



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

**FRACASO TARDÍO DE UN TRATAMIENTO
ENDODÓNTICO REGENERATIVO ASOCIADO A
ANTECEDENTE TRAUMÁTICO**

Alumna: Od. Calcagno María Agustina

Directora: Prof. Dra. Peña Graciela

Mendoza, Julio 2026

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los profesores de la Carrera de Especialización en Endodoncia, por su paciencia y por la enseñanza brindada a lo largo de todo el cursado, que fueron pilares fundamentales en mi formación profesional.

A mi directora de tesis, la Prof. Dra. Graciela Peña, por su guía, dedicación y acompañamiento constante en la realización de este trabajo.

A mi familia y amigos, por su compañía incondicional y su apoyo en cada etapa de este camino, que fueron indispensables para poder concluirlo.

Y a mis compañeros y colegas, por estos años compartidos de aprendizaje, esfuerzo y apoyo mutuo, que hicieron de este recorrido una experiencia mucho más enriquecedora.

ÍNDICE

Resumen.....	pág.4
Introducción.....	pág.6
Caso clínico.....	pág.17
Discusión.....	pág.28
Conclusión.....	pág.35
Bibliografía.....	pág.36

RESUMEN

Los traumatismos dentoalveolares constituyen una de las principales causas de necrosis pulpar en dientes permanentes inmaduros, afectando el desarrollo radicular y comprometiendo la resistencia estructural de la pieza dentaria. En la actualidad, los tratamientos endodónticos regenerativos (TER) representan la alternativa terapéutica de elección para estos casos, ya que permiten controlar la infección y favorecer la continuación del desarrollo radicular. No obstante, la evidencia científica indica que sus resultados no siempre son predecibles y que, en determinadas circunstancias, pueden presentarse fracasos tardíos, incluso varios años después del tratamiento inicial, lo que pone de manifiesto la importancia de realizar un seguimiento clínico y radiográfico prolongado.

El objetivo del presente trabajo fue describir el manejo clínico de un caso de fracaso tardío de un tratamiento endodóntico regenerativo en un diente permanente inmaduro con necrosis pulpar de origen traumático y analizar las alternativas terapéuticas disponibles a la luz de la evidencia científica actual.

Se presenta el caso de un paciente masculino de 22 años con antecedente de traumatismo dentoalveolar a los 7 años, tratado mediante procedimientos regenerativos en los incisivos centrales superiores (piezas 11 y 21). Doce años después del tratamiento inicial, consultó por dolor, fistula y absceso palatino. La evaluación clínica y radiográfica evidenció una extensa lesión periapical asociada a la pieza 11, que además presentaba paredes dentinarias delgadas y desarrollo radicular incompleto. Se indicó una apexificación con barrera apical de material biocerámico y obturación mediante gutapercha termoplastificada en la pieza 11, mientras que las piezas 21 y 12 fueron tratadas mediante terapia endodóntica convencional, utilizando un protocolo de desinfección química, medicación intraconducto y obturación con sellador biocerámico. A los tres meses de seguimiento, se observó la resolución de la sintomatología, la desaparición del trayecto fistuloso y del absceso, junto con una evolución clínica favorable.

Se concluye que, aunque los tratamientos endodónticos regenerativos constituyen la primera opción terapéutica para dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar de origen traumático, pueden presentar fracasos tardíos que comprometan la estabilidad del resultado obtenido. La documentación y comunicación de casos clínicos con seguimiento a largo plazo continúa siendo fundamental para fortalecer la evidencia disponible y contribuir al

perfeccionamiento de los protocolos terapéuticos aplicados a los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar.

INTRODUCCIÓN

Los traumatismos dentarios afectan principalmente a niños y adolescentes, y la pérdida de dientes permanentes en esta etapa puede generar consecuencias funcionales, estéticas y psicológicas a lo largo de la vida. En este contexto, la preservación de la vitalidad pulpar y el mantenimiento del desarrollo radicular constituyen los principales objetivos terapéuticos tras una lesión traumática.

Diversos estudios han demostrado que la necrosis pulpar representa una de las complicaciones más frecuentes de los traumatismos dentarios. Kaba *et al.*, informaron que aproximadamente el 12 % de las fracturas no complicadas de esmalte y dentina evolucionaron hacia necrosis pulpar. Asimismo, Hecova *et al.*, observaron esta complicación en el 27 % de 889 dientes permanentes con lesiones traumáticas, siendo los incisivos centrales superiores las piezas más afectadas. No obstante, otras investigaciones han comunicado prevalencias cercanas al 80 % (Swaikat *et al.*, 2023), lo que pone de manifiesto la variabilidad de su presentación según el tipo de traumatismo, el tiempo transcurrido hasta el tratamiento y las características de la población estudiada.

Cuando la necrosis pulpar se desarrolla en dientes permanentes inmaduros, el crecimiento radicular se interrumpe, dando lugar a raíces cortas, paredes dentinarias delgadas y ápices abiertos. Esta situación dificulta el desbridamiento y la obturación del sistema de conductos radiculares, genera una relación corona-raíz desfavorable y aumenta la susceptibilidad a fracturas radiculares bajo las cargas funcionales. Además, la presencia de un amplio foramen apical reduce la predictibilidad de los tratamientos endodónticos convencionales (Andreasen *et al.*, 2018). En consecuencia, el abordaje terapéutico de estos casos debe orientarse no solo a prevenir o resolver la periodontitis apical, sino también a favorecer la continuación del desarrollo radicular y la regeneración del complejo dentina-pulpa, con el propósito de restablecer las propiedades biológicas y funcionales del tejido pulpar (Swaikat *et al.*, 2023). En la actualidad, el manejo de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar secundaria a un traumatismo contempla tres alternativas terapéuticas principales: la apexificación con hidróxido de calcio, la apexificación mediante agregado de trióxido mineral (MTA) y los procedimientos endodónticos regenerativos (Swaikat *et al.*, 2023).

La apexificación está indicada cuando un diente con desarrollo radicular incompleto presenta necrosis pulpar y los procedimientos regenerativos no son viables o están contraindicados (Galler *et al.*, 2021). Su objetivo consiste en inducir la formación de una barrera mineralizada

en el extremo apical de la raíz, permitiendo posteriormente la obturación convencional del sistema de conductos radiculares. Este concepto fue introducido inicialmente mediante el empleo prolongado de hidróxido de calcio, material que demostró la capacidad de estimular la formación de tejido duro en la región apical (Frank, 1966; Ghose *et al.*, 1987).

Durante varias décadas, el hidróxido de calcio fue considerado el material de elección para la apexificación en múltiples sesiones, debido a sus propiedades antimicrobianas, derivadas de su elevado pH, y a su capacidad para inducir la formación de tejidos mineralizados. Los protocolos tradicionales requerían el recambio periódico del medicamento intracanal durante períodos prolongados, que podían extenderse desde varios meses hasta más de un año, hasta obtener una barrera apical clínicamente adecuada (Sheehy & Roberts, 1997).

Si bien este procedimiento mostró elevadas tasas de éxito en términos de control de la infección y reparación de los tejidos periapicales, presentaba importantes limitaciones clínicas. Entre ellas se destacan la prolongada duración del tratamiento, la necesidad de múltiples consultas y la dependencia de la colaboración del paciente. Además, el compromiso del sellado coronario entre sesiones favorecía la recontaminación del sistema de conductos, mientras que la exposición prolongada de la dentina al hidróxido de calcio se asoció con una disminución de la resistencia mecánica de la raíz, incrementando el riesgo de fracturas coronarias y radiculares (Bonte *et al.*, 2015; Galler *et al.*, 2021).

A pesar de los resultados clínicos favorables obtenidos con el hidróxido de calcio, diversos estudios demostraron que su permanencia prolongada en el conducto radicular puede modificar las propiedades mecánicas de la dentina y aumentar el riesgo de fractura radicular. Esta limitación adquiere especial relevancia en dientes permanentes inmaduros, cuyas raíces presentan paredes dentinarias delgadas y una resistencia estructural reducida. Estas desventajas impulsaron el desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas orientadas a disminuir la duración del tratamiento y mejorar su predictibilidad clínica (Andreasen *et al.*, 2002).

En este contexto, la incorporación del agregado de trióxido mineral (MTA) representó un importante avance en la apexificación, ya que permitió la confección de una barrera apical artificial en una o dos sesiones, reduciendo significativamente los tiempos de tratamiento (Torabinejad *et al.*, 1993). Además, sus propiedades biológicas y fisicoquímicas, entre las que destacan su elevada biocompatibilidad, excelente capacidad de sellado y potencial bioinductor para estimular la formación de tejidos mineralizados, favorecieron su rápida aceptación como material de elección en este procedimiento (Parirokh & Torabinejad, 2010).

Como consecuencia, la apexificación con MTA alcanzó elevadas tasas de éxito clínico y se consolidó durante años como una alternativa predecible al hidróxido de calcio. Sin embargo, su utilización también presentó algunas limitaciones, entre ellas la dificultad en la manipulación y colocación del material, el prolongado tiempo de fraguado, la complejidad de su mezcla, la posibilidad de producir alteraciones cromáticas en los tejidos dentarios y la presencia de componentes potencialmente tóxicos, factores que dificultaron su aplicación rutinaria por parte de muchos clínicos (Galler *et al.*, 2021).

Durante la última década, los cementos hidráulicos a base de silicato de calcio surgieron como una evolución del MTA original, demostrando tasas de éxito clínico comparables en los procedimientos de apexificación. Estos materiales presentan propiedades fisicoquímicas y biológicas mejoradas, una manipulación más sencilla y una menor tendencia a producir pigmentación de los tejidos dentarios, ventajas que los posicionan como una alternativa superior al MTA derivado del cemento Portland (Galler *et al.*, 2021).

El protocolo clínico de estos biomateriales es similar al empleado con el MTA, aunque ofrecen una mayor versatilidad en su utilización. Pueden colocarse como un tapón apical de 4 a 6 mm o emplearse para obturar completamente el conducto radicular. En algunos casos, incluso es posible extender su aplicación al acceso endodóntico, utilizándolos como sustitutos de dentina con el objetivo de reforzar la estructura coronoradicular. En este sentido, se ha demostrado que la obturación completa del conducto radicular y del acceso endodóntico con Biodentine® incrementa la resistencia a la fractura, favorece la longevidad del diente y mejora las tasas de supervivencia clínica (Galler *et al.*, 2021).

Más recientemente, se incorporaron materiales hidráulicos de silicato de calcio en presentación *putty* de fraguado rápido, los cuales han demostrado resultados favorables cuando se emplean como tapones apicales en procedimientos de apexificación. Su principal ventaja radica en el corto tiempo de fraguado, que permite completar el tratamiento en una única sesión, reduciendo el riesgo de contaminación entre citas y ofreciendo una alternativa clínica comparable a la utilización de Biodentine® (Galler *et al.*, 2021).

Cuando los materiales hidráulicos a base de silicato de calcio se utilizan exclusivamente como barrera apical, el resto del sistema de conductos radiculares debe obturarse mediante gutapercha y un sellador endodóntico. En estos casos, la amplia apertura foraminal característica de los dientes inmaduros suele requerir la colocación previa de una matriz apical con el objetivo de limitar la extrusión del biomaterial hacia los tejidos periapicales.

Aunque estos cementos presentan una excelente biocompatibilidad, su desplazamiento más allá del ápice no es deseable y debe evitarse siempre que sea posible (Galler *et al.*, 2021).

Para la confección de esta barrera se han propuesto diversos materiales, siendo las esponjas hemostáticas y las matrices de colágeno las opciones más utilizadas. Estos materiales se introducen cuidadosamente a través del conducto radicular y se condensan suavemente en la región apical, donde actúan como un soporte mecánico para la colocación del biomaterial. Además de prevenir la extrusión, contribuyen al control de la humedad, evitando la contaminación del cemento con sangre o fluidos tisulares durante el fraguado. Debido a su elevada biocompatibilidad, estas matrices son bien toleradas por los tejidos periapicales y se reabsorben en un corto período de tiempo (Galler *et al.*, 2021).

A pesar de los excelentes resultados obtenidos con la apexificación mediante MTA y otros cementos hidráulicos, esta técnica presenta una limitación biológica importante: no permite la continuación del desarrollo radicular. Si bien favorece la formación de una barrera apical y la resolución de la patología periapical (Holden *et al.*, 2008), la raíz conserva la misma longitud y espesor dentinario que presentaba al inicio del tratamiento (Torabinejad *et al.*, 2017). En consecuencia, el diente mantiene una mayor susceptibilidad a la fractura, especialmente cuando las raíces son cortas y las paredes dentinarias son delgadas, condición frecuente en dientes permanentes inmaduros (Huang, 2008).

Estas limitaciones estimularon el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas orientadas no solo a eliminar la infección y lograr el cierre apical, sino también a favorecer la maduración radicular y restaurar la funcionalidad del complejo dentino-pulpar. En este contexto, los avances en la biología pulpar y en la ingeniería tisular permitieron identificar poblaciones de células madre con potencial regenerativo presentes en dientes permanentes inmaduros, sentando las bases para el desarrollo de los tratamientos endodónticos regenerativos (Hargreaves *et al.*, 2013).

Los tratamientos endodónticos regenerativos (TER) se definen como procedimientos biológicamente basados destinados a reemplazar estructuras dañadas del complejo dentino-pulpar, incluyendo la dentina, las estructuras radiculares y las células pulpares. Además de controlar la infección, estos procedimientos buscan favorecer la reparación de las lesiones periapicales, promover el aumento de la longitud radicular, incrementar el espesor de las paredes dentinarias y, potencialmente, restablecer la vitalidad del tejido pulpar. Debido a estos beneficios, el TER es actualmente considerado una alternativa terapéutica aceptada para el tratamiento de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar por

organizaciones científicas internacionales como la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), la Academia Europea de Odontopediatría (EAPD) y la Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) (Swaikat *et al.*, 2023).

Los tratamientos endodónticos regenerativos persiguen tres objetivos fundamentales. El primero consiste en eliminar la infección del sistema de conductos radiculares, resolver la periodontitis apical y favorecer la cicatrización de los tejidos periapicales, con la consecuente desaparición de los signos y síntomas clínicos. El segundo, considerado el objetivo biológico principal, es regenerar la estructura y la función del complejo dentino-pulpar. A diferencia de la apexificación convencional mediante hidróxido de calcio o mediante un tapón apical de MTA, que permite controlar la infección y lograr el cierre apical sin restaurar la anatomía ni la fisiología del tejido pulpar, la endodoncia regenerativa busca promover la formación de un nuevo tejido funcional dentro del conducto radicular. El tercer objetivo es recuperar, cuando sea posible, la vitalidad del diente (Dianat *et al.*, 2021).

Mediante la aplicación de los principios de la ingeniería tisular, estos procedimientos pretenden regenerar un tejido similar al complejo dentino-pulpar, favoreciendo la formación de un sistema neurovascular funcional, acompañado por dentina tubular, una capa de células odontoblasto-símiles y un sistema inmunológico capaz de contribuir a la defensa del tejido regenerado.

Si bien existe consenso respecto de los objetivos biológicos del tratamiento, las principales sociedades científicas difieren en algunos criterios de éxito. La American Association of Endodontists (AAE) considera que el incremento del espesor de las paredes dentinarias y el aumento de la longitud radicular constituyen resultados deseables, aunque no indispensables para considerar exitoso el procedimiento. En cambio, la European Society of Endodontology (ESE) incluye ambos parámetros como criterios de éxito del tratamiento regenerativo. En cualquier caso, la formación de nuevo tejido dentino-pulpar tiene como finalidad favorecer la maduración radicular, aumentar la resistencia estructural del diente y disminuir el riesgo de fractura a largo plazo (Dianat *et al.*, 2021).

Desde el punto de vista biológico, Hargreaves *et al.*, (2013) señalaron que el éxito de los procedimientos regenerativos depende de la interacción de tres componentes esenciales de la ingeniería tisular: la presencia de células madre con capacidad de diferenciación, un andamio biológico (*scaffold*) que permita la migración y organización celular, y factores de crecimiento capaces de regular la proliferación y diferenciación de dichas células.

La base histológica de la regeneración en dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar reside en la preservación de los tejidos apicales remanentes y de la vitalidad del complejo apical en desarrollo (*Developing Apical Complex*, DAC). Este complejo está constituido por la vaina epitelial radicular de Hertwig (HERS), la papila apical y el folículo dental, estructuras que conforman un microambiente biológico favorable y albergan células madre y células progenitoras con capacidad para diferenciarse en los tejidos responsables de la formación de la raíz y del periodonto (Huang *et al.*, 2008; Gronthos *et al.*, 2000; Sonoyama *et al.*, 2006; Sonoyama *et al.*, 2008).

Entre estas poblaciones celulares, las células madre de la papila apical (*Stem Cells from the Apical Papilla*, SCAP), descritas por Sonoyama *et al.*, (2008), desempeñan un papel central debido a su elevada capacidad proliferativa y de diferenciación, participando activamente en la formación de dentina radicular y en la continuación del desarrollo de la raíz.

Asimismo, Huang (2008) destacó la relevancia de la vaina epitelial radicular de Hertwig como estructura indispensable para la continuidad de la formación radicular, incluso luego de la necrosis pulpar, siempre que el microambiente biológico permanezca favorable. No obstante, la persistencia de infección dentro del sistema de conductos radiculares y la inflamación de los tejidos periapicales constituyen los principales factores capaces de comprometer el potencial regenerativo de estos tejidos. En este sentido, Xie *et al.*, (2021) señalaron que el control efectivo de la infección y de la inflamación periapical representa un requisito indispensable para preservar la viabilidad de las células madre y optimizar el éxito de los tratamientos endodónticos regenerativos.

En concordancia con estos hallazgos, Diogenes *et al.*, (2016) demostraron que la presencia de microorganismos y de sus productos metabólicos puede comprometer la viabilidad, proliferación y diferenciación de las células madre localizadas en la región apical, disminuyendo el potencial de regeneración tisular y de continuación del desarrollo radicular. En consecuencia, una desinfección eficaz del sistema de conductos radiculares constituye un requisito indispensable para el éxito de los procedimientos endodónticos regenerativos, ya que permite establecer un microambiente biológico compatible con la supervivencia y función de las células madre remanentes (Diogenes *et al.*, 2016).

La regeneración del complejo dentino-pulpar depende de la interacción coordinada entre células madre, factores de crecimiento y una matriz biológica o *scaffold*. Si bien las células madre derivadas de la papila apical y de los tejidos periapicales representan la principal fuente de células progenitoras, los factores de crecimiento liberados desde la dentina durante

los protocolos de irrigación desempeñan un papel esencial en la regulación de la migración, proliferación y diferenciación celular. Asimismo, la formación de un andamiaje biológico, representado por el coágulo sanguíneo inducido o por concentrados plaquetarios autólogos, proporciona el soporte necesario para la organización del tejido en regeneración (Hargreaves *et al.*, 2013; Galler *et al.*, 2011).

Sobre la base de estos principios biológicos, el protocolo clínico de los tratamientos endodónticos regenerativos ha evolucionado progresivamente durante la última década. Tanto la American Association of Endodontists (AAE, 2018) como la European Society of Endodontology (ESE, 2016) recomiendan un abordaje en dos etapas. En una primera fase se realiza la desinfección química del sistema de conductos radiculares mediante una instrumentación mecánica mínima, con el propósito de preservar la integridad de las delgadas paredes dentinarias y mantener la viabilidad de los tejidos apicales. Posteriormente, se induce el sangrado desde la región periapical para favorecer la formación de un coágulo sanguíneo que actúe como matriz biológica, sobre el cual se coloca un material biocerámico y una restauración coronaria hermética para garantizar un sellado adecuado y favorecer la reparación tisular.

La fase de desinfección representa uno de los aspectos más críticos del tratamiento regenerativo. Fouad (2011) destacó que el control efectivo de la infección constituye un requisito indispensable para el éxito biológico de estos procedimientos. Sin embargo, la instrumentación mecánica conservadora, necesaria para preservar el potencial regenerativo del diente inmaduro, puede dificultar la eliminación completa de los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares. En este sentido, Verma *et al.*, (2017) señalaron que la persistencia bacteriana constituye una de las principales causas de fracaso de los tratamientos regenerativos, lo que resalta la importancia de optimizar los protocolos de irrigación y medicación intracanal.

La evidencia clínica disponible durante las últimas dos décadas respalda la eficacia de los procedimientos endodónticos regenerativos en el tratamiento de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar. Jeeruphan *et al.*, (2012) informaron elevadas tasas de supervivencia y éxito clínico, caracterizadas por la resolución de los signos y síntomas, así como por la cicatrización de las lesiones periapicales. Posteriormente, una revisión sistemática realizada por Nicoloso *et al.*, (2019) confirmó estos resultados, mientras que el metaanálisis de Li *et al.*, (2021) demostró que los tratamientos regenerativos ofrecen ventajas significativas frente a la apexificación convencional en términos de incremento de la

longitud radicular, aumento del espesor de las paredes dentinarias y mayor frecuencia de cierre apical, contribuyendo así a mejorar el pronóstico estructural y funcional de estos dientes.

Las ventajas de los tratamientos endodónticos regenerativos adquieren especial relevancia en pacientes jóvenes, en quienes la conservación de dientes permanentes inmaduros constituye un objetivo terapéutico prioritario. Al favorecer la continuación del desarrollo radicular, estos procedimientos permiten incrementar el espesor de las paredes dentinarias, mejorar la resistencia estructural del diente y optimizar su pronóstico a largo plazo (Alghamdi *et al.*, 2024).

A pesar de sus beneficios, la regeneración endodóntica presenta limitaciones que condicionan la predictibilidad de los resultados. Diversos factores, como la edad del paciente, el diámetro del foramen apical, el grado de infección, la etiología de la necrosis pulpar y las características del protocolo clínico empleado, pueden influir en el éxito del tratamiento. Asimismo, se han descrito complicaciones tales como la obliteración parcial o total del conducto radicular, la pigmentación coronaria, la ausencia de respuesta a las pruebas de sensibilidad pulpar y la persistencia o reaparición de lesiones periapicales (Chen & Chen, 2016; Nazzal *et al.*, 2018).

No obstante, estas limitaciones no disminuyen la importancia de los procedimientos regenerativos dentro de la endodoncia contemporánea. Su capacidad para controlar la infección y, simultáneamente, promover la continuación del desarrollo radicular ha transformado el abordaje terapéutico de los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar, ofreciendo una alternativa biológicamente orientada frente a los procedimientos tradicionales de apexificación (Hargreaves *et al.*, 2013).

La evolución de estas terapias ha estado estrechamente vinculada al desarrollo de biomateriales bioactivos. La introducción del agregado de trióxido mineral (MTA) y, posteriormente, de los cementos biocerámicos a base de silicato de calcio, permitió optimizar los procedimientos de apexificación y regeneración endodóntica gracias a su elevada biocompatibilidad, excelente capacidad de sellado y potencial bioinductor para estimular la formación de tejidos mineralizados. Estas propiedades han contribuido a mejorar el pronóstico de los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar (Torabinejad & Chivian, 1999; Camilleri, 2015).

Sin embargo, los resultados clínicos iniciales favorables no garantizan necesariamente la estabilidad clínica y radiográfica a largo plazo. Una de las principales causas de fracaso es

la persistencia de microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares. Debido a que los protocolos regenerativos recomiendan una instrumentación mecánica mínima con el fin de preservar la integridad estructural de las raíces inmaduras y proteger los tejidos apicales remanentes, la desinfección depende principalmente de la irrigación química y de la medicación intracanal. Como consecuencia, algunas bacterias pueden permanecer alojadas en zonas inaccesibles del sistema de conductos, favoreciendo la persistencia de procesos inflamatorios crónicos y la reaparición de lesiones periapicales. En este sentido, estudios histológicos realizados en dientes extraídos tras el fracaso de procedimientos regenerativos evidenciaron biopelículas bacterianas adheridas a las paredes dentinarias, confirmando el papel de la infección residual como uno de los principales factores responsables del fracaso terapéutico (Fouad, 2020; Verma *et al.*, 2017).

Además de la persistencia bacteriana, determinadas condiciones anatómicas pueden comprometer el éxito del tratamiento. Entre ellas se incluyen anomalías del desarrollo, como el *dens invaginatus*, sistemas de conductos con anatomía compleja, conductos accesorios, fracturas radiculares preexistentes y traumatismos dentoalveolares severos. Estas situaciones dificultan la adecuada desinfección del sistema de conductos y pueden afectar el potencial regenerativo de los tejidos apicales y periapicales (Levin *et al.*, 2025; Wigler *et al.*, 2013).

Otro aspecto que debe considerarse durante el seguimiento es la posibilidad de nuevos episodios traumáticos. Aunque el tratamiento regenerativo favorece la maduración radicular, los dientes inmaduros continúan siendo susceptibles a sufrir fracturas mientras no hayan alcanzado un desarrollo radicular suficiente. En consecuencia, pueden presentarse fracturas corono radiculares, fracturas radiculares o procesos de reabsorción inflamatoria que comprometan el pronóstico del tratamiento (Andreasen *et al.*, 2002; Levin *et al.*, 2025).

Por último, también se han descrito complicaciones relacionadas con la respuesta biológica del propio procedimiento regenerativo. Entre ellas se encuentran la obliteración parcial o total del conducto radicular por depósito excesivo de tejido mineralizado, la ausencia de respuesta a las pruebas de sensibilidad pulpar, la falta de continuación del desarrollo radicular y la persistencia de espacios vacíos dentro del conducto, los cuales pueden favorecer la recolonización bacteriana. Si bien estas situaciones no siempre representan un fracaso clínico inmediato, pueden dificultar futuros retratamientos endodónticos y condicionar el pronóstico a largo plazo (Chen *et al.*, 2012; Kahler *et al.*, 2017).

A pesar de los resultados clínicos favorables informados para los tratamientos endodónticos regenerativos, actualmente no existe un consenso uniforme en la literatura respecto de los

criterios que definen su fracaso. La persistencia o reaparición de signos y síntomas clínicos, así como la falta de resolución de la patología periapical, constituyen los indicadores más aceptados. Sin embargo, otras situaciones descritas como posibles manifestaciones de fracaso continúan siendo motivo de debate, entre ellas la imposibilidad de inducir el sangrado intracanal, la decoloración coronaria, la ausencia de incremento en la longitud radicular, las fracturas dentarias y la pérdida del sellado coronario (Almutairi *et al.*, 2019). La evidencia disponible también demuestra que estas complicaciones pueden manifestarse en distintos momentos del seguimiento clínico. En una revisión sistemática de casos con resultados desfavorables, Keinan *et al.*, (2024) observaron que el 39 % de los 67 fracasos analizados fueron diagnosticados después de dos años de realizado el procedimiento. Asimismo, en otra serie clínica, el 37,5 % de los casos presentó signos de fracaso durante los primeros seis meses posteriores al tratamiento, lo que pone de manifiesto la necesidad de realizar controles clínicos y radiográficos prolongados para evaluar adecuadamente la evolución de estos pacientes.

El abordaje terapéutico de los tratamientos regenerativos fallidos representa un desafío clínico considerable. En estos casos, el profesional debe enfrentarse a un diente permanente inmaduro con necrosis pulpar y desarrollo radicular incompleto, al que pueden sumarse complicaciones derivadas del procedimiento previo, como la persistencia de la infección, la decoloración coronaria o la ausencia de maduración radicular (Almutairi *et al.*, 2019).

Ante este escenario, se han propuesto distintas alternativas terapéuticas orientadas a conservar la pieza dentaria. La repetición del tratamiento endodóntico regenerativo puede ser una opción en casos cuidadosamente seleccionados; no obstante, cuando las condiciones biológicas son desfavorables o el desarrollo radicular alcanzado no justifica un nuevo intento regenerativo, la apexificación mediante materiales biocerámicos constituye una alternativa predecible. Este procedimiento permite establecer una barrera apical, controlar la infección y favorecer la reparación de los tejidos periapicales, con elevadas tasas de éxito clínico (Nicoloso *et al.*, 2017; American Association of Endodontists [AAE], 2021).

En este contexto, la comunicación de casos clínicos con seguimiento a largo plazo adquiere especial relevancia, ya que contribuye a comprender las posibles causas de los resultados desfavorables de los tratamientos endodónticos regenerativos y a evaluar las distintas alternativas terapéuticas disponibles sobre la base de la evidencia científica.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es presentar el abordaje clínico de un caso de evolución desfavorable tardía posterior a un tratamiento endodóntico regenerativo en un

diente permanente inmaduro asociado a antecedente traumático y analizar las alternativas terapéuticas disponibles considerando la evidencia científica actual.

CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 22 años concurre a la Carrera de Especialización en Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo por presentar sintomatología dolorosa y aumento de volumen en la región palatina del sector anterior maxilar.

Durante la anamnesis, el paciente refirió haber sido atendido en la misma institución en el año 2013, a raíz de un traumatismo dentoalveolar sufrido a los 7 años de edad. Al revisar la historia clínica correspondiente, se constató que en dicha oportunidad se realizó tratamiento de revascularización en los incisivos centrales superiores derecho e izquierdo, correspondientes a las piezas 11 y 21, respectivamente.

La historia clínica médica reveló que el paciente se encontraba en buen estado general de salud, sin antecedentes de patologías sistémicas de relevancia. Al examen clínico bucal se observaron restauraciones extensas de resina compuesta y alteración cromática en las piezas 11 y 21, sin presencia de movilidad dentaria.

Al examen de los tejidos blandos (**Fig. 1**), se evidenció edema de la mucosa vestibular acompañado de trayecto fistuloso a nivel de las piezas 11 y 21. Asimismo, en la mucosa palatina se observó un absceso palatino localizado en relación con las piezas 11 y 12.

A la percusión vertical, las piezas 11 y 21 respondieron positivamente con dolor. Las pruebas de sensibilidad pulpar al frío y calor resultaron negativas en ambas piezas. Dichas pruebas también se realizaron en los elementos contiguos del mismo sector, observándose respuesta negativa al frío y calor en la pieza 12, mientras que las piezas 13 y 22 respondieron positivamente al frío.



Fig 1. Examen intraoral, donde se visualiza el edema de la mucosa vestibular (izquierda) y absceso palatino (derecha).

Se tomó una radiografía periapical preoperatoria mediante radiovisiógrafo (I-Sensor 1.5, Woodpecker®, China). El examen radiográfico (**Fig. 2**) reveló que la pieza 21 presentaba ápice abierto, conducto radicular amplio y una lesión periapical asociada. Por su parte, la pieza 11 evidenciaba paredes dentinarias delgadas, menor desarrollo radicular en comparación con su homóloga contralateral, ápice ampliamente abierto y una extensa radiolucidez periapical que se extendía hacia la pieza 12. Asimismo, se observó material correspondiente a un tratamiento previo en la cámara pulpar y en los conductos radiculares de ambas piezas.



Fig. 2. Imagen preoperatoria con RVD donde se observan ápices abiertos, material intracanal de tratamiento previo y extensa lesión periapical asociada a las piezas 11 y 21

Como estudio complementario, se solicitó una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) del maxilar superior (**Fig 3 y 4**).

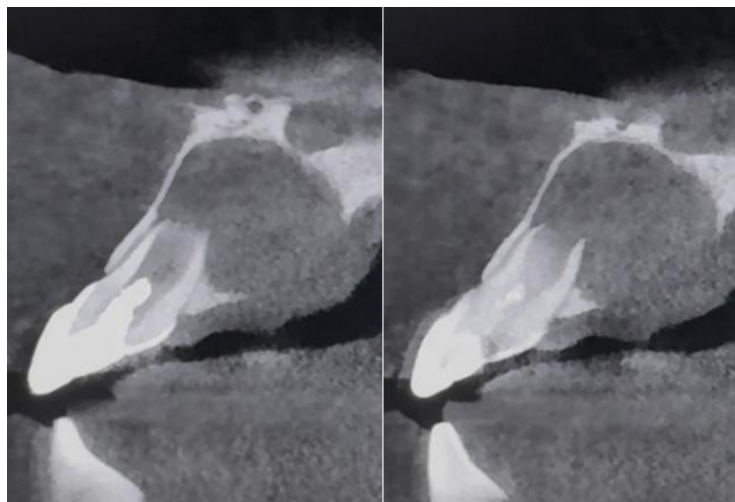


Fig. 3. Tomografía computarizada de haz cónico (corte sagital) correspondiente al elemento 11 en donde se observa el tamaño de la lesión y la presencia de material dentro del conducto

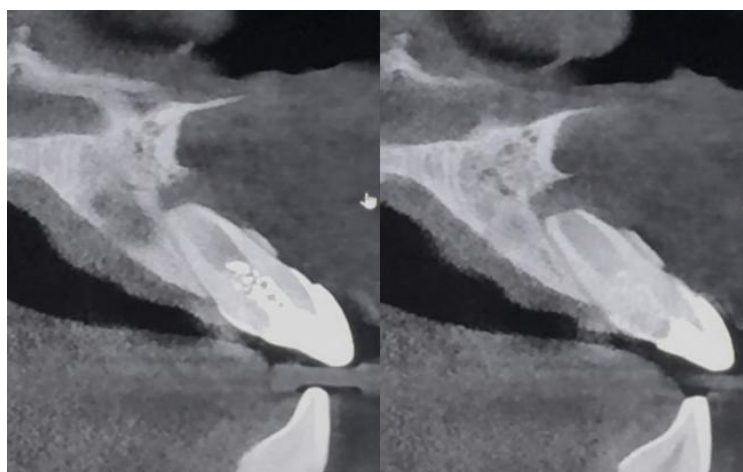


Fig. 4. Tomografía computarizada de haz cónico (corte sagital) correspondiente al elemento 21 en donde se observa el tamaño de la lesión y la presencia de material dentro del conducto

Posteriormente, se informaron al paciente las diferentes opciones terapéuticas y el pronóstico de cada una de ellas, decidiéndose realizar apexificación con agregado de trióxido mineral (MTA) en la pieza 11 y tratamiento endodóntico convencional en las piezas 21 y 12.

En la primera sesión se procedió a la eliminación del material intracanal remanente y a la desinfección de los conductos radiculares. Para ello, se administró anestesia local (Totalcaina Forte®, Laboratorio Bernabó, Argentina) y se realizó aislamiento absoluto del sector anterosuperior. Posteriormente, se efectuó la apertura cameral con turbina de alta

velocidad y fresas redondas de carburo tungsteno N° 2 y 4, logrando un acceso recto a los conductos radiculares de las piezas 11, 12 y 21.

La exploración de los conductos radiculares de las piezas 11 y 21 se realizó con una lima tipo K #30 (Dentsply Maillefer®, Suiza), mientras que en la pieza 12 se utilizó una lima tipo K #8 (Dentsply Maillefer®, Suiza). Posteriormente, el material intracanal presente en las piezas 11 y 21 fue removido mediante ultrasonido (Woodpecker®, China) y punta lisa E14 (Woodpecker®, China), bajo irrigación constante con solución fisiológica. Una vez eliminado el material, se tomó una radiografía periapical intraoperatoria para corroborar la completa remoción de este.

En la pieza 11 se realizó drenaje del contenido purulento proveniente de la lesión periapical, utilizando una jeringa de irrigación de 5 ml (Tedequim®, Argentina), continuando con irrigación abundante con solución fisiológica y aspiración constante a baja presión.

Seguidamente, se determinó la longitud de trabajo de las piezas 11 y 21 mediante radiografía periapical utilizando limas tipo K de segunda serie (Dentsply Maillefer®, Suiza). Posteriormente, se realizó un desbridamiento suave, evitando ejercer presión sobre las paredes dentinarias.

La desinfección de los conductos radiculares se efectuó mediante irrigación con hipoclorito de sodio al 2,25%, debido a la amplia apertura apical presente en ambas piezas. El secado de los conductos se realizó con conos de papel absorbente (Meta Biomed®, Corea del Sur) y posteriormente se colocó una esponja hemostática reabsorbible (HemoStop®, Brasil), respetando las longitudes de trabajo establecidas para evitar la extrusión del material hacia el periápice. Finalmente, se colocó medicación intraconducto biocerámica inyectable (BioC Temp, Angelus®, Brasil) (**Fig.5**).

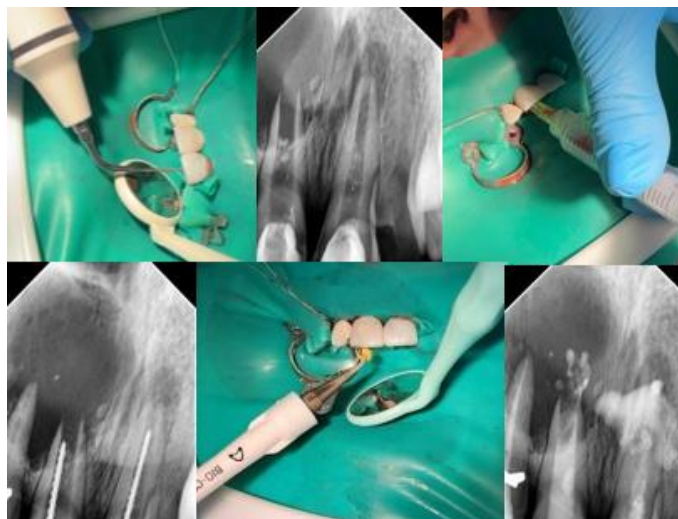


Fig. 5 Secuencia clínica de la primera sesión: acceso cameral, remoción del material intracanal previo, drenaje del contenido purulento, desinfección de los conductos radiculares y colocación de medicación intraconducto

En la pieza 12, luego de la exploración inicial con lima manual tipo K #8 (Dentsply Maillefer®, Suiza), se realizó la preparación del tercio cervical utilizando una lima rotatoria #17/.08 de 19 mm (AF Open File, Fanta®, China). Posteriormente, se determinó la longitud de trabajo mediante localizador apical (Woodpecker®, China) utilizando una lima tipo K #10, obteniéndose una longitud de 21 mm con referencia al borde incisal.

A continuación, se realizó glide path manual con limas tipo K de acero #8, #10, #15 y #20 (Dentsply Maillefer®, Suiza). La instrumentación biomecánica se efectuó con sistema reciprocante R-Motion #25/.06 (FKG®, Suiza) accionado mediante motor endodóntico Endo Pace (Woodpecker®, China), finalizando con conformación apical manual mediante lima tipo K #25.

Durante la preparación químico-mecánica, las limas fueron lubricadas con glicerina (Tedequim®, Argentina) y se realizó irrigación abundante con hipoclorito de sodio al 5,25% (Tedequim®, Argentina), utilizando jeringas de 5 ml y agujas descartables de punta roma. Como irrigación final, se emplearon hipoclorito de sodio al 5,25% y EDTA al 17% (Tedequim®, Argentina), intercalando lavajes con solución fisiológica para evitar su interacción. Las soluciones irrigantes fueron activadas durante 30 segundos mediante ultrasonido (Endo 3, Woodpecker®, China).

Posteriormente, el conducto fue secado con conos de papel taper .02 #25 (Meta Biomed®, Corea del Sur) y se colocó medicación intraconducto biocerámica inyectable (BioC Temp,

Angelus®, Brasil). Para finalizar la primera sesión, se colocó teflón estéril en las entradas de los conductos radiculares y se realizó sellado coronario provisional mediante técnica adhesiva y resina flow.

Finalmente, se indicó medicación antibiótica y analgésica, y se citó al paciente para control a los 30 días.

En una segunda sesión, transcurridos 30 días, el paciente refirió disminución de la sintomatología clínica. Al examen intraoral se observó mejoría del edema de la mucosa vestibular. Asimismo, en la mucosa palatina se evidenció desaparición del absceso (**Fig. 6**)



Fig 6. Examen intraoral de la segunda sesión: vista vestibular (izquierda) con disminución del edema y vista palatina (derecha) con remisión del absceso palatino.

Debido a la evolución clínica favorable, se decidió realizar tratamiento endodóntico convencional en la pieza 21 y efectuar una barrera apical con material biocerámico (BioC Repair, Angelus®, Brasil) en el tercio apical de la pieza 11, completando posteriormente la obturación mediante sistema de gutapercha termoplastificada.

A continuación, se administró anestesia infiltrativa (Totalcaina Forte®, Laboratorio Bernabó®, Argentina) y, luego del aislamiento absoluto, se procedió a la desinfección de los conductos radiculares. Inicialmente, se irrigó con solución fisiológica para remover los restos de medicación intraconducto y posteriormente se utilizó hipoclorito de sodio al 2,25%, activado mediante ultrasonido (Endo 3, Woodpecker®, China) y aspiración endodóntica (Flex Suctor Endodóntico, Angelus®, Brasil).

En la pieza 21, una vez eliminada completamente la medicación intraconducto, se realizó el protocolo final de irrigación y el secado del conducto con conos de papel a longitud de trabajo. Posteriormente, se efectuó una impresión apical utilizando xilol (Dickinson®, Argentina) y un cono principal #70 previamente desinfectado en hipoclorito de sodio al

5,25% durante 1 minuto. El cono fue sumergido en xilol durante 3 segundos y llevado al conducto para obtener la impresión apical y verificar su correcto ajuste.

Una vez logrado el ajuste adecuado, se seleccionó cemento biocerámico (BioC Sealer, Angelus®, Brasil), el cual fue introducido en el conducto mediante punta dispensadora. Posteriormente, se colocó el cono principal y se realizó la obturación mediante técnica de condensación lateral utilizando espaciadores ABCD (Maillefer®, Suiza), logrando un sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares.

Finalmente, se realizó el corte de conos a nivel cameral, compactación vertical, toma de radiografía intraoperatoria de control (**Fig. 7**) y restauración coronaria con resina compuesta.



Fig 7. Radiografía prefinal de tratamiento endodóntico elemento 21.

En la pieza 11, se realizó una barrera apical con material biocerámico (BioC Repair, Angelus®, Brasil). El material fue llevado al interior del conducto radicular y compactado hacia apical mediante condensadores #2/4 (Machtou Plugger, Maillefer®, Suiza), calibrados a 3 mm menos de la longitud de trabajo, ejerciendo una presión suave para evitar su extrusión hacia los tejidos periapicales. El procedimiento se repitió hasta obtener un plug apical de aproximadamente 3 mm de espesor, lo cual fue corroborado radiográficamente (**Fig.8**).



Fig 8. Control radiográfico del plug apical

Una vez corroborada clínica y radiográficamente la correcta conformación de la barrera apical, se procedió a colocar sellador biocerámico (BioC Sealer, Angelus®, Brasil) sobre las paredes del conducto y a la obturación del conducto radicular mediante sistema de gutapercha termoplastificada Fi-G (Woodpecker®, China) (**Fig 9**).



Fig 9. Sistema de obturación de gutapercha termoplastificada Fi-G (Woodpecker®, China)

Luego de la compactación de la gutapercha con condensadores #2/4 (Machtou Plugger, Maillefer®, Suiza), se realizó el sellado coronario mediante restauración con resina compuesta. Finalmente, la radiografía final (**Fig. 10**) evidenció un sellado homogéneo del sistema de conductos radiculares y se citó al paciente a los 30 días para una tercera sesión.



Fig 10. Radiografía final de control de la obturación de la pieza 11

Por último, en una tercera sesión se completó el tratamiento endodóntico de la pieza 12. Bajo anestesia infiltrativa (Totalcaina Forte®, Laboratorio Bernabó®, Argentina) y aislamiento absoluto, se removió la medicación intraconducto mediante limas manuales tipo K, irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% y activación ultrasónica del irrigante (Endo 3, Woodpecker®, China).

Luego del protocolo final de irrigación y secado del conducto, se realizó la conometría con cono principal de gutapercha #25/.04 (Meta Biomed®, Corea del Sur), previamente desinfectado con hipoclorito de sodio. La obturación se efectuó mediante técnica de condensación lateral utilizando sellador biocerámico (BioC Sealer, Angelus®, Brasil), espaciadores tipo ABCD (Maillefer®, Suiza) y conos accesorios MF y F (Meta Biomed®, Corea del Sur).

Finalmente, se realizó la restauración coronaria definitiva con resina compuesta (Forma®, Ultradent®, Estados Unidos) y se tomó una radiografía de control inmediato (**Fig.11**).

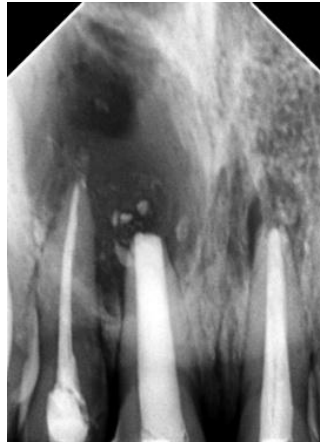


Fig.11. Radiografía final de control de la obturación endodóntica de la pieza 12

En el control realizado a los tres meses, el paciente concurrió sin sintomatología clínica, refiriendo ausencia de dolor e inflamación. Al examen intraoral se observó una adecuada evolución de los tejidos blandos, con resolución del edema vestibular y del absceso palatino previamente presentes (**Fig. 12**)



Fig. 12. Examen intraoral de control a los tres meses: vistas vestibular y palatina con resolución de los signos clínicos.

El examen radiográfico evidenció una evolución favorable del tratamiento, observándose signos iniciales de reparación de la lesión periapical (**Fig. 13**). Debido a estos hallazgos, se decidió mantener al paciente bajo controles clínicos y radiográficos periódicos para evaluar la evolución del proceso de reparación periapical a largo plazo.



Fig. 13. Radiografía periapical
de control a los tres meses

DISCUSIÓN

Los tratamientos endodónticos regenerativos (TER) han transformado el abordaje terapéutico de los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar al introducir un paradigma biológico cuyo objetivo trasciende la simple eliminación de la infección y la reparación de la periodontitis apical. Estos procedimientos buscan favorecer la continuidad del desarrollo radicular y, cuando las condiciones biológicas lo permiten, promover la regeneración del complejo dentino-pulpar. La evidencia disponible, sustentada en revisiones sistemáticas y metaanálisis, demuestra que los TER ofrecen ventajas respecto de la apexificación convencional, especialmente por su capacidad para incrementar la longitud radicular, aumentar el espesor de las paredes dentinarias y favorecer el cierre apical. Estas modificaciones adquieren particular relevancia en pacientes jóvenes, ya que contribuyen a mejorar la resistencia estructural del diente y, en consecuencia, su pronóstico a largo plazo (Nicoloso *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2021; Alghamdi *et al.*, 2024).

Sin embargo, a pesar de los resultados favorables descritos en la literatura, el éxito de los procedimientos regenerativos continúa dependiendo de múltiples variables biológicas y clínicas, lo que explica la imposibilidad de garantizar resultados completamente predecibles. Entre los factores que condicionan su evolución se encuentran la etiología de la necrosis pulpar, el estadio de desarrollo radicular, la eficacia del control de la infección, la preservación de los tejidos apicales y el estricto cumplimiento de los protocolos operatorios. En este sentido, Hargreaves *et al.*, (2013), Diogenes *et al.*, (2016) y Xie *et al.*, (2021) coinciden en señalar que la viabilidad de las células madre de la papila apical y la integridad de la vaina epitelial de Hertwig, junto con una adecuada desinfección del sistema de conductos radiculares, constituyen los principales determinantes biológicos del éxito regenerativo. Del mismo modo, la alteración de estos factores puede explicar la aparición de fracasos clínicos a corto o largo plazo.

Otro aspecto que merece consideración es que los mecanismos responsables del fracaso tardío de los tratamientos endodónticos regenerativos aún no han sido completamente esclarecidos. Aunque los resultados clínicos iniciales comunicados en la literatura son, en general, favorables, la mayoría de los estudios disponibles presentan períodos de seguimiento relativamente cortos, por lo que la evidencia acerca de la estabilidad de estos procedimientos más allá de cinco o diez años continúa siendo limitada (Kontakiotis *et al.*, 2015; Galler *et al.*, 2021). En este contexto, es posible que algunos dientes inicialmente

considerados exitosos experimenten una reactivación del proceso infeccioso o una pérdida progresiva de la estabilidad biológica alcanzada, sin que actualmente existan marcadores clínicos o radiográficos capaces de predecir este comportamiento (Diogenes *et al.*, 2016). La aparición de reportes de fracaso diagnosticados varios años después del tratamiento, como el descrito por Keinan *et al.*, (2024), refuerza la necesidad de desarrollar estudios longitudinales con seguimientos prolongados que permitan identificar los factores asociados al fracaso tardío y optimizar los criterios de selección, tratamiento y control de los pacientes sometidos a procedimientos regenerativos.

En el caso presentado, la evolución desfavorable observada más de una década después del tratamiento inicial probablemente responda a la interacción de diversos factores etiológicos, biológicos y anatómicos. En primer lugar, la etiología traumática de la necrosis pulpar merece una consideración especial, dado que el traumatismo dentoalveolar sufrido durante la infancia pudo haber ocasionado daños no solo en el tejido pulpar, sino también en las células madre de la papila apical y en la vaina epitelial de Hertwig, estructuras indispensables para el desarrollo de una respuesta regenerativa efectiva (Hargreaves *et al.*, 2013; Xie *et al.*, 2021). La afectación de estos tejidos, sumada a la magnitud de la lesión periapical inicial, probablemente redujo el potencial regenerativo disponible al momento del tratamiento y condicionó un resultado biológico menos estable en el largo plazo.

La influencia del traumatismo dentoalveolar probablemente trascienda el daño inicial sobre el tejido pulpar. La evidencia disponible indica que estas lesiones pueden afectar la vascularización apical y alterar la integridad de estructuras fundamentales para el desarrollo radicular, como la vaina epitelial de Hertwig y las células madre de la papila apical (SCAP), elementos indispensables para el éxito biológico de los tratamientos endodónticos regenerativos (Hargreaves *et al.*, 2008; Diogenes *et al.*, 2016; Andreasen *et al.*, 2018). En consecuencia, los dientes con antecedentes de traumatismo severo podrían presentar un potencial regenerativo reducido desde el inicio del tratamiento, lo que contribuiría a explicar una respuesta biológica menos favorable, aun cuando los procedimientos regenerativos se ejecuten de acuerdo con los protocolos actualmente aceptados (Xie *et al.*, 2021; Galler *et al.*, 2021).

Otro aspecto relevante corresponde al momento en que se diagnosticó el fracaso del procedimiento. En este paciente, la reaparición de signos clínicos compatibles con infección persistente se produjo aproximadamente doce años después de realizado el tratamiento regenerativo. Este comportamiento coincide con las observaciones de Keinan *et al.*, (2024),

quienes describieron que una proporción importante de los fracasos de los TER se detecta varios años después de finalizado el tratamiento, incluso luego de períodos prolongados de aparente estabilidad clínica y radiográfica. Estos hallazgos evidencian que la resolución inicial de la lesión periapical no constituye una garantía de éxito definitivo y ponen de manifiesto la necesidad de implementar protocolos de seguimiento clínico e imagenológico durante períodos considerablemente más prolongados que los habitualmente establecidos. La persistencia de la infección intracanal representa otro de los mecanismos más aceptados para explicar el fracaso de los procedimientos regenerativos. Debido a que los protocolos actuales recomiendan una instrumentación mecánica limitada con el propósito de preservar las paredes dentinarias inmaduras, la eliminación de los microorganismos depende fundamentalmente de la acción de los irrigantes y de la medicación intracanal. Aunque este enfoque disminuye el riesgo de debilitar la estructura radicular, también puede favorecer la permanencia de bacterias en zonas de difícil acceso, como istmos, conductos accesorios o irregularidades anatómicas complejas (Fouad, 2011; Verma *et al.*, 2017). En el presente caso, la presencia de un trayecto fistuloso, un absceso palatino y una extensa lesión periapical al momento de la consulta resulta compatible con un proceso infeccioso crónico, lo que permite inferir que la infección pudo haber persistido de manera subclínica durante un prolongado período antes de manifestarse clínicamente.

Además de los factores previamente analizados, el grado de desarrollo radicular alcanzado al momento del tratamiento inicial constituye otro elemento que probablemente influyó en la evolución del caso. La pieza 11 presentaba paredes dentinarias delgadas y un desarrollo radicular inferior al de su homóloga contralateral, características que determinaban una relación corona-raíz desfavorable y una mayor vulnerabilidad frente a la persistencia de la infección y al riesgo de fractura radicular (Andreasen *et al.*, 2018; Huang, 2008). Estas condiciones estructurales, sumadas al compromiso biológico derivado del traumatismo inicial, pudieron limitar el potencial de reparación tisular y condicionar la estabilidad del resultado obtenido mediante el tratamiento regenerativo.

A ello se agrega que la definición de fracaso de los tratamientos endodónticos regenerativos continúa siendo motivo de debate. Si bien existe consenso en considerar como criterios inequívocos de fracaso la persistencia o reaparición de signos y síntomas clínicos, así como la presencia o recurrencia de lesiones periapicales, otros parámetros frecuentemente utilizados para evaluar estos procedimientos siguen siendo controvertidos. Entre ellos se incluyen la ausencia de incremento en la longitud radicular, la falta de engrosamiento de las

paredes dentinarias, la obliteración parcial o total del conducto radicular y la ausencia de respuesta a las pruebas de sensibilidad pulpar, hallazgos cuya interpretación continúa siendo discutida en la literatura (Almutairi *et al.*, 2019). En consecuencia, la evolución observada en el presente caso probablemente responda a la interacción de múltiples factores biológicos, microbiológicos y anatómicos, más que a una única causa responsable del fracaso tardío.

Cuando un tratamiento endodóntico regenerativo no alcanza el resultado esperado, la elección de la estrategia terapéutica debe fundamentarse en una evaluación integral de las condiciones biológicas y estructurales del diente. En aquellos casos en los que un nuevo intento regenerativo presenta escasas probabilidades de éxito, la apexificación mediante cementos biocerámicos constituye una alternativa respaldada por la evidencia científica. La incorporación de cementos hidráulicos a base de silicato de calcio ha simplificado considerablemente estos procedimientos, permitiendo reducir el número de sesiones clínicas y alcanzar elevadas tasas de éxito gracias a sus propiedades de biocompatibilidad, excelente capacidad de sellado y potencial bioinductor (Camilleri, 2015; Galler *et al.*, 2021; Torabinejad *et al.*, 2017).

En el caso aquí presentado, la decisión de realizar una apexificación con un biomaterial biocerámico, en lugar de repetir el tratamiento regenerativo, respondió a la necesidad de controlar de forma predecible una infección persistente y lograr un cierre apical estable que permitiera preservar la pieza dentaria. Esta conducta resulta concordante con las recomendaciones actuales de la American Association of Endodontists (2021), que reconoce la apexificación como una opción terapéutica apropiada cuando las condiciones biológicas no favorecen la repetición de un procedimiento regenerativo.

En este paciente, la presencia de una infección activa, evidenciada clínicamente por la fístula, el absceso palatino y la extensa lesión periapical, sumada al prolongado tiempo transcurrido desde el traumatismo inicial, sugería una disminución significativa del potencial regenerativo de los tejidos periapicales. En este contexto, la disponibilidad de células progenitoras viables probablemente era limitada, situación que reduce considerablemente la predictibilidad de un segundo tratamiento regenerativo (Hargreaves *et al.*, 2013; Diogenes *et al.*, 2016).

Asimismo, la edad del paciente al momento del retratamiento constituye otro aspecto que merece consideración. Con 22 años, el paciente se encontraba fuera del período etario habitualmente asociado con el mayor potencial biológico para los procedimientos regenerativos. Aunque la edad no representa un criterio absoluto de exclusión, diversos

estudios indican que la cantidad y la actividad funcional de las células madre de la papila apical disminuyen progresivamente con el tiempo, circunstancia que puede comprometer la capacidad de regeneración tisular y reducir las posibilidades de éxito de un nuevo procedimiento regenerativo (Swaikat *et al.*, 2023). En consecuencia, la estrategia terapéutica seleccionada priorizó el control definitivo de la infección y la conservación del diente, objetivos que resultaban más previsibles en el escenario clínico presentado.

Los resultados obtenidos durante el seguimiento inicial respaldan esta decisión terapéutica. A los tres meses del retratamiento se observó la desaparición de la sintomatología dolorosa, la resolución del trayecto fistuloso y del absceso palatino, así como una evolución clínica favorable, hallazgos que coinciden con las elevadas tasas de éxito comunicadas para la apexificación con materiales biocerámicos (Nicoloso *et al.*, 2019; Alghamdi *et al.*, 2024). Del mismo modo, estos resultados concuerdan con lo informado por Li *et al.*, (2021), quienes señalan que, aunque los tratamientos regenerativos ofrecen ventajas relacionadas con la continuación del desarrollo radicular, tanto los TER como la apexificación muestran resultados comparables en cuanto a la resolución de la infección y la reparación de las lesiones periapicales.

No obstante, es importante señalar que, a diferencia de un tratamiento regenerativo exitoso, la apexificación no permite la continuación del desarrollo radicular ni el incremento del espesor de las paredes dentinarias, limitaciones inherentes a esta modalidad terapéutica que han sido ampliamente documentadas en la literatura (Torabinejad *et al.*, 2017; Huang, 2008). En consecuencia, aunque en el presente caso se consiguió controlar la infección y preservar la pieza dentaria, la raíz conservará una relación corona-raíz desfavorable y un espesor dentinario reducido, condiciones que continúan representando factores predisponentes para la aparición de fracturas radiculares a largo plazo.

Asimismo, debe considerarse que el período de seguimiento de este caso fue de tres meses, considerablemente inferior al de los estudios que han evaluado la evolución de los tratamientos endodónticos regenerativos y la aparición de fracasos tardíos (Keinan *et al.*, 2024). Si bien la evolución clínica inicial fue favorable, este tiempo de control resulta insuficiente para establecer conclusiones definitivas respecto de la estabilidad del tratamiento en el mediano y largo plazo. Por ello, será indispensable mantener controles clínicos y radiográficos periódicos que permitan confirmar la reparación periapical y verificar la permanencia de los resultados obtenidos.

El presente caso aporta diversas consideraciones de interés para la práctica clínica en Endodoncia. En primer lugar, pone de manifiesto que la resolución inicial de los signos clínicos y la reparación radiográfica de la lesión periapical tras un tratamiento endodóntico regenerativo no garantizan necesariamente el éxito definitivo del procedimiento. La aparición de un fracaso más de una década después del tratamiento inicial evidencia que estos pacientes requieren protocolos de seguimiento clínico y radiográfico prolongados, capaces de detectar oportunamente alteraciones que podrían pasar inadvertidas durante los controles convencionales.

En segundo lugar, este caso destaca la importancia de individualizar la toma de decisiones terapéuticas. Aunque los tratamientos endodónticos regenerativos representan actualmente la alternativa de elección para dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar, su indicación debe sustentarse en una adecuada valoración de las condiciones biológicas presentes en cada paciente. Ante la aparición de un fracaso tardío, la elección del tratamiento no debe limitarse a repetir el procedimiento regenerativo, sino que debe considerar aspectos como la persistencia de la infección, el estado de los tejidos periapicales, el grado de desarrollo radicular alcanzado, la edad del paciente y el potencial regenerativo remanente. Solo mediante una evaluación integral es posible seleccionar la estrategia terapéutica que ofrezca mayores probabilidades de éxito y conservación de la pieza dentaria.

En este contexto, la apexificación con biomateriales biocerámicos constituye una alternativa terapéutica válida cuando las condiciones biológicas comprometen la predictibilidad de un nuevo procedimiento regenerativo. Aunque esta técnica no permite continuar el desarrollo radicular, ofrece un control eficaz de la infección y un sellado apical confiable, favoreciendo la conservación funcional del diente y evitando tratamientos más invasivos.

Finalmente, este reporte pone de relieve el valor de los casos clínicos con seguimiento prolongado como complemento de la evidencia proveniente de estudios con mayor nivel metodológico. La documentación de la evolución clínica durante largos períodos permite identificar patrones de fracaso tardío, conocer mejor los factores que condicionan el pronóstico de los tratamientos regenerativos y generar información útil para optimizar los protocolos terapéuticos aplicados en dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar de origen traumático.

El presente caso demuestra que, si bien los tratamientos endodónticos regenerativos constituyen una alternativa altamente conservadora y respaldada por la evidencia científica para el manejo de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar, su éxito no debe

considerarse definitivo tras la resolución inicial de los signos clínicos y radiográficos. La posibilidad de que se produzcan fracasos tardíos obliga a mantener controles clínicos y radiográficos a largo plazo, así como a reevaluar periódicamente el estado biológico de cada caso.

Frente a un fracaso regenerativo tardío, la selección del tratamiento debe individualizarse considerando las características estructurales del diente, la persistencia de la infección, el potencial regenerativo remanente y las condiciones biológicas del paciente. En el caso presentado, la apexificación con un biomaterial biocerámico permitió controlar la infección, lograr un cierre apical predecible y conservar la pieza dentaria, constituyendo una alternativa terapéutica adecuada cuando un nuevo procedimiento regenerativo presenta escasas probabilidades de éxito.

Se requieren estudios clínicos con seguimientos prolongados y metodología estandarizada que permitan comprender con mayor precisión los mecanismos implicados en el fracaso tardío de los tratamientos endodónticos regenerativos y establecer criterios terapéuticos cada vez más sólidos para su manejo.

Entre las fortalezas del presente reporte se destaca el prolongado intervalo transcurrido entre el tratamiento endodóntico regenerativo inicial y la aparición del fracaso clínico, circunstancia poco documentada en la literatura y que aporta información relevante sobre la evolución a largo plazo de estos procedimientos. Asimismo, la descripción detallada del proceso diagnóstico y del razonamiento que fundamentó la elección de la apexificación como tratamiento de rescate contribuye a la toma de decisiones clínicas en situaciones similares.

Como principal limitación, debe señalarse el corto período de seguimiento posterior al retratamiento, que impide establecer conclusiones definitivas respecto de la estabilidad clínica y radiográfica de la apexificación en el largo plazo. En consecuencia, será necesario continuar con controles periódicos para confirmar la resolución definitiva de la lesión periapical y la conservación funcional de la pieza dentaria.

CONCLUSIÓN

Este caso resalta la necesidad de realizar seguimientos clínicos e imagenológicos prolongados tras un tratamiento endodóntico regenerativo. La detección precoz de alteraciones clínicas o radiográficas permite instaurar oportunamente tratamientos de rescate que favorezcan la conservación de la pieza dentaria. En este sentido, la documentación y comunicación de casos clínicos con seguimiento a largo plazo continúa siendo fundamental para fortalecer la evidencia disponible y contribuir al perfeccionamiento de los protocolos terapéuticos aplicados a los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar.

BIBLIOGRAFÍA

Alghamdi, F., Alqahtani, A., & Almutairi, B. (2024). Regenerative endodontic procedures versus apexification for immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 28, 1-15.

Almutairi W, Yassen GH, Aminoshariae A, Williams KA, Mickel A: Regenerative endodontics: a systematic analysis of the failed cases. *J Endod*. 2019, 45:567-77. 10.1016/j.joen.2019.02.004

American Association of Endodontists. (2021). AAE position statement: Regenerative endodontics. American Association of Endodontists.

American Association of Endodontists. (2021). Clinical considerations for a regenerative procedure. American Association of Endodontists

Andreasen, J. O., Farik, B., & Munksgaard, E. C. (2002). Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatology*, 18(3), 134–137. <https://doi.org/10.1034/j.1600-9657.2002.00097.x>

Bonte, E., Beslot, A., Boukpepsi, T., & Lasfargues, J. J. (2015). MTA versus calcium hydroxide in apexification of non-vital immature permanent teeth: A randomized clinical trial comparison. *Clinical Oral Investigations*, 19(6), 1381–1388. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1357-5>

Caleza-Jiménez, C., Mendoza-Mendoza, A., Iglesias-Linares, A., & Martín-González, J. (2022). Regenerative endodontic procedures versus apexification in immature necrotic permanent teeth: Clinical and radiographic outcomes. *Journal of Clinical Medicine*, 11(14), 4118. <https://doi.org/10.3390/jcm11144118>

Camilleri, J. (2015). Investigation of biodentine as dentine replacement material. *Journal of Dentistry*, 43(2), 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.10.007>

Chen, M. Y. H., & Chen, K. L. (2016). Case reports and review of regenerative endodontics. *Journal of the Formosan Medical Association*, 115(8), 587-593. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2015.10.001>

Dianat, O., Shadmehr, E., & Chung, Y. J. (2021). Clinical approach to regenerative endodontics. En S. Hosseinpour, L. J. Walsh, & K. Moharamzadeh (Eds.), *Regenerative approaches in dentistry: An evidence-based perspective* (pp. 63–88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59089-9_4

Diogenes, A., Ruparel, N. B., Shiloah, Y., & Hargreaves, K. M. (2016). Regenerative endodontics: A way forward. *Journal of the American Dental Association*, 147(5), 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.01.009>

European Society of Endodontology. (2016). European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *International Endodontic Journal*, 49(8), 717-723. <https://doi.org/10.1111/iej.12629>

- Fouad, A. F. (2011). The microbial challenge to pulp regeneration. *Advances in Dental Research*, 23(3), 285-289. <https://doi.org/10.1177/0022034511405327>
- Frank, A. L. (1966). Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *Journal of the American Dental Association*, 72(1), 87–93. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1966.0017>
- Galler, K. M., Widbiller, M., & Camilleri, J. (2021). Bioceramic materials in regenerative endodontics. En S. Drukteinis & J. Camilleri (Eds.), *Bioceramic materials in clinical endodontics* (pp. 29–38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58170-1_4
- Galler, K. M., D'Souza, R. N., Federlin, M., Cavender, A. C., Hartgerink, J. D., Hecker, S., & Schmalz, G. (2011). Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1536-1541. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.027>
- Ghose, L. J., Baghdady, V. S., & Hikmat, B. Y. (1987). Apexification of immature apices of pulpless permanent anterior teeth with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 13(6), 285–290. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80198-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80198-4)
- Hargreaves, K. M., Diogenes, A., & Teixeira, F. B. (2013). Treatment options: Biological basis of regenerative endodontic procedures. *Pediatric Dentistry*, 35(2), 129–140.
- Hargreaves, K. M., Diogenes, A., & Teixeira, F. B. (2013). Treatment options: Biological basis of regenerative endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 39(3 Suppl), S30-S43. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.025>
- Holden, D. T., Schwartz, S. A., Kirkpatrick, T. C., & Schindler, W. G. (2008). Clinical outcomes of artificial root-end barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *Journal of Endodontics*, 34(7), 812–817. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.010>
- Huang, G. T.-J. (2008). A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: Conservation of stem cells for regeneration. *Journal of Dentistry*, 36(6), 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.03.002>
- Jeeruphan, T., Jantararat, J., Yanpiset, K., Suwannapan, L., Khewsawai, P., & Hargreaves, K. M. (2012). Mahidol study 1: Comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods. *Journal of Endodontics*, 38(10), 1330-1336. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.028>
- Kahler, B., Rossi-Fedele, G., Chugal, N., & Lin, L. M. (2017). An evidence-based review of the efficacy of regenerative endodontic therapy. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1050-1064. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.02.006>
- Keinan, D., Nuni, E., Bronstein Rainus, M., Ben Simhon, T., Dakar, A., & Slutzky-Goldberg, I. (2024). Retreatment of failed regenerative endodontic therapy: Outcome and treatment considerations. *Cureus*, 16(12), e75147. <https://doi.org/10.7759/cureus.75147>

- Kontakiotis, E. G., Filippatos, C. G., & Agrafioti, A. (2014). *Levels of evidence for the outcome of regenerative endodontic therapy*. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1045–1053. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.013>
- Li, L., Pan, Y., Wang, C., & cols. (2021). Outcomes of regenerative endodontic procedures compared with apexification in immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 54, 1616-1633.
- Lin, J., Zeng, Q., Wei, X., Zhao, W., Cui, M., Gu, J., Lu, J., Yang, M., Ling, J., & Huang, X. (2017). Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis. *BMC Oral Health*, 17(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0342-4>
- Nagy, M. M., Tawfik, H. E., Hashem, A. A. R., & Abu-Seida, A. M. (2014). Regenerative potential of immature permanent teeth with necrotic pulps after different regenerative protocols. *Journal of Endodontics*, 40(2), 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.027>
- Nazzal, H., Kenny, D. J., Al-Jundi, S., & Ashley, P. (2018). Regenerative endodontic treatment of immature teeth: A review of the literature and a report of two cases. *Dental Traumatology*, 34(2), 85-93.
- Nicoloso, G. F., Pötter, I. G., Rocha, R. O., Montagner, F., & Casagrande, L. (2019). Clinical and radiographic evaluation of regenerative endodontic procedures: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 52(10), 1448-1463. <https://doi.org/10.1111/iej.13139>
- Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review—Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of Endodontics*, 36(1), 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.006>
- Priya, B. L., Singh, N., Mangalam, K. K., Sachdev, R., Aishwarrya, P., Jain, H. N., y Nagi, P. K. (2023). Success and complication rates of revascularization procedures for immature necrotic teeth: A systematic review. *Cureus*, 15(12), e51364. <https://doi.org/10.7759/cureus.51364>
- Sheehy, E. C., & Roberts, G. J. (1997). Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: A review. *British Dental Journal*, 183(7), 241–246. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4809486>
- Sonoyama, W., Liu, Y., Yamaza, T., Tuan, R. S., Wang, S., Shi, S., & Huang, G. T.-J. (2006). Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth. *Journal of Endodontics*, 32(8), 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.001>
- Sonoyama, W., Liu, Y., Yamaza, T., Tuan, R. S., Wang, S., Shi, S., & Huang, G. T.-J. (2008). Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth. *Journal of Endodontics*, 34(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.11.021>
- Sonoyama, W., Liu, Y., Fang, D., Yamaza, T., Seo, B. M., Zhang, C., Liu, H., Gronthos, S., Wang, C. Y., Wang, S., & Shi, S. (2008). Mesenchymal stem cell-mediated functional tooth regeneration in swine. *PLoS ONE*, 1(1), e79. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000079>

Swaiikat, M., Faus-Matoses, I., Zubizarreta-Macho, Á., Ashkar, I., Faus-Matoses, V., Bellot-Arcís, C., Iranzo-Cortés, J. E., & Montiel-Company, J. M. (2023). Is revascularization the treatment of choice for traumatized necrotic immature teeth? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(7), 2656. <https://doi.org/10.3390/jcm12072656>

Torabinejad, M., Watson, T. F., & Pitt Ford, T. R. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 19(12), 591–595. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80271-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80271-2)

Torabinejad, M., Nosrat, A., Verma, P., & Udochukwu, O. (2017). Regenerative endodontic treatment or mineral trioxide aggregate apexification: A review and clinical update. *Journal of Endodontics*, 43(6), 924–931. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.004>

Torabinejad, M., & Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 25(3), 197-205. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80142-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80142-3)

Torabinejad, M., Watson, T. F., & Pitt Ford, T. R. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics*, 19(12), 591-595. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80271-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80271-2)

Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Pitt Ford, T. R. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 21(7), 349-353. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80967-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80967-2)

Verma, P., Nosrat, A., & Kim, J. R. (2017). Regenerative endodontic treatment: A review of current status and a call for action. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1563-1570. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.007>

Xie, Y., Lu, F., Hong, Y., He, J., & Lin, Y. (2021). Revascularisation versus apexification for treatment of immature teeth based on periapical healing and root development: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 22(3), 207–214. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2021.22.03.6>