

Alternativas clínicas para el tratamiento de dientes traumatizados con rizogénesis incompleta: una visión actualizada

Clinical alternatives for treatment of traumatized immature teeth : an update review

Andrea Cardoso Pereira^{1,a}, Daniel Rodrigo Herrera Morante^{1,b}, Ana Carolina Correia Laurindo de Cerqueira Neto^{1a}, Juliana Yuri Nagata², Thiago Farias Rocha Lima³, Adriana de Jesus Soares^{1,c}

RESUMEN

La necrosis pulpar en dientes con ápice abierto representa un desafío al tratamiento endodóntico. Esto debido a que la anatomía radicular se encuentra parcialmente formada, con ápices abiertos, paredes radiculares finas y frágiles, así como la longitud radicular reducida. En estas situaciones, cuatro opciones de tratamiento están disponibles: 1) Apexificación con renovación periódica de medicación intraconducto (MIC), hasta que sea posible observarradiográficamente el cierre apical; 2) Apexificación sin renovación de MIC; 3) Confección de una barrera apical utilizando agregado de trióxido mineral (MTA) o Biodentine; 4) Revascularización pulpar. El endodoncista debe estar atento a la evolución tanto de las técnicas de tratamiento como de los materiales dentales, conociendo sus indicaciones y limitaciones. Este artículo llevó a cabo una revisión de la literatura sobre las diferentes formas de tratamiento en casos de dientes traumatizados con rizogénesis incompleta y necesidad de tratamiento endodóntico por necrosis pulpar, indicando las ventajas, desventajas y limitaciones de cada una.

PALABRAS CLAVE: Apexificación, hidróxido de calcio, materiales biocompatibles.

¹ Departamento de Odontología Restauradora, Área de Endodoncia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba - São Paulo, Brasil.

² Profesora Adjunta del Área de Endodoncia de la Universidade Federal de Sergipe, Lagarto – Sergipe, Brasil.

³ Profesor Adjunto del Área de Endodoncia de la Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – Paraíba, Brasil.

^a Doctoranda en Clínica Odontológica; ^b Investigador de Pós-Doctorado; ^c Profesora Adjunta.

SUMMARY

Necrotic pulp of teeth with open apex leads to challenges in endodontic treatment because the anatomy of the root canal is incompletely formed with widely open apex, root walls thin and fragile and reduced root length. In these situations, four treatment options are available: 1) Apexification with periodic exchanges of intracanal medication (ICM), until radiographic evidence of apical closure; 2) Apexification without exchanges of ICM; 3) Apical barrier using mineral-trioxide-aggregate (MTA) or Biodentine; 4) Pulp revascularization. The endodontist should be attentive to the evolution of treatment techniques and dental materials, with their limitations and directions. This article reviews the literature on the different forms of treatment in cases of traumatized immature teeth, indicating the advantages, disadvantages and limitations of each one.

KEY WORDS: *Apexification, calcium hydroxide, biocompatible materials.*

INTRODUCCIÓN

Cuando un diente permanente inmaduro se ve afectado a nivel pulpar/periapical por un traumatismo dental, el tratamiento se presenta como un desafío para el endodoncista (1). La mayoría de los traumatismos dentales se producen en el grupo de edad comprendido entre los 7 y 10 años, cuando aún la raíz no alcanzó su desarrollo completo (2). Los dientes permanentes jóvenes sin pulpa vital a menudo tienen paredes delgadas y frágiles, por lo que es difícil lograr la instrumentación eficiente y obtener el sellado apical adecuado (3). Adicionalmente, las paredes delgadas del conducto radicular pueden predisponer estos dientes a fracturas (2).

Las opciones de tratamiento tradicionales incluyen apexificación con la utilización de medicación intracanal (MIC) de hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, o la colocación del agregado de trióxido mineral (MTA) o Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Francia) como barrera apical antes de obturar el sistema de conductos radiculares (4). Sin embargo, estas opciones de tratamiento requieren un pronóstico a largo plazo debido a las paredes de dentina delgadas, ápice no formado completamente y, en algunos casos, raíces cortas (5,6). Evaluar la posibilidad de extracción dental y sustitución por implante o prótesis fija está descartada debido a la etapa de dentición mixta y el continuo desarrollo cráneo-esquelético (6). En la última década, la revascularización pulpar fue reconocida como una nueva opción de tratamiento para estos casos, promoviendo el desarrollo radicular en dientes inmaduros (7).

El objetivo de esta revisión de literatura fue detallar las diferentes formas de tratamiento en casos

de dientes con rizogénesis incompleta, indicando las ventajas, desventajas y limitaciones de cada una.

REVISIÓN DE LITERATURA

Apexificación con renovación periódica de MIC

La apexificación consiste en estimular la formación de una barrera calcificada en el ápice de un diente con necrosis pulpar y que no completó la formación radicular. Esta barrera puede estar compuesta por dentina, cemento, hueso, u osteodentina. Para obtener el estímulo necesario para la formación de la barrera apical deben ser colocados materiales inductores dentro del conducto radicular (8,9). Este protocolo de tratamiento no debe confundirse con apicogénesis, que es el tratamiento de un diente vital, cuyo objetivo principal es estimular el desarrollo fisiológico de la raíz y la formación del ápice (10).

El uso de MIC a base de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, inicialmente descrita por Frank (3), es una opción bastante común para apexificación, esto debido a las propiedades antibacterianas del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, así como por su alcalinidad, estimuladora de la calcificación apical. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ puede estar asociado con diferentes vehículos, lo que cambia su solubilidad, viscosidad y la capacidad de disociación de los iones de calcio e hidroxilo. Cuanto menor sea la viscosidad de la suspensión, mayor será su disociación. La utilización de vehículos viscosos puede prolongar la acción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, disminuyendo la necesidad de renovaciones durante el tratamiento (11).

La eficacia de la MIC de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ depende del grado de disociación y difusión de los iones calcio e hidroxilo, así como del tiempo de permanencia dentro con-

ducto radicular. No existe consenso sobre por cuánto tiempo la MIC de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ permanece activa, es decir, no hay manera de determinar con certeza cuántas renovaciones y a cada cuánto tiempo serán necesarias para obtener la formación de la barrera apical. Por lo general, la primera renovación se lleva a cabo 30 días después de la colocación inicial. Seguidamente, las renovaciones se realizan cada 3 o 6 meses, hasta que radiográficamente pueda observarse evidencia de la formación de la barrera de tejido mineralizado (10).

El uso de esta MIC, sin embargo, tiene algunas desventajas tales como el largo tiempo necesario para obtener la barrera calcificada (6 a 24 meses), la necesidad de múltiples renovaciones, la imprevisibilidad de cierre apical y el debilitamiento de las ya frágiles paredes de la raíz, esto como resultado de las renovaciones (6,12,13). Otro efecto no deseable es la naturaleza irregular y porosa de la barrera mineralizada formada cuando se utiliza $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (14).

Apexificación sin renovación de MIC

Una alternativa prometedora para lograr apexificación es la mezcla de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con gel de clorhexidina al 2% y óxido de zinc, preconizada por el Área de Endodoncia de la Facultad de Odontología de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas (FOP-UNICAMP). Esta opción de MIC es de bajo costo, fácil de usar y de alta radiopacidad. Adicionalmente, no son necesarias las renovaciones periódicas, sin que esto afecte la formación de la barrera apical (15). Con la permanencia de la MIC dentro del conducto radicular por largos períodos de tiempo sin la necesidad de renovación, se elimina la posibilidad de debilitar la estructura dental remanente (16).

La combinación de clorhexidina con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, resulta en un aumento de la acción bactericida de la MIC, esto debido al amplio espectro antibacteriano de la clorhexidina. Otra gran ventaja es el efecto antibacteriano residual de la clorhexidina, conocido como substantividad, lo que permite que se mantenga actuando sobre las bacterias por periodos prolongados de tiempo (17). Es posible afirmar que la clorhexidina no altera el pH del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, manteniendo así la actividad antimicrobiana referente a los iones hidróxido (18). Adicionalmente, según Gomes et al., (19), la MIC conteniendo gel de clorhexidina al 2% es capaz de difundirse a través de la dentina, permitiendo alcanzar la superficie externa de la raíz.

El óxido de zinc es utilizado en esta pasta con el fin de aumentar la consistencia de la misma y promover la radiopacidad necesaria para facilitar el control de la obturación completa del conducto radicular con la MIC. Esta sustancia es de constitución inorgánica, químicamente inerte, insoluble en alcohol y en agua, es ligeramente antiséptica y biocompatible (15). La figura 1 (A-D) muestra la inserción de esta MIC dentro del conducto radicular y la radiografía final después de la restauración del diente.

Barrera Apical com MTA o Biodentine

Torabinejad et al., (20) desarrollaron el MTA para ser utilizado inicialmente en casos de perforaciones radiculares, posteriormente otras aplicaciones clínicas fueron relatadas en endodoncia con resultados alentadores. Este material presenta diferentes características físicas y químicas cuando es comparado con cualquier otro material utilizado hasta ese momento, así como una alta biocompatibilidad (21) y por muchos

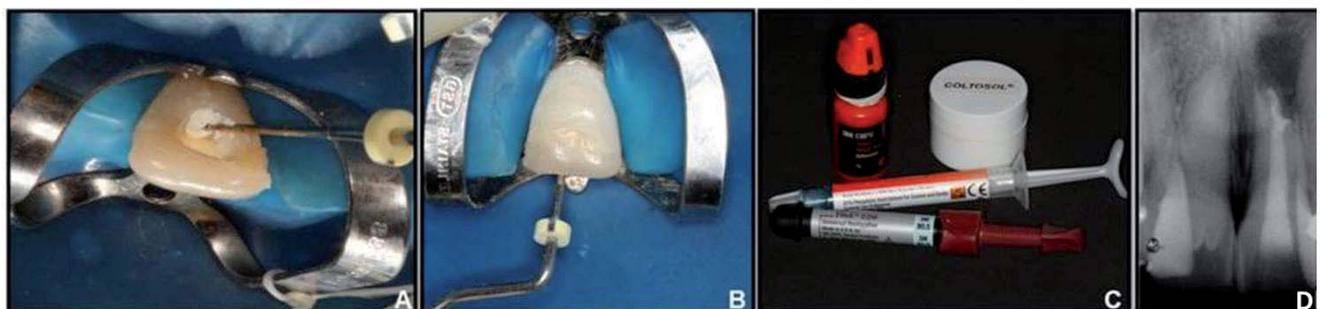


Figura 1. Inserción de la MIC compuesta por $\text{Ca}(\text{OH})_2$, clorhexidina gel al 2% y óxido de zinc (A) y control del longitud de inserción (B). Materiales utilizados para la restauración de la porción coronaria (C) y radiografía final después de la restauración (D).

años viene siendo el material más indicado para ser utilizado como tapón o *plug* apical (22).

Shabahang et al., (23) demostraron la formación de una barrera apical consistente cuando es utilizado el MTA como tapón apical en un modelo experimental *in vivo* con ápice abierto. A partir de entonces, los estudios han confirmado el éxito de los resultados clínicos, incluyendo la reparación de lesiones periapicales existentes en dientes inmaduros que fueron tratados con tapón apical de MTA (24,25).

El MTA tiene ventajas sobre el Ca(OH)_2 cuando se utiliza en procedimientos de apexificación, tales como reducción del número de consultas para completar el tratamiento, formación de una barrera apical más predecible y disminución de la necesidad de seguimiento prolongado del paciente. La desventaja de esta técnica, al igual que sucede con el Ca(OH)_2 , es que sólo se cubre la abertura apical y no se estimula el desarrollo de la raíz (23). Importante resaltar que, independientemente de la técnica utilizada, un paso crítico en el tratamiento de los dientes despulpados con ápice abierto es conseguir una correcta limpieza y desinfección del conducto radicular (22).

A pesar de la eficacia de MTA como barrera física en los casos de apexificación, este material tiene algunas desventajas tales como el largo tiempo de fraguado, el alto costo, dificultades de manejo clínico y propiedades antibacterianas no del todo claras (26-28). Para superar estos problemas, fue lanzado un nuevo biomaterial, llamado Biodentine, compuesto por silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), carbonato de calcio (CaCO_3) y dióxido de zirconio (ZrO_2), y una porción líquida conteniendo cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$); contando con propiedades mecánicas similares a la dentina. Este material tiene un tiempo de fraguado de alrededor de 12 minutos y una buena capacidad de sellado (28,29); otros estudios han demostrado que Biodentine puede ser una alternativa eficaz al MTA en la formación de la barrera apical en los casos de apexificación (28,30, 31).

A pesar de que puede lograrse el éxito en apexificación utilizando la renovación de MIC, tapón apical de MTA o Biodentine, estos tratamientos no promueven la continuación del desarrollo de las raíces, dejando las paredes dentinarias delgadas y propensas a fractura (32). Por este motivo, existe una permanente ne-

cesidad para el desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas con bases biológicas, que ofrezcan potencial para la continua formación de tejido mineralizado en dientes permanentes con necrosis pulpar y rizogénesis incompleta (33).

Revascularización pulpar

Evidencia clínica reciente muestra a la revascularización pulpar como una alternativa prometedora para dientes con rizogénesis incompleta y necrosis pulpar. La revascularización pulpar puede restaurar la funcionalidad apical, incluso en la presencia de infección perirradicular (34,35). Una de las grandes ventajas de esta terapia es aumentar la longitud de la raíz asociada con la deposición de tejido mineralizado en las paredes del conducto radicular (36). Desde este punto de vista, viene siendo propuesta como la terapia más indicada y primera opción de tratamiento para la apexificación (35).

Aunque el concepto de revascularización se remonta a la década del 60 (37,38), el protocolo de revascularización para dientes con rizogénesis incompleta fue introducido por Banchs y Trope en el año 2004 (40) como un cambio de paradigma para estos casos. En el proceso de revascularización, la descontaminación del conducto radicular es una condición *sine qua non* para la formación de nuevo tejido. Así, si el conducto radicular es descontaminado correctamente, si se crea una matriz, estructura o *scaffold* que promueva el crecimiento del tejido, y se sella el acceso coronario de manera efectiva, la revascularización puede producirse de manera similar a lo que ocurre en los casos de avulsión de dientes inmaduros (33,40). Por otro lado, si la contaminación bacteriana persiste posiblemente será la causa principal del fracaso de la revascularización de la pulpa (40). Por todo esto, podemos definir la revascularización pulpar como la invaginación de células indiferenciadas de la región apical de dientes de pacientes jóvenes con ápice abierto (41).

El concepto de la revascularización, como una alternativa para la apexificación, puede ser más predecible en dientes traumatizados cuando radiográficamente es posible observar un ápice con diámetro mayor a 1,1-1,5 mm (34). La contaminación bacteriana es eliminada con abundante irrigación asociada con la inserción de una MIC compuesta principalmente de una pasta triple de antibióticos y la estimulación de

un coágulo de sangre que funcionará como *scaffold* para el crecimiento del nuevo tejido (42,43).

En algunas situaciones, puede que no sea posible la inducción del sangramiento a través de foramen apical. Frente a esta situación, la utilización de plasma rico en plaquetas (PRP) ha sido estudiada, mostrando un gran potencial para utilización como *scaffold* para la revascularización (44,45). El PRP tiene un volumen de plasma autólogo con altas concentraciones de plaquetas y de factores de crecimiento que promueven la proliferación de células madre (46,47). Los factores de crecimiento liberados por el PRP juegan un papel importante en los procesos de mitogénesis, quimiotaxis, diferenciación y metabolismo celular (44). El plasma rico en fibrina (PRF), concentrado de plaquetas de segunda generación, también viene siendo estudiado. El PRF funciona con un depósito

para la liberación lenta y continua de factores de crecimiento durante un período de 7-14 días (48,49). La necesidad de colecta de sangre en pacientes jóvenes, equipo especial y alto costo del tratamiento podrían ser considerados como desventajas de esta terapia. Sin embargo, en base a estudios clínicos y radiográficos, estos materiales son una importante opción en casos en los que la inducción del sangramiento no tuvo éxito (47,50,51).

Considerando la importancia de la eliminación de bacterias y de la característica polimicrobiana de la infección pulpar, es importante asociar un protocolo terapéutico (irrigación con propiedades antimicrobianas y MIC con antibióticos) que alcancen la descontaminación antes de la obturación del conducto radicular (52,53). Para el sellado, se han empleado el MTA y Biodentine, mostrándose bastante adecuados y bien tolerados por los tejidos periapicales (24). Entre las ventajas de la revascularización, se pueden mencionar: a) menor tiempo clínico, ya que es posible completar el tratamiento en una o dos sesiones después del control de la infección; b) presentar un análisis costo-beneficio favorable debido a que no se requieren muchas visitas o materiales adicionales; c) engrosamiento y consecuente fortalecimiento de las paredes de la raíz (34). Las figuras 2 y 3 ilustran un caso en el que el diente 21 sufrió luxación extrusiva y fractura coronal, diagnosticado con necrosis pulpar, presencia de absceso periapical agudo y donde fue realizado el protocolo de revascularización pulpar.



Figura 2. Foto clínica inicial del diente 21 que sufrió luxación extrusiva y fractura coronaria.

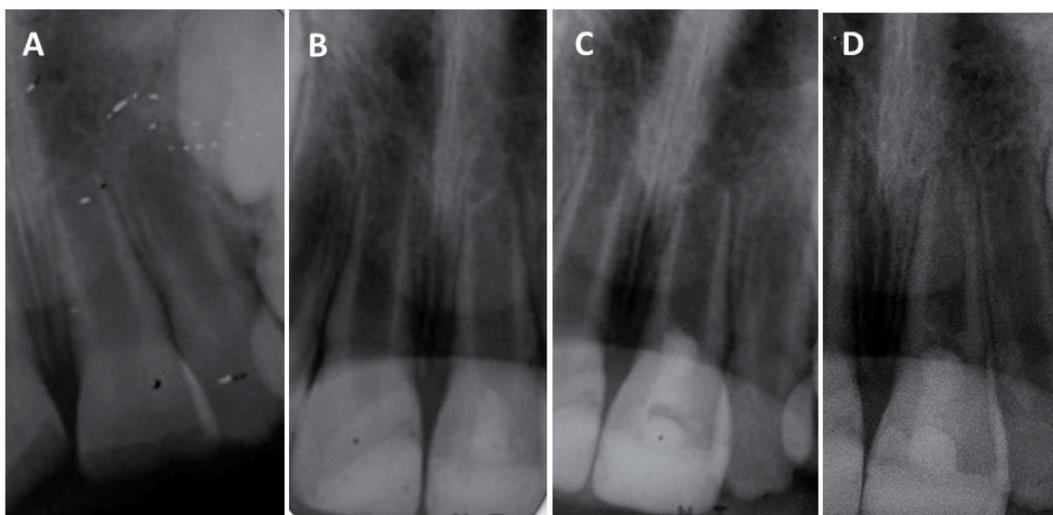


Figura 3. Radiografía inicial (A); radiografía después de la inserción de la MIC de pasta triple-antibiótica (B); después de estimular el coágulo sanguíneo, colocación de membrana reabsorbible y MTA (C); control a los 10 meses (D).

Imágenes del Servicio de Traumatismos Dentales de la FOP-UNICAMP.

DISCUSIÓN

La necrosis pulpar es una complicación importante en los casos de traumatismo dental. Cuando esto sucede en un diente permanente joven con ápice abierto, donde el desarrollo de la raíz y el cierre apical no se han completado (1), es entonces necesario poner en práctica la terapia de apexificación. Los protocolos de apexificación tienen como finalidad inducir la formación de una barrera de tejido duro calcificado en el extremo apical de la raíz, para obtener la obturación final del conducto radicular.

Durante mucho tiempo, el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ fue el único material utilizado en el procedimiento apexificación (12). Existen varias desventajas en los protocolos que utilizan MIC de $\text{Ca}(\text{OH})_2$: el tratamiento involucra numerosas visitas durante un período prolongado de tiempo; pérdida de obturaciones temporales y la consecuente reinfección; imposibilidad de llevar a cabo una restauración permanente (54). En estudios retrospectivos, fracturas radiculares cervicales ocurrieron en los dientes durante o después del tratamiento con MIC de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ debido a las paredes dentinarias finas de dientes jóvenes y la estructura dental debilitada inducida por el propio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (13,55). Incluso, después de obtenida la apexificación, la barrera inducida por el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se presenta a menudo discontinua y porosa (55).

Diversos estudios demuestran la eficacia del MTA cuando se utiliza en procedimientos de apexificación. Pradhan et al., (56) compararon el tratamiento de dientes con rizogénesis incompleta utilizando $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o MTA, encontrando que el tiempo total del tratamiento y el tiempo medio necesario para la formación de la barrera biológica fue mucho menor en los pacientes tratados con MTA. Cuando es evaluado el tiempo de reparación de lesiones periapicales no hubo diferencia entre los dos protocolos. El Meligly y Avery (57) por medio de seguimiento clínico y radiográfico de dientes tratados con MTA, observaron ausencia de síntomas clínicos y la formación de un nuevo tejido duro, concluyendo que el protocolo con MTA es efectivo para los procedimientos de apexificación por ofrecer la obliteración completa del conducto radicular durante su colocación inicial. Por otro lado, Annamalai y Mungara (8) evaluaron la eficacia del MTA en dientes permanentes jóvenes con ápice abierto y concluyeron que había una tasa de éxito del

100%, tanto clínica como radiológicamente después de 12 meses de seguimiento. Sin embargo, el MTA también tiene algunas limitaciones al no proporcionar un refuerzo de las paredes dentinarias del conducto radicular, alto costo, tiempo de fraguado alto y la ausencia de un disolvente conocido en caso de ser necesaria su remoción (1,58).

La combinación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, gel de clorhexidina al 2% y el óxido de zinc también ha sido descrita en la literatura para apexificación, mostrando resultados prometedores (15,16,59,60). El protocolo preconizado por el Servicio de Traumatología de la FOP-UNICAMP, basado en la utilización de esta pasta sin renovaciones periódicas y sellado coronal, ha demostrado éxito clínico y radiográfico para dientes permanentes jóvenes con ápice abierto traumatizados (59). La gran ventaja de este protocolo es que no requiere de renovaciones periódicas y la pasta no sufre disolución durante el proceso de apexificación (16). Es probable que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se presente completamente reabsorbido y solamente observemos radiográficamente el óxido de zinc. Esta sustancia proporciona el sellado físico del conducto radicular, previniendo la reinfección y proporcionando un medio ideal para la reparación de los tejidos periapicales y la formación de una barrera mineralizada.

En la última década, el procedimiento de revascularización se ha convertido en una alternativa para los casos de dientes con rizogénesis incompleta con la propuesta de promover la continuidad en la formación de tejido duro y crecimiento de las raíces, lo que permite un mayor desarrollo y fortalecimiento de la estructura dentaria (61). Esta terapia ofrece ventajas sobre la apexificación convencional con la utilización de MIC, tales como el fortalecimiento de la raíz debido al engrosamiento de las paredes de dentina, aumentar el desarrollo radicular, lo que reduce el riesgo de fractura y la facilidad en obtener el sellado apical (62). Sin embargo, hay algunas limitaciones a ser consideradas en este enfoque, tales como la necesidad de sangrado en el espacio del conducto radicular, y el hecho de que esta opción de tratamiento no se recomienda en los casos en los que sea necesaria la colocación de un retenedor intraradicular (58,63).

Jeeruphan et al. (61) compararon los tratamientos de revascularización con pasta de triple antibiótica como MIC y apexificación con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o MTA.

La revascularización presentó significativamente mayor crecimiento de las raíces en longitud y grosor, en comparación con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y MTA, así como tasa de supervivencia del 100% de los dientes tratados, mientras que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y MTA mostraron una tasa de 77,2% y 95% respectivamente. Aggarwal et al., (58) compararon el proceso de apexificación con MIC de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y la revascularización en el mismo paciente en dos dientes diferentes, encontrando que después de 24 meses de seguimiento, el diente tratado con revascularización mostró elongación de la raíz y el cierre apical, no observado en el caso del diente tratado con MIC. Nagy et al., (64) también compararon los protocolos de apexificación con MTA y la revascularización. Después de un período de 18 meses de seguimiento, la mayoría de los casos mostraron evidencia radiográfica de la reparación periapical. El grupo tratado con revascularización mostró un aumento progresivo del grosor y la longitud de la raíz y un diámetro apical reducido.

Existen algunas complicaciones clínicas en el procedimiento de revascularización pulpar. Una de ellas es la discromía dental causada por el uso de la pasta triple-antibiótica, esto debido a la presencia de la minociclina en su composición. Sato et al., (65) y Hoshino et al., (66) identificaron a la minociclina como la responsable por la pigmentación, sugiriendo su sustitución por amoxicilina, cefaclor o fosfomicina. Dabbagh et al., (67), después de observar el oscurecimiento en algunos casos clínicos, insertaron la pasta triple-antibiótica por debajo de la unión cemento-esmalte, y reemplazaron la minociclina por cefaclor, el resultado fue la ausencia de descoloraciones dentales, al mismo tiempo que la infección fue controlada.

Otra complicación puede estar relacionada con la inducción del coágulo de sangre. La presencia del coágulo garantiza la migración de células a lo largo del conducto. Su ausencia puede afectar negativamente el tratamiento (40,67). Una técnica que ha demostrado ser útil en la inducción de hemorragia es la sobre-instrumentación con el uso de una lima en solución de EDTA. Otra complicación que puede ocurrir es que el MTA pueda obstruir el conducto radicular (67), por lo que se recomienda la utilización de una barrera reabsorbible para actuar como una base para la colocación del MTA; barreras reabsorbibles que se han mostrado eficaces son Colla Plug y Colla Cote (Integra Life Sciences Corporation, NJ, EUA) (68). La

inserción de este material sirve como una matriz absorbible que permite la condensación del MTA (67). Sin embargo, el factor más importante para el éxito de la terapia de revascularización pulpar es controlar eficazmente la infección del conducto radicular (69). Lin et al., (70) reportaron un caso de fracaso de la revascularización del tejido en el conducto radicular debido a la presencia bacterias en la parte apical y no en la parte coronal del conducto, y biofilm en los túbulos dentinarios y en la luz del conducto. Los casos de fracaso en la revascularización pulpar podrían estar asociados a la falta de desinfección mecánica del conducto radicular (70).

Teniendo en cuenta las opciones de tratamiento para los dientes inmaduros, vemos la tendencia en la terapia de revascularización como el tratamiento más adecuado. Basados en la revisión realizada podemos concluir que el tratamiento de dientes con rizogénesis incompleta continúa siendo un desafío para el cirujano-dentista. El profesional debe estar atento a la evolución de las técnicas, conocer las limitaciones, así como las ventajas y desventajas de cada protocolo, con el fin de explicar al paciente cuál es la mejor opción en cada caso y qué riesgos y beneficios pueden ofrecer.

Correspondencia:

Daniel R. Herrera M.

Correo electrónico: dani_hm76@hotmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al-Kahtani A. Avulsed immature permanent central incisors obturated with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Int Oral Health*. 2013; 5(3):88-96.
2. Forghani M, Parisay I, Maghsoudlou A. Apexogenesis and revascularization treatment procedures for two traumatized immature permanent maxillary incisors: a case report. *Restor Dent Endod*. 2013; 38(3):178-181.
3. Frank A. Therapy for divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc*. 1966; 72(1):87-93.
4. Torabinejad M, Abu-Tahun I. Management of teeth with necrotic pulps and open apices. *Endod Top*. 2010; 23(1):79-104.
5. Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, et al. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 1. Diagnosis of healing complications. *Endod Dent Traumatol*. 1995; 11(2):51-58.
6. Flake NM, Gibbs JL, Diogenes A, et al. A standardized

- novel method to measure radiographic root changes after endodontic therapy in immature teeth. *J Endod.* 2014; 40(1): 46-50.
7. Nosrat A, Homatounfar N, Oloomi K. Drawbacks and unfavorable outcomes of regenerative endodontic treatments of necrotic immature teeth: a literature review and report of a case. *J Endod.* 2012; 38(10):1428-1434.
 8. Annamalai S, Mungara J. Efficacy of mineral trioxide aggregate as an apical plug in non-vital young permanent teeth: preliminary results. *J Clin Pediatr Dent.* 2010; 35(2): 149-155.
 9. Walton RE, Torabinejad M. Management of incompletely formed roots. En: *Principles and practice of endodontics.* 3rd ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 2002. p. 388-404.
 10. Selden HS. Apexification: an interesting case. *J Endod.* 2002; 28(1):44-45.
 11. Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotic and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007; 52(Suppl 1):S64-S82.
 12. Sheehy EC, Roberts GJ. Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J.* 1997; 83(7):241-246.
 13. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatol.* 2002; 18(3):134-137.
 14. Steinig TH, Regan JD, Gutmann JL. The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. *Aust Endod J.* 2003; 29(1): 34-42.
 15. Soares Ade J, Gomes BP, Zaia AA, et al. Relationship between clinical-radiographic evaluation and outcome of teeth replantation. *Dent Traumatol.* 2008; 24(2): 183-188.
 16. Soares, AJ, Nagata JY, Casarin RVC, et al. Apexification with a new intra-canal medicament: a multidisciplinary case report. *Iran Endod J.* 2012; 7(3):165-170.
 17. Dametto FR, Ferraz CC, Gomes BP, et al. In vitro assessment of the immediate and prolonged antimicrobial action of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(6):768-772.
 18. Basrani B, Ghanem A, Tjäderhane L. Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. *J Endod.* 2004; 30(6):413-417.
 19. Gomes BP, Montagner F, Berber VB, et al. Antimicrobial action of intracanal medicaments on the external root surface. *J Dent.* 2009; 37(1):76-81.
 20. 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; 19(12):591-595.
 21. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, et al. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1998; 24(8):543-547.
 22. Shabahang S. Treatment options: apexogenesis and apexification. *J Endod.* 2013; 39 (Suppl 3):S26-S29.
 23. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, et al. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod.* 1999; 25(1):1-5.
 24. Holden DT, Schwartz SA, Kirkpatrick TC, et al. Clinical outcomes of artificial root-end barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *J Endod.* 2008; 34(7):812-817.
 25. Moore A, Howley MF, O'Connell AC. Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dent Traumatol.* 2011; 27(3):166-173.
 26. Asgary S, Kamrani FA. Antibacterial effects of five different root canal sealing materials. *J Oral Sci.* 2008; 50(4):469-474.
 27. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, et al. Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells stimulates biomineralization. *J Endod.* 2012; 38(9): 1220-1226.
 28. Bani M, Sungurtekin-Ekçi E, Odabas ME. Efficacy of Biodentine™ as an apical plug in nonvital permanent teeth with open apices: an in vitro study. *Biomed Res Int.* 2015; 2015:359275.
 29. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J.* 2013; 46(9):808-814.
 30. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RG, et al. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2014; 15(3):147-158.
 31. Sinha N, Singh B, Patil S. Cone beam-computed topographic evaluation of a central incisor with an open apex and a failed root canal treatment using one-step apexification with Biodentine™: a case report. *J Conserv Dent.* 2014; 17(3):285-289.
 32. Bose R, Hargreaves K, Nummikoski P. A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod.* 2009; 35(10):1343-1349.
 33. Hargreaves KM, Geisler T, Henry M, et al. Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *J Endod.* 2008; 34(Suppl 7):S51-S56.
 34. Shah N, Logani A, Bhaskar U, et al. Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical

- study. *J Endod.* 2008; 34(8):919-925.
35. Huang G, Sonoyama W, Liu Y, et al. The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *J Endod.* 2008; 34(6):645-651.
 36. Wang X, Thibodeau B, Trope M, et al. Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2010; 36(1): 56-63.
 37. Huang GT. Apexification: the beginning of its end. *IntEndod J.* 2009; 42(10):855-866.
 38. Nygaard-Ostby B. The role of the blood clot in endodontic therapy: an experimental histological study. *Acta Odontol Scand.* 1961; 19:324-353.
 39. Rule DC, Winter GB. Root growth and apical repair subsequent to pulpal necrosis in children. *Br Dent J.* 1966; 120(12): 586-590.
 40. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod.* 2004; 30(4):196-200.
 41. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod.* 2007; 33(4):377-390.
 42. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20:340-349.
 43. Bansal R, Bansal R. Regenerative endodontics: a state of the art. *Indian J Dent Res.* 2011; 22(1):122-131.
 44. Kontakiotis EG, Fillippatos CG, Tzanetakakis GN, Agrafioti A. Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols. *J Endod.* 2015; 41(2):146-154.
 45. Torabinejad M, Milan M, Shabahang S, Wright KR, Faras H. Histologic examination of teeth with necrotic pulps and periapical lesions treated with 2 scaffolds: an animal investigation. *J Endod.* 2015; 41(6): 846-852.
 46. Bezgin T, Yilmaz AD, Celik BN, Sönmez H. Concentrated platelet-rich plasma used in root canal revascularization: 2 case reports. *Int Endod J.* 2014; 47(1):41-49.
 47. Bezgin T, Yilmaz AD, Celik BN, Kolsuz ME, Sönmez H. Efficacy of platelet-rich plasma as a scaffold in regenerative endodontic treatment. *J Endod.* 2015; 41(1):36-44.
 48. Ray HL Jr, Marcelino J, Braga R, Horwat R, Lisien M, Khaliq S. Long-term follow up of revascularization using platelet-rich fibrin. *Dent Traumatol.* 2016; 32(1):80-84.
 49. He L, Lin Y, Hu X, Zhang Y, Wu H. A comparative study of platelet-rich fibrin (PRF) and platelet-rich plasma (PRP) on the effect of proliferation and differentiation of rat osteoblasts in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(5):707-713.
 50. Nagaveni NB, Pathak S, Poornima P, Joshi JS. Revascularization Induced maturogenesis of non-vital immature permanent tooth using platelet-rich-fibrin: A case report. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(1):26-30.
 51. Keswani D, Pandey RK. Revascularization of na immature tooth with a necrotic pulp using platelet-rich fibrina: a case report. *Int Endod J.* 2013; 46(11):1096-1104.
 52. Yanpiset K, Trope M. Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after different treatment methods. *Endod Dent Traumatol.* 2000; 16(5):211-217.
 53. Windley W, Teixeira F, Levin L, et al. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *J Endod.* 2005; 31(6):439-443.
 54. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol.* 2005; 21(1):1-8.
 55. Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol.* 1992; 8(2):45-55.
 56. Pradhan DP, Chawla HS, Gauba K, et al. Comparative evaluation of endodontic management of teeth with unformed apices with MTA and calcium hydroxide. *J Dent Child.* 2006; 73(2):79-85.
 57. El Meligy OAS, Avery DR. Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr Dent.* 2006; 28(3):248-253.
 58. Aggarwal V, Miglani S, Singla M. Conventional apexification and revascularization induced maturigenesis of two non-vital, immature teeth in same patient: 24 months follow up of a case. *J Conserv Dent.* 2012; 15(1):68-72.
 59. Soares AJ, Lins FF, Herrera DR, et al. Un nuevo protocolo de medicación intraconducto para dientes con necrosis pulpar y rizogénesis incompleta. *Rev Estomatol Herediana* 2011; 21(3):145-149.
 60. Soares AJ, Lima TFR, Nagata JY, et al. Intracanal dressing paste composed by calcium hydroxide, chlorhexidine and zinc oxide for the treatment of immature and mature traumatized teeth. *Braz J Oral Sci.* 2014; 13(1):6-11.
 61. Jeeruphan T, Jantararat J, Yanpiset K, et al. Mahidol study 1: comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods: a retrospective study. *J Endod.* 2012; 38(10):1330-1336.
 62. Kalaskar RR, Kalaskar AR. Maturogenesis of non-vital immature teeth. *Contemp Clin Dent.* 2013; 4(2):268-270.
 63. Ding RY, Cheung GS, Chen J, et al. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *J Endod.* 2009; 35(5): 745-749.
 64. Nagy MM, Tawfik HE, Hashem AAR, et al. Regenerative potential of immature permanent teeth with necrotic pulps after different regenerative

- protocols. J Endod. 2014; 40(2):192-198.
65. Sato I, Ando-Kurihara N, Kota K, et al. Sterilization of infected root canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole, and minocycline in situ. Int Endod J. 1996; 29(2):118-124.
66. Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, et al. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. Int Endod J. 1996; 29(2):125-130.
67. Dabbagh B, Alvaro E, Vu DD, et al. Clinical complications in the revascularization of immature necrotic permanent teeth. Pediatr Dent. 2012; 34(5):414-417.
68. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, et al. Challenges in regenerative endodontics: a case series. J Endod. 2010; 36(3):536-541.
69. Liao J, Al Shahrani M, Al-Habib M, et al. Cells isolated from inflamed periapical tissues express mesenchymal stem cell markers and are highly osteogenic. J Endod. 2011; 37(9): 1217-1224.
70. Lin LM, Shimizu E, Gibbs JL, et al. Histologic and histobacteriologic observations of failed revascularization/revitalization therapy: a case report. J Endod. 2014; 40(2):291-295.

Recibido : 28-04-2016

Aceptado: 08-01-2017