



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

**FO**  
FACULTAD DE  
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
ENDODONCIA

**TRATAMIENTO DE PERFORACIONES RADICULARES**

ALUMNO: ANSELMINO MARIANA  
DIRECTOR: ESP. OD. REYES MARÍA GIMENA  
MENDOZA- NOVIEMBRE 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá, por darme la oportunidad de estar hoy en este lugar, ya que sin ella esto no sería posible.

A mi compañero de vida, por alentarme siempre a ser mejor, por su paciencia y ser siempre incondicional.

A mi directora, Dra. Maria Gimena Reyes, por acompañarme con mucha comprensión y profesionalidad en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Julio Caram y todo su equipo de docentes, por su invaluable aporte y calidez constante.

A todo el grupo de colegas y amigos que conocí gracias a esta especialidad.

A todos los que de alguna manera me ayudan a ser quien soy. A ustedes muchas gracias.

## ÍNDICE

Resumen.....	pág.4
Introducción.....	pág.5
Caso clínico.....	pág.18
Discusión.....	pág.22
Conclusión.....	pág.28
Referencias bibliográficas.....	pág.29

## **RESUMEN**

La perforación radicular resulta en la comunicación entre las paredes del conducto radicular y el espacio periodontal (superficie externa del diente). Comúnmente es causada por un accidente de procedimiento operatorio o una alteración patológica (como caries dental extensa y reabsorción radicular inflamatoria externa o interna).

El diagnóstico de pulpa dental y/o tejido periapical previo a la perforación radicular es un predictor importante del pronóstico. Una pequeña perforación radicular, sellada inmediatamente y apical al hueso crestral y a la inserción epitelial, presenta un mejor pronóstico.

Este trabajo tiene como objetivo discutir las alternativas terapéuticas para tratar las perforaciones del conducto radicular y sus materiales empleados. Se expone el tratamiento de una perforación radicular en un incisivo central, donde el abordaje fue quirúrgico y el material empleado para su resolución fue MTA.

Los resultados obtenidos a corto plazo son positivos.

## INTRODUCCIÓN

La perforación radicular se caracteriza por una comunicación entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente (American Association of Endodontists, 2016). Este problema puede ser causado por un proceso patológico (caries dental, reabsorción radicular) o un accidente intraoperatorio. Las perforaciones patológicas se encuentran en exámenes clínicos de rutina, mientras que las perforaciones radiculares iatrogénicas pueden ocurrir durante la apertura de la cavidad de acceso, la preparación del conducto radicular o durante la preparación posterior (Estrela *et al.*, 2017).

Según Kvinnsland *et al.* (1989) el 53% de las perforaciones iatrogénicas ocurren durante la inserción de postes (tratamiento protésico); el 47% restante ocurre durante el tratamiento de conducto radicular de rutina. En el 74,5% de todos los casos, las complicaciones ocurrieron en el maxilar y el 25,5% restante ocurrieron en el arco mandibular.

Para prevenir complicaciones durante el tratamiento del conducto radicular, es esencial una comprensión completa de la ubicación y las dimensiones de la cámara pulpar, así como las variaciones anatómicas del diente específico y su sistema de conductos. El examen radiográfico cuidadoso es importante para evaluar la forma y la profundidad de la cámara pulpar y el ancho del piso de la furca (Tsesis; Fuss, 2006).

Los errores operativos de procedimiento pueden ocurrir en cualquier momento durante el tratamiento de conducto y pueden hacer que el tratamiento fracase (Estrela *et al.*, 2017). Algunos factores que pueden predisponer a accidentes o errores en el procedimiento operatorio son la presencia de cálculos pulpares, calcificaciones, un diente con una inclinación incorrecta en el arco, rotaciones dentarias, caries extensas, una reabsorción radicular interna o identificación errónea del conducto radicular. La restauración coronal o los postes intracanal son factores que pueden dificultar el acceso al conducto radicular y predisponer a la perforación radicular (Oswald, 1979). Una cavidad de acceso insuficiente reduce la calidad del desbridamiento del conducto radicular y puede afectar la forma final de la preparación del conducto radicular. Una cavidad de acceso exagerada o mal dirigida también favorece la perforación de la raíz y hace que el diente sea susceptible a la fractura corono radicular.

En los dientes anteriores, las perforaciones a menudo se localizan en la cara labial de la raíz y son el resultado de la desalineación de la fresa con el eje largo del diente debido a la subestimación de la inclinación de la raíz. En dientes de raíces múltiples, pueden ocurrir perforaciones furcales al retirar la dentina del piso de la cámara mientras se buscan los orificios de acceso de los canales radiculares (Arens; Torabinejad, 1996).

La perforación radicular, la sobreobturación, las lesiones endodónticas y periodontales, fracturas radiculares, la biopelícula periapical, trauma dental, fractura de instrumentos, periodontitis apical y reabsorción radicular pueden influir a un dudoso o mal pronóstico (Estrela *et al.*, 2017)

Durante los procedimientos operatorios, debemos evitar y prevenir estos eventos nocivos, ya que los accidentes intraoperatorios son factores de riesgo que pueden resultar en el fracaso del tratamiento de conducto.

El tratamiento de conducto implica comprender también los factores de riesgo asociados con el fracaso de este (American Association of Endodontists, 2016). La perforación puede ocurrir en diferentes condiciones clínicas, de las cuales se debe informar inmediatamente al paciente, junto con los procedimientos a seguir, las opciones de tratamiento y el pronóstico (Estrela *et al.*, 2009).

La perforación radicular constituye una complicación grave que debe ser diagnosticada tempranamente y tratada de manera inmediata y adecuada (Clauder; Shin, 2006). Las consecuencias de la perforación radicular pueden resultar en una respuesta inflamatoria asociada con la destrucción del tejido periodontal y del hueso alveolar.

Dependiendo de la gravedad de la lesión y de la posible reacción inflamatoria crónica, puede provocar el desarrollo de tejido granulomatoso, proliferación del epitelio y, eventualmente, el desarrollo de una bolsa periodontal (Tsesis; Fuss, 2006). La falta de comprensión de las perforaciones radiculares y sus consecuencias, retrasan el diagnóstico y el tratamiento, pudiendo causar problemas futuros que conducen a la pérdida de dientes.

Varios hallazgos clínicos son determinantes en el diagnóstico de perforaciones radiculares. Los exámenes clínicos y radiográficos constituyen la base del diagnóstico de perforación radicular (Guldner, 1995).

Después de la extirpación del tejido pulpar, el sangrado persistente durante el acceso coronal o la preparación del conducto radicular puede ser un signo de perforación. Una punta de papel con sangre también puede sugerir una perforación. Condiciones sistémicas, medicamentos, dientes con ápice abierto, una reabsorción interna y periodontitis apical aguda pueden asociarse con sangrado excesivo y confundirse con esta patología.

Clínicamente su diagnóstico es un desafío (Alhadainy, 1994); sin embargo, el localizador de ápice es un recurso tecnológico que puede ayudar en el diagnóstico de las perforaciones radiculares (Kaufman *et al.*, 1997).

La radiografía periapical es el método de imagen frecuentemente indicado para el diagnóstico, plan de tratamiento y seguimiento endodóntico (Grossman *et al.*; 1964). Una radiolucidez asociada con una comunicación entre la raíz, las paredes del canal y el espacio periodontal constituyen un vestigio importante de este accidente.

La incorporación de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en los procedimientos de endodoncia garantiza nuevos parámetros para ayudar en el diagnóstico y pronóstico de estas condiciones patológicas y iatrogénicas (Shemesh *et al.*, 2011).

El diagnóstico de perforaciones radiculares en dientes tratados endodónticamente es complejo, ya que frecuentemente están asociados con una estructura metálica sólida de mayor densidad, lo que produce una imagen, carente de homogeneidad. El diagnóstico erróneo es un problema grave que ha alentado la búsqueda de alternativas para reducir el efecto de endurecimiento del haz durante la adquisición y reconstrucción de imágenes (Pauwels *et al.*, 2015). Los postes intracanal constituyen riesgos potenciales de diagnóstico erróneo, particularmente cuando se sospecha una perforación radicular o destrucción ósea (Adel *et al.*, 2016).

Bueno *et al.* (2011) sugirieron previamente una estrategia de lectura de mapas para diagnosticar perforaciones radiculares cerca de postes intracanales metálicos utilizando imágenes CBCT. La estrategia sugiere minimizar los artefactos metálicos asociados con los postes intracanal y el material endodóntico realizando cortes axiales secuenciales de cada raíz con una navegación de imágenes desde coronal a apical (o apical a coronal), y con cortes axiales de 0,1 mm/ 0,1 mm. Esta orientación direccional proporciona información valiosa sobre la localización exacta de vestigios que sugieren

puntos de comunicación entre los conductos radiculares y el espacio periodontal, asociado con áreas radiolúcidas, lo que sugiere una perforación radicular. La navegación dinámica de las imágenes CBCT las ha convertido en una herramienta distinta al revelar lo que antes era estático. En los cortes ubicados cerca del ápice del poste, el efecto de endurecimiento del haz se reduce, porque CBCT nos permite capturar una menor cantidad de metal en las imágenes. Un nuevo programa de software capaz de reducir los artefactos metálicos en futuras reconstrucciones y el manejo adecuado de las imágenes CBCT podría revelar anomalías que son difíciles de detectar en las radiografías periapicales convencionales (Patel *et al.*, 2007).

El diagnóstico final y la elección de la terapéutica clínica para estas perforaciones radiculares siempre deben realizarse junto con los hallazgos clínicos. El mayor potencial de los exámenes CBCT es la posibilidad de visualizar los diferentes planos de todas las superficies y la ubicación del diente al mismo tiempo.

Los parámetros clínicos asociados en el tiempo (la aparición de infección), la gravedad de la lesión tisular y su ubicación en relación con la cresta ósea, son factores esenciales para el pronóstico del tratamiento (Roda, 2001). Se ha sugerido que las perforaciones ubicadas apical o coronal a la cresta ósea y la inserción epitelial tienen un buen pronóstico (Lemon, 1992).

Tres factores clínicos son relevantes en el pronóstico y curación de las perforaciones radiculares, el tiempo (entre la aparición de la perforación y el sellado adecuado); la extensión (una pequeña perforación provoca menos destrucción de tejido y menor respuesta inflamatoria) y su ubicación (las perforaciones ubicadas apicales a la zona crítica, que involucran el nivel del hueso crestral y la inserción epitelial).

Una vez que se diagnostica una perforación radicular, el tratamiento de conducto resulta un desafío. La perforación radicular afecta el pronóstico del tratamiento de conducto y retratamiento.

Los factores terapéuticos asociados con los protocolos clínicos utilizados durante el tratamiento de conducto y las condiciones sistémicas asociadas con el proceso de curación periapical de los dientes tratados endodónticamente fueron discutidos recientemente por Holland *et al.* (2017). El proceso de reparación de los dientes tratados endodónticamente depende de la adopción de enfoques clínicos correctos para promover un mejor tratamiento de conducto y también de factores relacionados con el



paciente (como enfermedades crónicas, hormonales y la edad), y aquellos que pueden cambiar las defensas inmunes del huésped e interferir en el resultado del tratamiento y su proceso de curación.

Por lo tanto, los factores de riesgo asociados al fracaso del tratamiento de conducto deben abordarse correctamente durante el plan de tratamiento. El éxito del tratamiento está influenciado por el estado preoperatorio de la pulpa dental, asociado con la presencia o ausencia de una lesión periapical preoperatoria. El diagnóstico de la pulpa dental y/o el tejido periapical previo a la perforación de la raíz es un predictor importante del pronóstico, incluidos aspectos como pulpa clínicamente sana, pulpa inflamada o infectada e infección primaria o secundaria (Estrela, 2014).

Cada caso clínico debe ser analizado cuidadosa e individualmente, para determinar la presencia o ausencia de infección, el alcance de la perforación, el tiempo transcurrido antes del sellado y el riesgo periodontal para el paciente, para ver si la enfermedad podría interferir directamente en el pronóstico.

La capacidad de acceder al área de perforación, promover un sellado adecuado, y las condiciones patológicas, son determinantes clínicos del éxito o fracaso.

En la perforación radicular por sobreinstrumentación, que da lugar a un agrandamiento excesivo del foramen apical, el tratamiento consiste en determinar una nueva longitud de trabajo, a 1 o 2 mm del ápice radicular, en la que se adaptara el cono principal. Se debe mantener un tapón apical con hidróxido de calcio en el ápice y obturar el resto del conducto radicular. Realizar un seguimiento radiológico para determinar el éxito o el fracaso.

La perforación radicular cerca del ápice presenta buen pronóstico, y las de menor extensión son más fáciles de sellar. La supervivencia de un diente tratado endodónticamente, especialmente uno con antecedentes de perforación radicular, depende de comprender los resultados biológicos y mecánicos como eventos multifactoriales a lo largo de la vida del individuo.

El elemento dentario, su posición en el arco (o superficie del diente) y la ubicación de la perforación influyen en la complejidad del tratamiento. En las perforaciones laterales, la relación del hueso crestal con la perforación puede favorecer un buen pronóstico y sellado. En las perforaciones de furca en molares, la cuestión principal es el grado de daño tisular y la posibilidad de comunicación con el surco gingival. La

probable extrusión de materiales adhesivos para sellar grandes perforaciones constituye un hecho común. Cuando son pequeñas, el pronóstico es favorable (Roda *et al.*, 2016).

Una característica clínica importante es el espesor del tejido gingival y óseo, ya que se presenta un mejor pronóstico en pacientes con tejidos gingivales y óseos gruesos (Regan *et al.*, 2005). En general, el sellado de una perforación radicular ha mostrado un alto nivel de éxito; sin embargo, se debe considerar cuidadosamente el impacto de los nuevos procedimientos terapéuticos en el pronóstico de la terapia endodóntica.

La reparación de las perforaciones se puede llevar a cabo mediante dos vías; una no quirúrgica, abordando el defecto por vía interna a través del diente, o quirúrgicamente, utilizando un abordaje externo a través de los tejidos perirradiculares. En general, la reparación no quirúrgica de la perforación será el método de elección principal, ya que habitualmente es menos invasiva, evitando así la destrucción de los tejidos perirradiculares y si el procedimiento es adecuado, llevara consigo también un correcto control de la infección (Hargreaves *et al.*, 2011). Sin embargo, si el defecto supone un tiempo operatorio muy prolongado, un aumento de costos para el paciente y es de difícil acceso por la vía no quirúrgica, mejorando esto por vía quirúrgica, será esta última la vía de abordaje de elección. Si existe demora en la reparación de una perforación podría suponer el desarrollo de un extenso defecto periodontal y en este caso también estaría indicado el abordaje quirúrgico (Hargreaves *et al.*, 2011).

Las perforaciones lineales que se provocan en la superficie distal de las raíces mesiales de molares maxilares y mandibulares suelen ser inaccesibles, difíciles de reparar quirúrgicamente, el acceso visual y quirúrgico es limitado y la eliminación ósea necesaria para obtener acceso a la región de la perforación, por lo general, ocasiona un defecto óseo superior. Esta situación clínica obliga a tener en consideración el reimplante intencional, la resección radicular o la hemisección (Steven *et al.*, 2011). Las perforaciones del tercio medio de la raíz se tratarán accediendo a través del conducto, si la situación lo permite. Si en este caso, el defecto radicular que provoca la perforación es extenso, estará indicado elevar un colgajo mucoperióstico completo, identificar la perforación y efectuar la reparación con un material adecuado. Si la perforación está situada en el tercio apical se puede abordar a través del conducto como si fuera un conducto lateral o habrá que considerar una resección apical radicular que

se extienda por encima de la perforación realizando la retro obturación del conducto (Steven *et al.*, 2011). El material ideal para el sellado de las perforaciones debe tener las siguientes características: excelente capacidad de sellado, ser biocompatible, bioactivo (inducir cementogénesis y osteogénesis, capaz de promover la regeneración de los tejidos perirradiculares), no ser reabsorbible, radiopacidad, bacteriostático, fácil de manipular, dimensionalmente estable, insoluble en los fluidos tisulares y estéticamente aceptable.

La literatura sobre endodoncia publicada a lo largo de los años presenta informes sobre varios medicamentos intracanal que se han estudiado para tratar los conductos radiculares infectados.

El hidróxido de calcio ha sido ampliamente evaluado y muestra resultados bien documentados (Hermann, 1920). Sin embargo, nuevos materiales para el sellado de perforaciones radiculares de origen iatrogénico y patológico se han puesto a disposición de la endodoncia (Koh *et al.*, 1997).

Hoy en día, los materiales que demuestran potencial antibacteriano para el control de infecciones del sistema de conductos radiculares promueven la curación mediante la deposición de tejido mineralizado y la capacidad de sellado.

Se analizaron retrospectivamente tres materiales para sellar perforaciones radiculares, en función de sus características biológicas, antimicrobianas y fisicoquímicas: hidróxido de calcio, agregado de trióxido mineral y cementos de silicato de calcio (biocerámicos).

En 1920, Bernhard - Hermann sugirió el uso de hidróxido de calcio (Calxyl-Otto & CO; Frankfurt, Alemania) para el tratamiento de la pulpa dental (Hermann, 1920). Este material ha sido estudiado durante muchos años y tiene varios potenciales, entre los que se encuentra el de favorecer la cicatrización (Pisanti, 1964).

El hidróxido de calcio se obtiene mediante la calcinación del carbonato de calcio, que se transforma en óxido de calcio y luego se hidrata para formar hidróxido de calcio. La reacción entre el hidróxido de calcio y el dióxido de carbono forma carbonato de calcio (Estrela, 1995).

La disociación iónica del hidróxido de calcio en iones calcio e hidroxilo, y la acción de estos iones sobre tejidos y bacterias explica sus propiedades biológicas y antimicrobianas (Estrela, 1995).

La acción biológica del hidróxido de calcio sobre los tejidos conectivos de la pulpa, regiones periapicales o periodontales ocurre de manera similar (Stanley y Pameijer, 1997).

Los estudios han informado sobre la formación de tejido mineralizado después del contacto de hidróxido de calcio y tejido conjuntivo posterior al séptimo día.

Seux *et al.* (1991) confirmaron este resultado estudiando la citodiferenciación similar a odontoblastos de células de la pulpa dental humana *in vitro*, en presencia de un cemento que contiene hidróxido de calcio. Mizuno y Banzai (2008) estudiaron el efecto de los iones de calcio sobre las células de la pulpa dental y el mecanismo de formación de puentes dentinarios mediante hidróxido de calcio. La liberación de iones de calcio a partir del hidróxido de calcio estimula la síntesis de fibronectina en las células de la pulpa dental. La fibronectina podría inducir la diferenciación de las células de la pulpa dental en células formadoras de tejido mineralizado, que son las principales células que forman puentes de dentina por contacto directo.

La participación activa de los iones calcio en la mineralización de los túbulos dentinarios (barrera de mineralización en la pulpa dental, en el sellado biológico apical), y otras áreas involucradas en la mineralización ha sido demostrada en diversos estudios. Químicamente hablando, los vehículos hidrosolubles inducen una mayor velocidad de disociación iónica que los vehículos viscosos y oleosos. La dinámica química del hidróxido de calcio se desarrolla mediante disociación iónica. Se verifican dos propiedades enzimáticas del hidróxido de calcio, a saber, la activación de enzimas tisulares, como la fosfatasa alcalina, que provoca un efecto mineralizante, y la inhibición de enzimas bacterianas, que conduce a su acción antibacteriana (Estrela *et al.*, 1999).

El hidróxido de calcio tiene un efecto antibacteriano sobre la membrana citoplasmática. La liberación de iones hidroxilo y la inactivación de enzimas altera químicamente los componentes orgánicos y el transporte de nutrientes y provoca efectos tóxicos en las células. La efectividad de ciertos vehículos deriva de sus características químicas (disociación y difusión). Químicamente hablando, los vehículos hidrosolubles inducen una mayor velocidad de disociación iónica que los vehículos viscosos y oleosos. La dinámica química del hidróxido de calcio se desarrolla mediante disociación iónica. Se verifican dos propiedades enzimáticas del

hidróxido de calcio, a saber, la activación de enzimas tisulares, como la fosfatasa alcalina, que provoca un efecto mineralizante, y la inhibición de enzimas bacterianas, que conduce a su acción antibacteriana, caracterizando la dinámica biológica del hidroxilo y el calcio (Estrela *et al.*, 1999).

Varios agentes etiológicos pueden ser responsables de la lesión pulpar y periapical. El conocimiento de las condiciones de los tejidos pulpar, periodontal o periapical antes de la perforación radicular es importante para estructurar un plan de tratamiento. Un desafío mayor es el tratamiento de las perforaciones radiculares infectadas. Estudios anteriores (Ford *et al.*, 1995) han demostrado que el proceso de reparación durante el tratamiento es más exitoso cuando la perforación no está contaminada.

La primera opción terapéutica tras detectar una perforación radicular en un diente con pulpa dental sana o inflamada es el tratamiento de conducto seguido inmediatamente del sellado de la perforación radicular. La solución irrigante utilizada durante la preparación del conducto radicular no debe ser agresiva para los tejidos periodontales. En otras condiciones, cuando la perforación radicular detectada en dientes con conductos radiculares infectados, el hidróxido de calcio es la primera opción antibacteriana para el apósito intracanal. El proceso de higienización (limpieza, irrigación, agrandamiento, medicación intracanal) ha llevado a una reducción significativa de microorganismos en los conductos radiculares contaminados. La pasta de hidróxido de calcio se puede preparar con un vehículo de solución salina (de naturaleza soluble en agua). Su colocación debe ser muy bien condensada dentro del conducto radicular para evitar espacios vacíos al rellenar la perforación radicular. Su consistencia debe ser más espesa que la pasta de dientes. Es necesario un manejo y colocación adecuados de pasta de hidróxido de calcio en la perforación de la raíz para un mejor desempeño de este apósito intracanal. En la segunda cita, se retira el hidróxido de calcio del conducto radicular y del sitio de perforación radicular – con la pasta residual actuando como matriz – teniendo cuidado de evitar el sobrellenado. Luego se sella la perforación radicular con agregado de trióxido mineral (Wucherpfening y Green, 1999).

Se introdujo el agregado de trióxido mineral (MTA) en endodoncia en 1990 como un nuevo material con la capacidad para sellar la comunicación entre el diente y las superficies externas (Torabinejad *et al.*, 1993). Este material fue evaluado

exhaustivamente (física, química y biológicamente) mediante varias metodologías y mostró un buen potencial para sustituir varios materiales que se utilizaban para sellar la comunicación entre el diente y las superficies externas (Torabinejad et al., 1993). El MTA presentó las tasas más bajas de fuga marginal y fue estadísticamente superior a los demás materiales

Torabinejad *et al.* (1993) evaluaron in vitro la capacidad de sellado del MTA utilizado como material de obturación radicular.

Así, se marcó una nueva dirección para el sellado de perforaciones radiculares y retrocavidades en cirugía periapical. Las evaluaciones iniciales de MTA indicaron que tenía un buen desempeño en el sellado de perforaciones radiculares laterales y en obturaciones del extremo de la raíz, debido a su capacidad para mejorar el proceso de mineralización (Duarte *et al.*, 2009).

La respuesta biológica del MTA en el proceso de reparación después del sellado de perforaciones laterales y perforaciones furcales, recubrimiento pulpar, pulpotomía, apexificación y revascularización, demostraron que este material presenta buen comportamiento tisular.

Los principales componentes de la composición química del MTA, según Torabinejad *et al.* (1995) incluyen silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido y óxido de silicato. También se añadió polvo de óxido de bismuto para hacer que el agregado sea radiopaco. El polvo está formado por finas partículas hidrófilas que se endurecen en presencia de agua. La hidratación del polvo conduce a la formación de un gel coloidal, que se solidifica formando una estructura dura en aproximadamente 4 horas. Las características del agregado dependen del tamaño de las partículas, la proporción de polvo a agua, la temperatura de fraguado, la presencia de agua durante el fraguado y la presencia de aire atrapado (Lee *et al.*, 1993).

Una revisión sistemática reciente sobre la adaptación marginal del MTA en comparación con otros materiales de obturación en las cavidades del extremo de la raíz mostraron que el MTA se adaptó bien a las paredes de la dentina en la mayoría de los estudios.

En 1999, Wucherpfenning y Green informaron que tanto el MTA como el cemento Portland parecían casi idénticos macroscópicamente y microscópicamente. Ambas sustancias apoyaron la formación de matriz de manera similar en cultivos de células

similares a osteoblastos, y también en la aposición de dentina reparadora, cuando se usaron como material de recubrimiento pulpar directo. Las propiedades antimicrobianas y químicas del MTA y del cemento Portland mostraron similitudes (Wucherpfening y Green, 1999).

El cemento Portland presenta los mismos elementos químicos principales que el MTA, excepto que el MTA también contiene bismuto.

Es importante utilizar MTA con precaución desde el punto de vista estético, ya que puede cambiar el color natural coronal (Camilleri, 2008).

Marciano *et al.* (2014) informaron que el color del MTA Angelus blanco se altera en contacto con las estructuras dentales. El colágeno, que está presente en la matriz dentinaria, reacciona con el óxido de bismuto, dando como resultado una coloración grisácea. Debido a esto, está indicado el uso de un radiopacificador alternativo para reemplazar el bismuto en MTA blanco.

Marciano *et al.* (2017) observaron que la adición de óxido de zinc en la formulación de MTA pudo prevenir una alteración del color sin interferencia significativa en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por lo tanto, la formulación de color estable con óxido de zinc permite Los nuevos cementos como los biocerámicos están compuestos principalmente por silicato dicálcico y silicato tricálcico. Esto permite el uso de MTA sin restricciones en términos estéticos.

Camilleri (2014) investigó la estabilidad del color del MTA blanco Los materiales forman una estructura coloidal después de la hidratación y se desarrollan secuencialmente hasta convertirse en una estructura dura (Camilleri, 2007). La industria del cemento dental ha desarrollado numerosos materiales biocerámicos, como: Biodentine, BioAggregate

Se observó que se debe evitar cualquier contacto entre el MTA blanco u otros materiales que contengan bismuto y la solución de hipoclorito de sodio. Por lo tanto, los odontólogos deben tener cuidado de evitar cambios de color al utilizar MTA en perforaciones radiculares considerando la estética.

El MTA es un cemento de silicato de calcio introducido en endodoncia en la década de 1990 (Torabinejad; White, 1995). Desde entonces, se han introducido en el mercado nuevos materiales con composición similar al MTA, pero con propiedades distintas, debido a propiedades que facilitan el manejo y manipulación.

Los nuevos cementos como los biocerámicos están compuestos principalmente por silicato dicálcico y silicato tricálcico.

Los materiales forman una estructura coloidal después de la hidratación y se desarrollan secuencialmente hasta convertirse en una estructura dura (Camilleri, 2007). La industria del cemento dental ha desarrollado numerosos materiales biocerámicos, como: Biodentine, EndoSequence, iRoot y cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM), entre otros.

Hay varias indicaciones en endodoncia para estos materiales, incluidos procedimientos como recubrimiento pulpar, pulpotomía, obturación del conducto radicular, tratamiento de perforación, apexificación y obturación del extremo radicular (Dawood *et al.*, 2017)

Las principales ventajas de los cementos biocerámicos están relacionadas con sus propiedades fisicoquímicas y biológicas. La aplicación de Biodentine en pulpas de rata, dio como resultado la formación de un puente de dentina adyacente al Biodentine, similar al MTA después de 14 y 30 días (Tran *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2017) evaluaron la respuesta de los tejidos perirradiculares con los materiales utilizados para sellar perforaciones de furca. Presentan excelente capacidad de sellado, debido a su interacción fisicoquímica con el ambiente local, y alta biocompatibilidad (Wang, 2015).

Estos materiales tienen alta resistencia a la compresión y características físicas similares a la dentina (Grech *et al.*, 2013).

Su capacidad de sellado resulta de su interacción con la dentina y la formación de una zona intermedia mineralizada, con estructuras en forma de etiquetas que se extienden hacia los túbulos dentinarios y, por lo tanto, actúan como un anclaje micromecánico para la dentina (Kim *et al.*, 2015).

La característica responsable del buen sellado de los cementos biocerámicos se refiere a su expansión después de la hidratación y el fraguado (Dawood, 2017).

La actividad antimicrobiana de estos materiales también ha sido demostrada en la literatura. Varios estudios han revelado la capacidad de control microbiano de los biocerámicos, propiedad relacionada con la alcalinización del medio debido a la liberación de iones hidroxilo y su difusión a través de la dentina (Lovato; Sedgley, 2011).



En relación con la citotoxicidad, los cementos de silicato de calcio presentan buenos resultados.

Damas *et al.* (2011) evaluaron los efectos citotóxicos de MTA Angelus, ProRoot MTA, EndoSequence Root Repair Material y EndoSequence Root Repair Putty en fibroblastos humanos, y observaron una viabilidad celular  $> 91\%$  en todos los materiales probados.

De Deus *et al.* (2011) también evaluaron la citocompatibilidad de IRoot BP Plus y White ProRoot MTA en osteoblastos humanos y observaron una mayor viabilidad celular del grupo MTA, en comparación con IRoot. Sin embargo, el grupo IRoot no presentó citotoxicidad crítica, ya que la viabilidad celular se mantuvo por encima del 70%.

Aun no se encuentran en la literatura estudios con un tamaño muestral adecuado, rigor metodológico, estandarización de procedimientos, aleatorización de individuos, grupos comparativos y otros factores.

En el consultorio es un accidente muy común de encontrar la perforación radicular provocada por causa iatrogénica en el tratamiento de conducto.

Es el objetivo de este trabajo, es conocer los diferentes procedimientos y materiales empleados para el tratamiento de las perforaciones radiculares.

## CASO CLÍNICO

Paciente de sexo femenino de 49 años de edad asiste a la Carrera de especialidad en Endodoncia de la U.N.Cuyo.

Se realizó historia clínica y médica, sin evidencia de patologías sistémicas de relevancia.

Al examen clínico se observa inflamación en la papila interproximal entre ambos incisivos centrales.

Se realizó percusión horizontal y vertical en elemento 11 y 21, respondiendo de forma positiva el primero de ellos.

Al examen radiográfico se observa endodoncia sobreextendida más allá del ápice radicular, la existencia de un proceso periapical y una perforación cervical, con presencia de un cuerpo extraño en mesial del elemento 11 (Fig. 1).



Fig. 1. Radiografía preoperatoria

Se planificó en una primera instancia realizar el retratamiento de conducto y abordaje de la perforación por vía intraconducto.

Se realizó anestesia infiltrativa (Carticaina clorhidrato al 4%-L-Adrenalina 1:100000, solución inyectable de laboratorio Bernabó), se retiró la obturación coronaria de resina de dicho elemento con fresa de carburo redonda número 4 a alta velocidad con irrigación acuosa. Luego se realizó el aislamiento de la pieza dentaria con goma dique. Se desobturó el conducto con el sistema RECIPROC BLUE® 25 (VDW, Alemania), se logró remover el material extravasado. Se estableció la longitud de trabajo mediante

Localizador Apical Electrónico Propex Pixi® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) de 23,5 mm.. Se realizó el calibre apical con una lima K número 70 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland).

Se remueve el material que se encontraba en la zona de la perforación y con ayuda del microscopio electrónico se limpió y se obturo la misma con cemento BIO-C REPAIR® (Angelus, Brasil).

Se realizó la obturación del conducto con conos de gutapercha y con cemento ADSEAL® (META BIOMED), utilizando la técnica de condensación lateral (Fig. 2).

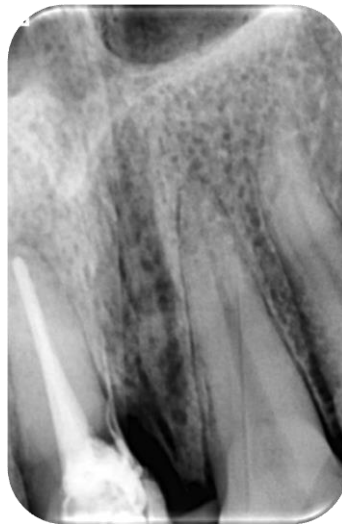


Fig.2. Radiografía postoperatoria

Debido a que en la radiografía postoperatoria se observa que no se pudo eliminar todo el material extravasado a través de la perforación, se decide abordarlo quirúrgicamente en otra sesión.

Previo al comienzo de los procedimientos quirúrgicos, se le indica al paciente realizarse un buche con digluconato de clorhexidina al 0.12% para reducir la carga bacteriana intraoral. Se procede a realizar anestesia infiltrativa terminal a fondo de surco con Totalcaína Forte® (Clorhidrato de Carticaína 4%, L-Adrenalina 1:100.000). Con un bisturí n°15C se procedió con una incisión intrasulcular de espesor total mucoperióstico, preservando las papilas, abarcando los elementos 21, 11 y 12. Dada la presencia del frenillo labial superior, este fue respetado.

Posteriormente se realizó el decolado del tejido blando con un Decolador de Molt. El extremo romo más amplio del mismo se colocó entre los bordes de la incisión, con la parte convexa contra el colgajo.

Una vez expuesta la zona de la lesión se procede a realizar el curetaje perirradicular para la eliminación de los tejidos de granulación y del material extravasado. Se utilizó como instrumento una cureta ósea (Fig. 3).



Fig.3. Perforación en tercio cervical radicular

Para sellar la perforación se utiliza BIO C REPAIR® (Angelus, Brasil), colocándolo con espátula de frente y de lado. Una vez colocado el material de relleno se procedió a la reubicación del colgajo. Se fijó con sutura de nylon monofilamento 5-0 (Fig. 4).



Fig.4. Radiografía postquirúrgica

Pasados 7 días se citó a la paciente para control post quirúrgico y a los 15 días se retiró la sutura.

Se realizo un control a los 45 días postquirúrgicos y se observó una normalidad en los tejidos blandos, la paciente no refería ningún tipo de sintomatología (Fig. 5).



Fig.5. Fotografía control 45 días

## DISCUSIÓN

Este trabajo se basa en la búsqueda bibliográfica realizada de julio del 2023 a octubre del año 2023, en las bases de datos Medline, SCIELO, AAE (American association of endodontics)- JOE (Journal of Endodontics) con la siguiente estrategia de búsqueda, determinando como criterios de inclusión aquellas publicaciones de texto completo, idioma inglés, español y portugués, que incluyeran temas relacionados a las perforaciones radiculares.

De un total de 30 artículos se seleccionaron 12 para la confección del trabajo.

Como han informado numerosos estudios, el objetivo de reparar una perforación radicular es mantener un periodonto sano que esté yuxtapuesto con el sitio de la perforación para que esté libre de inflamación persistente y se pueda prevenir la pérdida de inserción.

El éxito de la reparación de una perforación depende de un buen sellado del sitio perforado con un material biocompatible que contribuya al bienestar del ligamento periodontal (Clauder, 2006).

En este trabajo se presentó el tratamiento de una perforación en un incisivo central a nivel del tercio cervical radicular con MTA. Este material fue seleccionado debido a las ventajas que presenta, tal como sugiere Silva *et al.* (2012). Se logró un excelente sellado de la perforación obteniendo resultados satisfactorios en la cicatrización de los tejidos periodontales.

La mayoría de los estudios se realizaron en el nuevo milenio, lo que sugiere que esta forma de tratamiento está ganando atención en las últimas dos décadas. La mayor disposición de los pacientes a conservar el diente y las mejoras en la tecnología han contribuido a la necesidad y la capacidad de salvar las piezas dentarias que antes probablemente se considerarían insalvables. De los 17 estudios identificados para la revisión sistemática, sólo uno se publicó en la década de 1990 (Rud *et al.*, 1998) que se centró en las reparaciones quirúrgicas.

La reparación no quirúrgica mediante un abordaje ortógrado ha sido difícil e impredecible si se realiza a ciegas, lo que explicaría por qué los informes sobre el abordaje no quirúrgico solo estuvieron disponibles algunos años después de la implementación del microscopio quirúrgico en los tratamientos de endodoncia.

El material MTA, inicialmente introducido como material de obturación radicular retrógrada, también ha evolucionado hasta convertirse en el material recomendado con frecuencia para la reparación de perforaciones debido a su excelente biocompatibilidad (Yildirim *et al.*, 2005). Es bioactivo y posee otras propiedades favorables que respaldan su uso para tal fin.

Según su estudio Ahangari *et al.*, 2006, pone de manifiesto que el MTA solventa todos los problemas derivados del uso de la amalgama como material reparador de perforaciones y además destaca que aporta un mejor sellado, produciendo menos microfiltraciones. En este caso este material y su uso se han limitado en los últimos años, debido al descubrimiento de su toxicidad por mercurio, fugas marginales, expansión retardada y generación de tinciones. Estudios comparativos sobre materiales de retro obturación refieren que los tejidos periapicales muestran mayor inflamación y menor tejido fibroso adyacente con la amalgama que con el MTA (Torabinejad *et al.*, 1995).

Por su lado Singh *et al.*, 2013, compara la capacidad de sellado del MTA, el cemento de fosfato cálcico y el cemento de ionómero de vidrio. Sus resultados demostraron que el material que proporcionaba un sellado más eficaz era el MTA, seguido del cemento de fosfato cálcico y por último del cemento del ionómero de vidrio. El hecho de que el MTA presentase una mejor capacidad de sellado en comparación con estos dos materiales, se justifica por su capacidad hidrofílica y su mínima expansión.

Según Ahangari *et al.*, 2006, el cemento Portland y el MTA tienen una composición muy similar. El 75% de su composición química es la misma. Al comparar la capacidad de sellado de ambos materiales, se comprobó que el MTA presentaba menos filtraciones debido al mayor tamaño de las partículas del cemento Portland y también a que la rápida pérdida de agua y la deshidratación en éste dificultaban la condensación del material en la práctica. Por lo tanto, el elevado tamaño de las partículas del cemento Portland hace que existan espacios entre el margen del diente y el material de restauración a través de los cuales se producen filtraciones.

Por su lado Torabinejad y Lee (1993), demuestran que el MTA presenta menor filtración que la amalgama y el IRM cuando son utilizados en reparación de perforaciones laterales radiculares. Otros autores han realizado estudios que ponen de manifiesto que el MTA es uno de los materiales que aporta mejores resultados a la

reparación de las perforaciones de furcación promoviendo la formación de hueso y cemento. Otro estudio concluyó que es el material ideal para la reparación de cualquier tipo de perforaciones radiculares (Silva *et al.*, 2012).

Por otro lado Upadhyay (2012), demostró que el MTA tiene excelentes propiedades, como son la radiopacidad y la resistencia a la humedad.

Torabinejad (2010) también hace referencia a la excelente capacidad de sellado y biocompatibilidad del MTA.

En un informe sobre el éxito del uso del MTA, se observó una excelente capacidad de sellado, biocompatibilidad y potencial de estimulación en la creación de cemento y hueso (Nunes *et al.*, 2012).

Las condiciones preoperatorias, en cualquier estudio que quiera analizarse, difícilmente pueden estandarizarse debido a la naturaleza accidental de la perforación durante el tratamiento de conducto. Además, la naturaleza del procedimiento (reparación de la perforación) no se presta a la experimentación en forma de ensayo clínico aleatorio porque la perforación creada intencionalmente en seres humanos no es ética.

En la mayoría de los estudios, el resultado del tratamiento se dicotomizó en dos categorías: curado (éxito) y enfermo. En particular, algunos estudios incluyen una categoría adicional de curación incompleta, especialmente para aquellos con períodos de observación relativamente cortos, agrupando tanto la curación completa como la incompleta como exitosa en esos estudios.

Orstavik (1996) ha informado sobre la dinámica de la curación periapical que, aunque la curación completa de la periodontitis apical puede requerir hasta 4 años, los signos de curación temprana pero incompleta podrían ser visibles en aproximadamente el 89% de todos los que finalmente sanaron, 1 año después del tratamiento.

El índice periapical (Orstavik *et al.*, 1986) se utilizó en la mayoría de los estudios de reparación de perforaciones. Sin embargo, aunque se trata de una evaluación imparcial del estado periapical (Friedman *et al.*, 2007), no se ha determinado qué tan aplicable o válido es utilizar el índice periapical para evaluar el resultado de la reparación de la perforación.



Pontius *et al* (2013) propusieron un "índice de perforación radicular" que era una modificación del sistema de puntuación del índice periapical, pero su uso no ha sido popular.

Es digno de mención que algunos estudios (Main *et al.*, 2004) realizados específicamente para evaluar el resultado de las reparaciones de perforaciones generalmente mostraron una mayor probabilidad de éxito en comparación con aquellos que evaluaron el resultado del tratamiento de endodoncia (siendo la reparación de perforaciones un subconjunto del estudio).

La mayoría de estos estudios especializados informaron una tasa de éxito de alrededor del 90%, cifra que se acerca a la tasa de éxito del tratamiento de conducto primario. En estos estudios, el tratamiento fue realizado por operadores que habían pasado por o estaban en formación en endodoncia, y el procedimiento clínico fue asistido por un microscopio quirúrgico, así como en nuestro caso clínico.

Esto puede explicar la alta tasa de éxito reportada. En los estudios que incluyeron retratamiento no quirúrgico del conducto radicular (Ng *et al.*, 2011) en los que la reparación de la perforación era un subconjunto de la población de la muestra, se informó que la curación exitosa después de la reparación oscilaba entre el 50% y el 90%, y la mayoría informó una tasa del 50% – 60% únicamente. Esto sugirió que los dientes que requieren un nuevo tratamiento (en lugar de un tratamiento de conducto primario) y que se complican por la perforación tendrían menores posibilidades de éxito.

En un metanálisis, se agruparon subgrupos específicos de variables para su evaluación con la esperanza de aumentar el tamaño de la muestra y el poder estadístico. Con un total de 188 perforaciones reparadas, se concluyó una tasa de éxito general ponderada del 72,5 % (IC, 61,9 % – 81,0 %), independientemente de los materiales utilizados. La cifra de reparación con material MTA fue del 80,9% (IC, 67,1%-89,8%). Los resultados sugirieron que la reparación no quirúrgica con material MTA puede dar lugar a una mayor tasa de éxito en comparación con otros materiales.

Debido a su excelente biocompatibilidad y propiedad de osteoconducción, el material MTA es capaz de permitir el crecimiento de cementoblastos con depósito de cemento sobre su superficie (Wang, 2015). Por otro lado, la formación de tejido fibroso que encapsula o protege otros materiales como el composite de resina, el material de

restauración intermedio o el cemento de ácido zinc fue un hallazgo común; a menudo puede haber diversos grados de inflamación crónica en el tejido periodontal adyacente a estos materiales (Bernabe *et al.*, 2005). La capacidad de sellado de estos otros materiales también se ve afectada negativamente por la humedad, efecto que no experimenta el material MTA (Torabinejad *et al.*, 1993). Por lo tanto, se considera que el MTA posee las propiedades más favorables para la reparación de perforaciones. Con una tasa de éxito general para la reparación de perforaciones de aproximadamente del 81%, salvar el diente de forma no quirúrgica con dicho método debería ser un intento que valga la pena.

Hoy en día, con la creciente y prometedora investigación sobre el uso de cementos biocerámicos (Wang, 2015), grupo general de materiales al que también pertenece el MTA, la elección del material para reparar la perforación radicular está creciendo.

Cuando se examinan varios factores preoperatorios, los dientes maxilares disfrutaron de una tasa de éxito significativamente mayor en comparación con los dientes mandibulares.

Allen *et al* (1989) también encontraron una mayor tasa de éxito en el retratamiento no quirúrgico del conducto radicular en los dientes maxilares que en los mandibulares. Esto podría explicarse en parte por la rica red vascular que irriga el maxilar y que puede ayudar a promover la curación. Además, algunas lesiones radiolúcidas podrían haber escapado a la detección debido a la presencia de estructuras radiodensas superpuestas en el maxilar. Con respecto a la reducción significativa en la tasa de éxito cuando estaba presente un área radiolúcida preoperatoria adyacente al sitio de la perforación, la presencia de un área radiolúcida preexistente generalmente indica una lesión razonablemente duradera.

Una desinfección adecuada y un buen sellado del sitio de la perforación son importantes para garantizar un resultado exitoso (Toure B *et al.*, 2011). Siempre que se logren estos 2 objetivos de tratamiento, junto con un material de reparación biocompatible, debería haber poca diferencia en la curación independientemente de la ubicación de la perforación.

Clauder y Shin (2006) han advertido que si la perforación está situada cerca o por encima del hueso crestal, el crecimiento descendente del epitelio de unión y el posterior desarrollo de la bolsa periodontal comprometerían el pronóstico de los

dientes con perforación radicular infectada. En el caso clínico presentado, existía la presencia de una bolsa periodontal previo a la cirugía, pese a esto se pudo observar la curación de los tejidos periodontales.

## CONCLUSIÓN

Se debe prevenir la perforación de la raíz durante los procedimientos endodónticos. El diagnóstico y sellado inmediato, la intensidad de la agresión, el control de la contaminación, la relación con el hueso crestal y la inserción epitelial son factores que influyen en el pronóstico.

La introducción de materiales bioactivos como el MTA, Biodentine<sup>®</sup>, Bioaggregate, EndoSequence<sup>®</sup> y el CEM, como su biocompatibilidad y bioactividad, nos permiten esperar una respuesta favorable de los tejidos, mejorando la tasa de éxito de reparaciones.

Se puede obtener un pronóstico favorable reparando la raíz perforada de forma no quirúrgica, con una probabilidad de éxito de alrededor del 73% para todos los tipos de materiales de reparación. El uso de MTA puede mejorar aún más la tasa de éxito.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Adel M, Tofangchiha M, Yeganeh LA, Javadi A, Khojasteh AA, Majd NM. Diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and conventional periapical radiography in detecting strip root perforations. *J Int Oral Health*. 2016 Jan;8(1):75-9

Ahangari Z, Karami M. Año 2006. Evaluation of the Sealing Ability of Amalgam, MTA, Portland Cement and Coltozol in the Repair of Furcal Perforations. *Iran Endod J*.

Alhadainy HA. Root perforations: a review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994 Sep;78(3):368-74

Allen RK, Newton CW, Brown CE Jr. A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *J Endod* 1989;15:261–6

American Association of Endodontists. Glossary of endodontic terms. 9th ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2016

Bernabe PF, Holland R, Morandi R, et al. Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. *Braz Dent J* 2005;16:149–55.

Bueno MR, Estrela C, De Figueiredo JA, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *J Endod*. 2011 Jan;37(1):85-90

Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2007 Jun;40(6):462-70

Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *J Endod*. 2014 Mar;40(3):436-40

Clauder T, Shin SJ. Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action. *Endod Topics*. 2006 Nov;15(1):32-55

Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *J Endod*. 2011 Mar;37(3):372-5.

Dawood AE, Parashos P, Wong RH, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent*. 2017

De -Deus G, Canabarro A, Alves GG, Marins JR, Linhares AB, Granjeiro JM. Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. *Int Endod J.* 2012 Jun;45(6):508-13.

Duarte MAH, El Kadre GDO, Vivan RR, Tanomaru JMG, Tanomaru Filho M, Moraes IG. Radiopacity of portland cement associated with different radiopacifying agents. *J Endod.* 2009 May;35(5):737-40

Estrela C, Biffi JC, Moura MS, Lopes HP. Treatment of endodontic failure. In: Estrela C. *Endodontic Science*. 2nd ed. São Paulo: Artes Médicas; 2009. p. 917-52

Estrela C, Holland R, Estrela CR, Alencar AH, SousaNeto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J.* 2014 Jan-Feb;25(1):3-11

Estrela C, Pécora JD, Estrela CRA, Guedes OA, Silva BS, Soares CJ et al. Common operative procedural errors and clinical factors associated with root canal treatment. *Braz Dent J.* 2017

Estrela C, Pimenta FC, Ito IY, Bammann LL. Antimicrobial evaluation of calcium hydroxide in infected dentinal tubules. *J Endod.* 1999 Jun;25(6):416-8

Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J.* 1995;6(2):85-90

Friedman S, Orstavik D, Pitt Ford TR. Prevention and treatment of apical periodontitis. In: Orstavik D, Pitt Ford TR, eds. *Essential Endodontology*, 2nd ed. Copenhagen, Denmark: Blackwell Munksgaard; 2007:408–69

Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Jun;79(6):756-63. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(05\)80313-0](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(05)80313-0)

Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater.* 2013 Feb;29(2):20-8

Grossman LI, Shepard LI, Pearson LA. Roentgenologic and clinical evaluation of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1964 Mar;17(3):368-74

Guldner PH. Perforaciones accidentales. Guldener PHA, Langeland K. *Endodoncia: diagnóstico y tratamiento*. Barcelona: Springer; 1995.

Hermann BW. Calciumhydroxyd als mittel zum behandel und fllen vonxahnwurzelkanlen. (Doctoral Thesis) Wrzburg; 1920. 50p

Holland R, Gomes JE, Cintra LT, Queiroz ÍO, Estrela C. Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth. *J Appl Oral Sci.* 2017 Sep-Oct;25(5):465-76

Holland R, Otoboni Filho JA, de Souza V, Nery MJ, Bernabé PF, Dezan E Jr. A comparison of one versus two appointment endodontic therapy in dogs' teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2003 Feb;29(2):121-4.

Kaufman AY, Fuss Z, Keila S, Waxenberg S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *Int Endod J.* 1997 Nov;30(6):403-7

Kim JR, Nosrat A, Fouad AF. Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body fluid. *J Dent.* 2015 Feb;43(2):241-7

Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res.* 1997 Dec;37(3):432-9.

Lovato KF, Sedgley CM. Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2011 Nov;37(11):1542-6.

Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993 Nov;19(11):541-4

Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dent Clin North Am.* 1992 Apr;36(2):439-57.

Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod* 2004;30:80–3

Marciano MA, Camilleri J, Costa RM, Matsumoto MA, Guimarães BM, Duarte MA. Zinc oxide inhibits dental discoloration caused by white mineral trioxide aggregate angelus. *J Endod.* 2017 Jun;43(6):1001-7

Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RF, Guimarães BM, Duarte MA. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod.* 2014 Aug;40(8):123-40

Mizuno M, Banzai Y. Calcium ion release from calcium hydroxide stimulated fibronectin gene expression in dental pulp cells and the differentiation of dental pulp

cells to mineralized tissue forming cells by fibronectin. *Int Endod J*. 2008 Nov;41(11):933-8

Ng Y, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1—periapical health. *Int Endod J* 2011;44: 583–609

Nunes E, Silveira FF, Soares JA, Duarte MAH, Soares SMCS. Año 2012. Treatment of perforating internal root resorption with MTA: a case report. *J Oral Sci*

Orstavik D. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J* 1996;29:150–5

Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 1986;2: 20–34

Oswald RJ. Procedural accidents and their repair. *Dent Clin North Am*. 1979 Oct;23(4):593-616

Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*. 2007 Oct;40(10):818-30

Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140224

Pisanti S, Sciaky I. Origin of calcium the repair wall after pulp exposure in the dog. *J Dent Res*. 1964 Sep-Oct;43(5):641-4

Pontius V, Pontius O, Braun A, et al. Retrospective evaluation of perforation repairs in 6 private practices. *J Endod* 2013;39:1346–58

Regan JD, Witherspoon DE, Foyle DM. Surgical repair of root and tooth perforations. *Endod Topics*. 2005 Jul;11(1):152-78.

Roda RS, Gettleman BH. Nonsurgical retreatment. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. *Cohen's Pathways of the pulp*. 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2016. p. 324-86

Roda RS. Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001 Aug;13(6):467-72.

Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Retrograde sealing of accidental root perforations with dentin-bonded composite resin. *J Endod* 1998;24:671–7



- Seux D, Couble ML, Hartmann DJ, Gauthier JP, Magloire H. Odontoblast-like cytodifferentiation of human dental pulp cells in vitro in the presence of a calcium hydroxide-containing cement. *Arch Oral Biol.* 1991
- Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR, Wu MK. The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod.* 2011 Apr;37(4):513-6
- Silva LA, Pieroni KA, Nelson-Filho P, Silva RA, HernándezGatón P, Lucisano MP et al. Furcation perforation: periradicular tissue response to Biodentine as a repair material by histopathologic and indirect immunofluorescence analyses. *J Endod.* 2017 Jul;43(7):1137-42
- Singh P, Paul J, Al-Khuraif AA, Vellappally S, Halawany HS, Hashim M. Año 2013. Sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium phosphate cement, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Acta medica Hradec Kral.*
- Stanley HR, Pameijer CH. Dentistry's friend: calcium hydroxide. *Oper Dent.* 1997 Jan-Feb;22(1):1-3
- Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Año 1995. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod.* Torabinejad M, Parirokh M. Año 2010. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.*
- Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new rootend filling material. *J Endod.* 1995 Jul;21(7):349-53
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993 Dec;19(12):591-5
- Torabinejad M, White DJ. Tooth filling material and use. United States Patent & Trademark Office. Patent Number 5,769,638, May 16, 1995
- Toure B, Faye B, Kane AW, et al. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *J Endod* 2011;37:1512-5
- Tran XV, Gorin C, Willig C, Baroukh B, Pellat B, Decup F, et al. Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. *J Dent Res.* 2012 Dec;91(12):1166-71
- Tsesis I, Fuss Z. Diagnosis and treatment of accidental root perforations. *Endod Topics.* 2006 Mar;13(1):95-107.

Upadhyay Y. Año 2012. Mineral Trioxide Aggregate Repair of Perforated Internal Resorption: A Case Report. J Oral Heal Community Dent

Yildirim T, Gencoglu N, Firat I, et al. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or zinc ethoxybenzoic acid cement in dogs' teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005;100:120-4

Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. Endod Topics. 2015 May;32(1):3-30

Wucherpfening AL, Green DB. Mineral trioxide aggregate vs Portland cement: two biocompatible filling materials [Abstract]. J Endod. 1999;25(4):308