes de residuos y smear layer. La instrumentación con limas reciprocantes de NiTi constituye un enfoque moderno para la conformación del conducto, ofreciendo ventajas en términos de eficiencia de corte y reducción del riesgo de transporte apical.

Una diferencia metodológica relevante entre el presente caso y varios de los reportes publicados concierne al empleo de microscopio operatorio. Ahmed (2024) realizó todo el procedimiento de retratamiento y reparación de perforación bajo microscopio dental operatorio, destacando su utilidad para localizar el orificio correcto del conducto y para la colocación precisa del material reparador. Almufleh (2026) también reportó el uso de microscopio operatorio para la reparación bajo aislamiento absoluto. Bhopatkar *et al.* (2023) emplearon microscopio quirúrgico para la visualización y manejo de la reabsorción interna perforante.

En cuanto a las estrategias de manejo, el abordaje del presente caso clínico fue secuencial, combinando inicialmente un tratamiento ortógrado con sellado interno de la perforación mediante Bio-C Repair y resina fluida. Dada la indicación de remover el material extravasado a través de la perforación, se había planificado una segunda intervención quirúrgica tipo curetaje en una segunda sesión, con el objetivo de favorecer el control del componente inflamatorio local. Sin embargo, al momento de dicha intervención persistía la

sensibilidad a la palpación, lo que confirmó la necesidad de mantener el abordaje quirúrgico como complemento del tratamiento inicial. Este tipo de estrategia combinada ha sido descrito en la literatura como una alternativa válida en casos donde el sellado interno no resulta suficiente para resolver completamente la comunicación entre el sistema endodóntico y los tejidos periodontales.

Al analizar las diferentes estrategias reportadas en la literatura, se observa una variedad de enfoques. Almufleh (2026) optó por un abordaje exclusivamente no quirúrgico, realizando la reparación bajo microscopio operatorio y aislamiento absoluto, sin requerir una segunda fase quirúrgica. Ahmed (2024) realizó la reparación mediante abordaje ortógrado durante el retratamiento, colocando cinta de PTFE dentro de la perforación como matriz interna. Toubes *et al.* (2021) resolvieron sus dos casos exclusivamente mediante abordaje no quirúrgico, con sellado de la perforación y obturación del sistema de conductos en una segunda visita. Por el contrario, Asgary y Parhizkar (2023) optaron por la reimplantación intencional como estrategia de manejo para una perforación extensa en un molar mandibular. La decisión de realizar una cirugía periodontal complementaria en el caso clínico se explica por el tiempo transcurrido entre la perforación y la reparación (un mes). En las perforaciones antiguas, el tejido de granulación establecido y la posible contaminación bacteriana pueden dificultar la resolución exclusivamente ortógrada. Además, el tamaño de la perforación (mayor a una lima K 20) y su localización cervical influyeron en esta decisión. La cirugía periodontal permitió el acceso directo al defecto, el desbridamiento del tejido inflamatorio y la reparación externa complementaria.

Por otro lado, la duración y la calidad del seguimiento constituyen aspectos muy importantes para evaluar el éxito del tratamiento de perforaciones radiculares. El caso aquí presentado, se realizó un seguimiento hasta el retiro de suturas (una semana postcirugía) y la evaluación de cicatrización de tejidos blandos. Debido al escaso tiempo transcurrido entre la finalización del tratamiento y la exposición del presente trabajo de investigación, no se cuenta al momento de la redacción de esta discusión con resultados de acciones de seguimiento a largo plazo. Sin embargo, está previsto realizar las mismas a los fines de poder confirmar el resultado final favorable de la intervención; pues la literatura especializada recomienda seguimientos mínimos de 12 a 24 meses para evaluar adecuadamente la resolución de lesiones periapicales y periodontales.

En efecto, Almufleh (2026) reportó un seguimiento de 24 meses con evaluación mediante CBCT que demostró curación completa de la lesión periapical preexistente y ausencia de

radiolucidez furcal. Toubes *et al.* (2021) realizaron controles clínicos y radiográficos a 1 año, documentando la funcionalidad y asintomaticidad de los dientes tratados. Asgary y Parhizkar (2023) presentaron un seguimiento de 2 años con radiografía periapical que evidenció curación ósea casi completa. Shetty *et al.* (2024) reportaron seguimiento a 6 y 12 meses con resultados estables.

Los resultados clínicos reportados en la literatura son mayoritariamente favorables. La totalidad de los casos recuperados documenta la resolución de la sintomatología, la curación de los tejidos periodontales y la preservación del diente tratado. Este hallazgo es relevante, pues sugiere que, a pesar de la gravedad de la complicación, el pronóstico de las perforaciones radicales manejadas adecuadamente es favorable (Alshamrani *et al.*, 2023). La tasa de éxito reportada en estos casos de serie se alinea con la literatura más amplia sobre el tema.

A partir del análisis comparativo de los casos clínicos analizados, es posible extraer varias conclusiones generales con aplicabilidad clínica directa. En primer lugar, el diagnóstico temprano de la perforación, idealmente mediante CBCT, permite planificar la estrategia de manejo más adecuada. La CBCT proporciona información tridimensional sobre la ubicación precisa, el tamaño del defecto y la relación con estructuras anatómicas adyacentes, elementos que condicionan el pronóstico y las opciones terapéuticas (Clauder, 2022).

En segundo lugar, la desinfección rigurosa del sitio de perforación es condición necesaria para el éxito. El protocolo de irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% activado ultrasónicamente, complementado con EDTA al 17% para la eliminación de la capa de frotamiento, ha demostrado eficacia tanto en estudios *in vitro* como en casos clínicos documentados (Alshehri *et al.*, 2024). La evidencia sugiere que la activación ultrasónica mejora significativamente la limpieza y la disolución de tejido orgánico en comparación con la irrigación convencional.

En tercer lugar, el sellado inmediato con materiales biocerámicos como Bio-C Repair, MTA o Biodentina, bajo condiciones asépticas y con adecuada magnificación, mejora significativamente el pronóstico (Kakani *et al.*, 2015). El Bio-C Repair presenta ventajas operativas por ser un material premezclado, con menor sensibilidad a la humedad y un tiempo de fraguado más corto que el MTA tradicional. Sin embargo, la evidencia disponible no permite concluir que un material sea superior a los demás; más bien, el factor determinante parece ser la capacidad del operador de lograr un sellado hermético y biocompatible.

En cuarto lugar, el tamaño de la perforación, aunque es un factor pronóstico importante, no debe llevar a una actitud nihilista. Los casos de perforaciones extensas manejadas exitosamente con materiales biocerámicos demuestran que incluso defectos de gran magnitud pueden tener desenlaces favorables cuando se manejan adecuadamente (Alshamrani et al 2023). Las perforaciones antiguas pueden requerir un abordaje quirúrgico complementario para eliminar el tejido de granulación establecido y lograr un sellado completo (Alshehri *et al.*, 2024).

En quinto lugar, el seguimiento a largo plazo es esencial para confirmar la curación completa. La evidencia revisada sugiere que los controles a 12 y 24 meses son necesarios para evaluar adecuadamente la resolución de las lesiones periodontales y periapicales asociadas (Almufleh, 2026). La CBCT postoperatoria proporciona información valiosa sobre la cicatrización ósea y la integración del material reparador.

Cabe aclarar, que el análisis comparativo desarrollado también presenta varias limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, la totalidad de los casos analizados corresponden a reportes de caso o series de casos, diseños de estudio que carecen de grupo control y presentan un riesgo de sesgo de selección y publicación. Es posible que los casos con desenlaces desfavorables sean menos frecuentemente reportados, lo que podría sobreestimar la eficacia de las intervenciones.

En segundo lugar, existe una heterogeneidad significativa en los protocolos clínicos, los materiales utilizados, los plazos de seguimiento y los criterios de evaluación empleados. Esta variabilidad dificulta la comparación directa entre los casos y limita la capacidad de extraer conclusiones definitivas.

A modo de conclusión, podemos decir que el análisis comparativo de los casos clínicos de perforaciones radiculares accidentales publicados en los últimos cinco años permite identificar tendencias y consensos emergentes. El uso de CBCT para el diagnóstico preciso, la implementación de protocolos de irrigación con activación ultrasónica, la selección de materiales biocerámicos para el sellado, y la consideración de abordajes quirúrgicos complementarios cuando el manejo ortógrado inicial es insuficiente, constituyen elementos comunes en los casos exitosos.

El caso clínico presentado se alinea con estas tendencias en múltiples aspectos, incluyendo el uso de CBCT como estudio complementario, la implementación de un protocolo de irrigación con activación ultrasónica, la elección de Bio-C Repair como material de reparación, y la decisión de complementar el manejo ortógrado con una cirugía periodontal

ante la persistencia de sintomatología. La limitación principal del reporte es la ausencia de seguimiento a largo plazo, que impide confirmar la curación completa del defecto.

A pesar de estas limitaciones, el presente caso y la literatura comparada demuestran que las perforaciones radiculares, incluso cuando son extensas o antiguas, pueden ser manejadas exitosamente con las técnicas y materiales actualmente disponibles. La clave del éxito reside en el diagnóstico precoz, la desinfección rigurosa, el sellado hermético con materiales biocompatibles y el seguimiento adecuado. Se requieren estudios prospectivos con muestras más amplias y seguimientos estandarizados para establecer protocolos definitivos y para identificar los factores predictores de éxito en el manejo de esta compleja complicación endodóntica.

CONCLUSIÓN

Las perforaciones radiculares representan una complicación manejable con altas tasas de éxito cuando se aplican protocolos basados en el conocimiento actual. La literatura revisada y el caso clínico presentado demuestran consistentemente que el pronóstico favorable no depende de un factor aislado, sino de la integración sinérgica de cuatro pilares fundamentales: el diagnóstico preciso mediante tomografía computarizada, la desinfección rigurosa del sitio defectuoso con protocolos de irrigación activada ultrasónicamente, la selección de materiales biocerámicos con capacidad de sellado hermético y biocompatibilidad, y la implementación de estrategias terapéuticas adaptadas a las características particulares de cada perforación.

La evolución observada en los materiales de reparación constituye un avance fundamental. El tránsito desde materiales como la amalgama hacia los biocerámicos premezclados, representa una mejora sustancial en la práctica clínica, facilitando la manipulación y reduciendo la sensibilidad a la humedad y el tiempo operatorio. Esta evolución tecnológica ha ampliado significativamente las posibilidades de preservación dental, incluso en perforaciones de tamaño considerable o localización anatómicamente desfavorable.

La generalización de los hallazgos permite establecer que el éxito en el manejo de perforaciones trasciende la mera reparación del defecto para concebirse como un proceso integral.

El caso clínico presentado aporta evidencia adicional que respalda la eficacia del abordaje secuencial ortógrado-quirúrgico en perforaciones cervicales antiguas, así como la efectividad del Bio-C Repair como material de elección. La experiencia documentada demuestra que incluso perforaciones de tamaño considerable y con un mes de evolución pueden ser resueltas satisfactoriamente mediante la aplicación rigurosa de los principios terapéuticos actuales.

En definitiva, el manejo de las perforaciones radiculares constituye un campo en evolución donde la investigación, la innovación tecnológica y la formación clínica confluyen para transformar una complicación temida en una oportunidad de preservación dental. La clave del éxito radica en la adopción de un enfoque proactivo, meticuloso y basado en la evidencia, que permita anticipar, diagnosticar y resolver esta complicación con la máxima predictibilidad posible.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, A. I. (2024). Access-related root perforation mishap correction in a poorly obturated and apically dilacerated mandibular second premolar with a posttreatment disease: A case report with a 2-month follow-up. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 11(2), 266–272. https://adjc.journals.ekb.eg/article_423705.html
- Alhadainy, H. A., & Himel, V. T. (1993). Evaluation of the sealing ability of amalgam, Cavit, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 75(3), 362–366. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(93\)90152-t](https://doi.org/10.1016/0030-4220(93)90152-t)
- Alhadainy, H. A., & Himel, V. T. (1993). Comparative study of the sealing ability of light-cured versus chemically cured materials placed into furcation perforations. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 76(3), 338–342. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(93\)90264-5](https://doi.org/10.1016/0030-4220(93)90264-5)
- Almufleh L. S. (2026). Outcome of an Extensive Mid-Root Perforation With Unintentional Bioceramic Extrusion: A Case Report With 2-Year Recall Using CBCT. *Case reports in dentistry*, 2026, 8877456. <https://doi.org/10.1155/crid/8877456>
- Alshehri, M. M., Alhawsawi, B. F., Alghamdi, A., Aldobaikhi, S. O., Alanazi, M. H., & Alahmad, F. A. (2024). The Management of Root Perforation: A Review of the Literature. *Cureus*, 16(10), e72296. <https://doi.org/10.7759/cureus.72296>
- ElDeeb, M. E., ElDeeb, M., Tabibi, A., & Jensen, J. R. (1982). An evaluation of the use of amalgam, Cavit, and calcium hydroxide in the repair of furcation perforations. *Journal of endodontics*, 8(10), 459–466. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(82\)80151-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80151-9)
- Aguirre, R., elDeeb, M. E., & elDeeb, M. E. (1986). Evaluation of the repair of mechanical furcation perforations using amalgam, gutta-percha, or indium foil. *Journal of endodontics*, 12(6), 249–256. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80256-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80256-4)
- Alshamrani, A. S., Almusharraf, A. Y., Alshammari, K. A., Ali, E. J. B., Almutairi, H. H., Farrash, F. A., Alghamdi, H. S., Alqahtani, A. A., & Alosaimi, A. A. (2022). Causes, diagnosis, treatment and prognosis of root perforations. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 10(1), 351–356. <https://dx.doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20223276>
- Asgary, S., & Parhizkar, A. (2023). Healing of a large endodontic lesion due to a procedural accident using intentional replantation; a case report. *Journal of Dental Sciences*, 18(3), 1414–1416. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.11.019>
- Asgary S. (2026). Management of an endodontic lesion with secondary periodontal ligament changes in an adjacent tooth following root perforation: Two-year follow-up. *Journal of dental sciences*, 21(1), 657–658. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2025.09.002>

- Bahn S. L. (1966). Plaster: a bone substitute. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 21(5), 672–681. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(66\)90045-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(66)90045-4)
- Balla, R., LoMonaco, C. J., Skribner, J., & Lin, L. M. (1991). Histological study of furcation perforations treated with tricalcium phosphate, hydroxylapatite, amalgam, and Life. *Journal of endodontics*, 17(5), 234–238. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81928-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81928-X)
- Benenati, F. W., Roane, J. B., Biggs, J. T., & Simon, J. H. (1986). Recall evaluation of iatrogenic root perforations repaired with amalgam and gutta-percha. *Journal of endodontics*, 12(4), 161–166. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(86\)80055-3](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(86)80055-3)
- Bhopatkar, J., Ikhar, A., Nikhade, P., Chandak, M., & Agrawal, P. (2023). Emerging Paradigms in Internal Root Resorption Management: Harnessing the Power of Bioceramics. *Cureus*, 15(9), e45149. <https://doi.org/10.7759/cureus.45149>
- Bogaerts P. (1997). Treatment of root perforations with calcium hydroxide and SuperEBA cement: a clinical report. *International endodontic journal*, 30(3), 210–219. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00067.x>
- Bramante, C. M., & Berbert, A. (1987). Root perforations dressed with calcium hydroxide or zinc oxide and eugenol. *Journal of endodontics*, 13(8), 392–395. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80200-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80200-5)
- Caetano, G., Pereira, G. L., Jesus, J. L. de, Amaral, R. M. de P., Araújo, L. A. P., Pires, G. R., & França, T. C. F. S. (2025). Endodontic Management of Root Perforation in a Lower Left Second Molar: Case Report. *CIPEEX*. <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/14601>
- Chau, J. Y., Hutter, J. W., Mork, T. O., & Nicoll, B. K. (1997). An in vitro study of furcation perforation repair using calcium phosphate cement. *Journal of endodontics*, 23(9), 588–592. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81129-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81129-5)
- Clauder T. (2022). Present status and future directions - Managing perforations. *International endodontic journal*, 55 Suppl 4, 872–891. <https://doi.org/10.1111/iej.13748>
- Estrela, C., de Almeida Decurcio, D., Rossi-Fedele, G., Almeida Silva, J., Aguirre Guedes, O., & Borges, A., H. (2018). Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian oral research*: Oct 18;32(supple 1):e73. <https://doi.org/10.1590/1807-310 da Silva JD>
- Damas, B. A., Wheeler, M. A., Bringas, J. S., & Hoen, M. M. (2011). Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *Journal of endodontics*, 37(3), 372–375. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.027>
- Ferraro, C., Cernera, M., Abdellatif, D., Galdi, M., Esposito, L., Spagnuolo, G., Mancino, D., & Iandolo, A. (2025). SEM Analysis and Pulp Tissue Dissolution Following Retrograde Preparation and Irrigation in Surgical Endodontics: A Novel Approach. *European endodontic journal*, 10(5), 386–396. <https://doi.org/10.14744/eej.2025.02419>

- Fuss, Z., Abramovitz, I., & Metzger, Z. (2000). Sealing furcation perforations with silver glass ionomer cement: an in vitro evaluation. *Journal of endodontics*, 26(8), 466–468. <https://doi.org/10.1097/00004770-200008000-00009>
- Fuss, Z., & Trope, M. (1996). Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endodontics & dental traumatology*, 12(6), 255–264. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1996.tb00524.x>
- Guneser, M. B., Akbulut, M. B., & Eldeniz, A. U. (2013). Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *Journal of endodontics*, 39(3), 380–384. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.033>
- Han, L., & Okiji, T. (2011). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International endodontic journal*, 44(12), 1081–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x>
- Hartwell, G. R., & England, M. C. (1993). Healing of furcation perforations in primate teeth after repair with decalcified freeze-dried bone: a longitudinal study. *Journal of endodontics*, 19(7), 357–361. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81363-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81363-4)
- Hashem, A. A., & Hassanien, E. E. (2008). ProRoot MTA, MTA-Angelus and IRM used to repair large furcation perforations: sealability study. *Journal of endodontics*, 34(1), 59–61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.09.007>
- Himel, V. T., & Alhadainy, H. A. (1995). Effect of dentin preparation and acid etching on the sealing ability of glass ionomer and composite resin when used to repair furcation perforations over plaster of Paris barriers. *Journal of endodontics*, 21(3), 142–145. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(06\)80440-1](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)80440-1)
- Himel, V. T., Brady, J., Jr, & Weir, J., Jr (1985). Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 11(4), 161–165. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80140-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80140-0)
- Holland, R., Gomes, J. E., Filho, Cintra, L. T. A., Queiroz, Í. O. A., & Estrela, C. (2017). Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 25(5), 465–476. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0464>
- Jantarat, J., Dashper, S. G., & Messer, H. H. (1999). Effect of matrix placement on furcation perforation repair. *Journal of endodontics*, 25(3), 192–196. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80141-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80141-1)
- Jeevani, E., Jayaprakash, T., Bolla, N., Vemuri, S., Sunil, C. R., & Kalluru, R. S. (2014). "Evaluation of sealing ability of MM-MTA, Endosequence, and biodentine as furcation repair materials: UV spectrophotometric analysis". *Journal of conservative dentistry : JCD*, 17(4), 340–343. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.136449>

- Kakani, A. K., Veeramachaneni, C., Majeti, C., Tummala, M., & Khiyani, L. (2015). A Review on Perforation Repair Materials. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 9(9), ZE09–ZE13. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13854.6501D>
- Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *Journal of Endodontics*, 32(7), 601–623. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.010>
- Kvinnslund, I., Oswald, R. J., Halse, A., & Grønningsaeter, A. G. (1989). A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *International endodontic journal*, 22(2), 75–84. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1989.tb00509.x>
- Lantz, B., & Persson, P. A. (1967). Periodontal tissue reactions after root perforations in dog's teeth. A histologic study. *Odontologisk tidskrift*, 75(3), 209–237.
- Lantz, B., & Persson, P. A. (1965). Experimental root perforation in dogs' teeth. A roentgen study. *Odontologisk revy*, 16(3), 238–257.
- Harris W. E. (1976). A simplified method of treatment for endodontic perforations. *Journal of endodontics*, 2(5), 126–134. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80009-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80009-X)
- Lee, S. J., Monsef, M., & Torabinejad, M. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 19(11), 541–544. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81282-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81282-3)
- Lemon R. R. (1992). Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dental clinics of North America*, 36(2), 439–457.
- Mannocci, F., Vichi, A., & Ferrari, M. (1997). Sealing ability of several restorative materials used for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 23(10), 639–641. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80178-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80178-1)
- Moloney, L. G., Feik, S. A., & Ellender, G. (1993). Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 19(2), 59–62. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81195-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81195-7)
- Morocho-Monteros, D., Masson-Palacios, M. J., & Parise-Vasco, J. M. (2024). Management of Maxillary Incisors With Middle-Third Root Perforation: A Case Report. *Case reports in dentistry*, 2024, 5957016. <https://doi.org/10.1155/2024/5957016>
- Nasseh, A. (2009). The rise of bioceramics. *Endodontic Practice*, 2*(8), 17-22
- Oynick, J., & Oynick, T. (1985). Treatment of endodontic perforations. *Journal of endodontics*, 11(4), 191–192. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80146-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80146-1)
- Parris, L., Kapsimalis, P., Cobe, H. H., & Evans, R. (1964). The effect of temperature change on the sealing properties of temporary filling materials: Part II. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 17*(6), 771-778. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(64\)90532-8](https://doi.org/10.1016/0030-4220(64)90532-8)

Petersson, K., Hasselgren, G., & Tronstad, L. (1985). Endodontic treatment of experimental root perforations in dog teeth. *Endodontics & dental traumatology*, 1(1), 22–28. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1985.tb00554.x>

Priyalakshmi, S., & Ranjan, M. (2014). Review on Biodentine—A bioactive dentin substitute. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, *13*(1), 13–17. <https://doi.org/10.9790/0853-13131317>

Roane, J. B., & Benenati, F. W. (1987). Successful management of a perforated mandibular molar using amalgam and hydroxylapatite. *Journal of endodontics*, 13(8), 400–404. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80202-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80202-9)

Setzer, F. C., Shah, S. B., Kohli, M. R., Karabucak, B., & Kim, S. (2010). Outcome of endodontic surgery: A meta-analysis of the literature—Part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1757–1765. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.05.007>

Shahi, S., Rahimi, S., Hasan, M., Shiezadeh, V., & Abdolrahimi, M. (2009). Sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement for furcal perforation repair: a protein leakage study. *Journal of oral science*, 51(4), 601–606. <https://doi.org/10.2334/josnusd.51.601>

Shetty, A., Sultana, H. A., V. K. B., & Reddy, N. S. (2024). Healing the Open Apex: A Case Report on Innovative Apexogenesis of a Maxillary Molar Using Bio-C Repair. *Cureus*, 16(12), e76566. <https://doi.org/10.7759/cureus.76566>

Shokouhinejad, N., Nekoofar, M. H., Razmi, H., Sajadi, S., Davies, T. E., Saghiri, M. A., Gorjestani, H., & Dummer, P. M. (2012). Bioactivity of EndoSequence root repair material and bioaggregate. *International endodontic journal*, 45(12), 1127–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02083.x>

Silva Neto, J. D., Brito, R. H., Schnaider, T. B., Gragnani, A., Engelman, M., & Ferreira, L. M. (2010). Root perforations treatment using mineral trioxide aggregate and Portland cements. *Acta cirurgica brasileira*, 25(6), 479–484. <https://doi.org/10.1590/s0102-86502010000600004>

Toubes, K. S., Tonelli, S. Q., Girelli, C. F. M., Azevedo, C. G. S., Thompson, A. C. T., Nunes, E., & Silveira, F. F. (2021). Bio-C Repair - A New Bioceramic Material for Root Perforation Management: Two Case Reports. *Brazilian dental journal*, 32(1), 104–110. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202103568>

Tsesis, I., Rosen, E., Tamse, A., Taschieri, S., & Del Fabbro, M. (2010). Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: An updated meta-analysis of the literature. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1757–1765. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.004>

Von Arx, T. (2011). Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dental Journal*, 23(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2010.08.004>

Weldon, J. K., Jr, Pashley, D. H., Loushine, R. J., Weller, R. N., & Kimbrough, W. F. (2002). Sealing ability of mineral trioxide aggregate and super-EBA when used as furcation repair materials: a longitudinal study. *Journal of endodontics*, 28(6), 467–470. <https://doi.org/10.1097/00004770-200206000-00013>

Wideman, F. H., Eames, W. B., & Serene, T. P. (1971). The physical and biologic properties of Cavit. *Journal of the American Dental Association* (1939), 82(2), 378–382. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1971.0068>

Zhang, H., Pappen, F. G., & Haapasalo, M. (2009). Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *Journal of endodontics*, 35(2), 221–224. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.001>