

Apexificación de un Diente Traumatizado con Barrera Apical Artificial de Material Bioactivo. Caso Clínico

Apexification of a Traumatized Tooth with Artificial Apical Barrier of Bioactive Material. Clinical Case

Recibido: 03/04/2024

Aceptado: 27/05/2024

Zacharczuk GA, Bernadó DS

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Odontología. Cátedra Odontología Integral Niños. Buenos Aires, Argentina.

Cita (APA)

Zacharczuk, G., y Bernadó, D. S. (2024). Apexificación de un diente traumatizado con barrera apical artificial de material bioactivo: caso clínico. *Revista de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires*, 39(92), 17-24. <https://doi.org/10.62172/revfouba.n92.a210>

RESUMEN

Los traumatismos dentarios son muy frecuentes en niños de edad escolar. Una de sus complicaciones es la necrosis pulpar, que impide la maduración del diente permanente joven. Su tratamiento constituye un verdadero desafío para el odontólogo, quien debe recurrir a técnicas endodónticas específicas y complejas. Se describe el tratamiento de urgencia, realizado en la Cátedra de Odontología Integral Niños de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires (FOUBA), de una infección odontogénica en un diente inmaduro con antecedente de traumatismo de 2 años de antigüedad y la posterior terapéutica endodóntica empleada con creación de una barrera apical artificial con material bioactivo y seguimiento por dos años. Los resultados fueron satisfactorios, con dos años de seguimiento.

Palabras clave: odontología pediátrica, endodoncia, traumatismos de los dientes, diente no vital, apexificación,

ABSTRACT

Traumatic dental injuries are frequent in school-age children. One of their complications is pulpal necrosis, which hinders the maturation of the young permanent tooth. The treatment of the non-vital immature tooth is a real challenge for the dentist, who must resort to specific and complex endodontic techniques. This paper describes the emergency treatment of an odontogenic infection in an immature tooth with a 2-year-old trauma history and the subsequent endodontic therapy used with the creation of an artificial apical barrier with bioactive material and follow-up for two years, carried out in the Department of Pediatric Comprehensive Dentistry of the faculty of Dentistry of the University of Buenos Aires (FOUBA). At two years of follow-up, the outcome was favorable.

Keywords: pediatric dentistry, endodontics, tooth injuries, nonvital tooth, apexification

INTRODUCCIÓN

Las estadísticas revelan que el 25 % de los niños en edad escolar experimenta algún tipo de traumatismo dentario, siendo la fractura coronaria la lesión más frecuente en dentición permanente y los incisivos centrales superiores los dientes más afectados (Levin et al., 2020).

Al momento de erupcionar, los dientes permanentes son inmaduros y no han completado aún su desarrollo radicular. Las raíces poseen sólo dos tercios de la longitud formada, los conductos radiculares son amplios con paredes dentinarias delgadas y divergentes o paralelas - según el grado de desarrollo - y la abertura apical presenta un diámetro de gran tamaño. Después de un año de haber erupcionado, se completa la longitud total del diente y aproximadamente a los tres se conforma la constricción apical (Nolla, 1960). La pulpa es el órgano encargado de la maduración dentaria y los odontoblastos producen la dentina necesaria para completar el desarrollo. Por eso, mientras la pulpa se mantenga vital, el diente alcanzará una adecuada relación corono-radicular y sus paredes dentinarias tendrán el grosor suficiente para funcionar correctamente (AAPD, 2023). Contrariamente, si se pierde la vitalidad de un diente inmaduro, su pronóstico se ve desfavorecido a largo plazo, porque las paredes radiculares delgadas lo harán propenso a las fracturas. Por otro lado, la amplitud del conducto y del foramen apical impedirán la aplicación de técnicas de obturación endodóntica convencionales, motivos que hacen que el tratamiento del diente permanente joven sea considerado un desafío para el odontólogo (Nazza y Duggal, 2017).

En la actualidad, existen tres alternativas para el tratamiento endodóntico del diente inmaduro no vital: la apexificación, la colocación de una barrera apical artificial y la realización de procedimientos de endodoncia regenerativa. Si bien cada una de ellas presenta ventajas y desventajas, cualquiera de las tres puede conducir a la curación y permanencia del diente a largo plazo (Cvek et al., 2019; Harlamb, 2016).

La terapéutica tradicional es la apexificación con hidróxido de calcio, presentada por Kaiser (1964) y Frank (1966), que apunta a inducir la formación de una barrera biológica que sirva de contención para el material de obturación convencional (AAE, 2020). El conducto debe ser desinfectado y obturado con una pasta de hidróxido de calcio, que se recambia cada 3 meses aproximadamente. La técnica se basa en las propiedades antibacterianas del material y en su capacidad de estimulación de la mineralización de los tejidos. Ha sido ampliamente utilizada, y aunque es un método sencillo y exitoso -con tasas de éxito de 79 a 96%- (Darak et al., 2020) requiere múltiples visitas y se estiman alrededor de 12 meses para lograr la formación de la barrera calcificada (Raftar, 2005). Con el fin de alcanzar buenos resultados, pero en menor cantidad de sesiones, Witherspoon y Ham, (2001), promovieron la creación, en una sesión, de una barrera apical artificial. Para ello, emplearon

un tapón apical de trióxido mineral agregado (MTA), material elegido por las propiedades que presenta: biocompatibilidad, capacidad sellante, endurecimiento en presencia de sangre, capacidad de inducir diferenciación de odontoblastos, alto pH, baja solubilidad (Torabinejad y Parirokh, 2010). Esta técnica posee, según distintos investigadores, entre 81-100 % de éxito (Alobaid et al., 2014; Kahler et al., 2017; Damle et al., 2021; Murray, 2023). Luego se propuso la utilización de Biodentine™ (Septodont, Francia), ya que presenta algunas ventajas sobre MTA, como mayor microdureza y menor tiempo de endurecimiento (Kaup et al., 2015).

En la actualidad, el foco de estudio está puesto en la endodoncia regenerativa. Mediante este tratamiento se busca, además de la curación del área periapical y la resolución de signos y síntomas de infección, promover el desarrollo radicular y el engrosamiento de las paredes dentinarias. Según los resultados de las investigaciones, se reportan tasas de éxito de curación periodontal de 79 a 100%, aunque la continuidad del desarrollo radicular y el engrosamiento de las paredes dentinarias fueron logrados en muchos menos casos (Nazza y Duggal, 2017). Si bien se trata de una técnica muy prometedora, aún no se han determinado el procedimiento y los materiales ideales (Cvek et al., 2019), y muchos aspectos relativos a ella deben ser todavía investigados y publicados en la literatura (Wikström et al., 2021). Además, para obtener resultados exitosos, los dientes a tratar deben reunir determinadas condiciones, e investigaciones actuales sugieren considerar el tratamiento de apexificación antes que intentar la endodoncia regenerativa del diente permanente inmaduro con pulpa necrótica (Murray, 2023) sobre todo en dientes que perdieron la vitalidad por causas traumáticas (Nazza y Duggal, 2017).

Es necesario mencionar la importancia de la conservación dentaria en niños ya que tratamientos protéticos más invasivos como la exodoncia y la colocación de implantes no están indicados porque el crecimiento facial aún no ha concluido.

Se describe el tratamiento realizado en la Cátedra de Odontología Integral Niños de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires (OIN-FOUBA) desde la consulta de urgencia hasta la resolución definitiva y seguimiento por 2 años de una infección odontogénica en un incisivo central superior inmaduro, con un traumatismo de 2 años de antigüedad. El tratamiento endodóntico consistió en la apexificación mediante la creación de una barrera apical artificial de material bioactivo (Biodentine™).

CASO CLÍNICO

Un niño de 10 años, muy dolorido y asustado, acudió por una consulta de urgencia a la Cátedra de Odontología Integral Niños (OIN) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires acompañado por sus padres. Presentaba la cara hinchada con 3 días de evolución. El estado general de salud del paciente era bueno, sin antecedentes médicos

relevantes. Como antecedente odontológico había sufrido un traumatismo dos años antes, al caer mientras jugaba con su hermano, resultando las piezas 1.1 y 2.1 con fracturas amelodentinarias. En esa oportunidad, concurren a una odontóloga de práctica privada quien restauró ambas piezas con resinas compuestas. Los dientes nunca fueron controlados porque los padres del niño no fueron advertidos de hacerlo.

En el examen clínico extrabucal se observó un importante aumento de volumen en la zona labial superior derecha que alteraba la forma del labio superior, ala de la nariz y surco nasogeniano. En la inspección intrabucal se encontró una extensa tumefacción en el fondo de surco vestibular a nivel de la pieza 1.1 y piezas adyacentes. Las piezas 1.1 y 2.1 presentaban restauraciones de resina, dolor a la palpación y percusión, y test de sensibilidad negativo para 1.1 y positivo para 2.1. El examen radiográfico mostró una lesión radiolúcida en la zona periapical de 1.1. Esta pieza había detenido su desarrollo radicular y presentaba un conducto amplio y ápice abierto. Por el contrario, la pieza 2.1 se encontraba madura, sin evidencia de alteraciones pulpares ni periapicales. El diagnóstico fue celulitis de origen odontogénico, producida por necrosis e infección de 1.1 (Figura 1). Para enriquecer el diagnóstico se solicitó una tomografía de haz cónico (CBCT). En los cortes

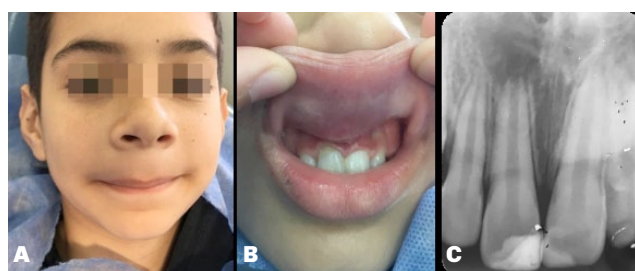


FIGURA 1. Examen clínico y radiográfico inicial. **1A:** vista extraoral; **1B:** vista intraoral, tumefacción en relación a la pieza 1.1 con antecedente de traumatismo; **1C:** imagen radiolúcida periapical y falta de maduración apical de 1.1.

tomográficos, la zona periapical de 1.1 presentaba una lesión radiotransparente. Se observó pérdida de continuidad de la tabla alveolar vestibular a nivel de dicha pieza, también observable en la reconstrucción volumétrica (Figura 2).

Luego de firmar el consentimiento informado, en el tratamiento de la urgencia se aisló con goma dique la pieza 1.1, se realizó la apertura cameral y se permitió el drenaje de un líquido sanguinolento durante 5 minutos hasta su cese espontáneo (Figura 3). Se lavó el conducto con hipoclorito de sodio al 1 %, se secó con conos de papel estériles, se colocó una pasta de hidróxido de calcio y agua destilada (Farmadental, Argentina) como medicación intraconducto y se selló la entrada del conducto. Además, se indicó al

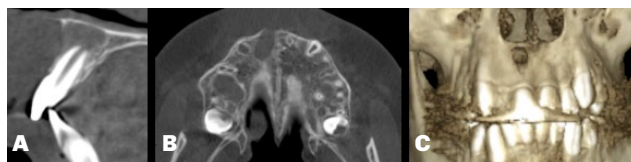


FIGURA 2. CBCT. **2A:** corte sagital de 1.1, pieza inmadura con lesión radiolúcida periapical; **2B:** corte axial, se aprecia la perforación de la tabla vestibular a nivel de 1.1. **2C:** reconstrucción volumétrica.



FIGURA 3. Resolución de la urgencia. Apertura de 1.1 y drenaje



FIGURA 4. Vistas intraorales de los controles clínicos. **A:** a los 7 días, reducción de la tumefacción y fistulización hacia vestibular; **B:** a los 14 días, desaparición de la tumefacción y la fístula.

paciente amoxicilina 500 mg en suspensión cada 8 horas durante 10 días, control a los 7 días y continuar con el tratamiento.

Luego de una semana se observó persistencia del edema en el fondo de surco vestibular, aunque con reducción de su tamaño, y una fistulización hacia el vestibulo bucal (Figura 4A). A los 14 días de iniciado el tratamiento la tumefacción había reducido considerablemente su volumen (Figura 4B).

Con el objetivo de renovar la alcalinidad del medio y continuar con la reducción de la infección bacteriana al mes y a los 4 meses se realizaron acopios de hidróxido de calcio. Los controles clínicos radiográficos posteriores evidenciaron la desaparición completa de la infección y de la radiolucidez periapical

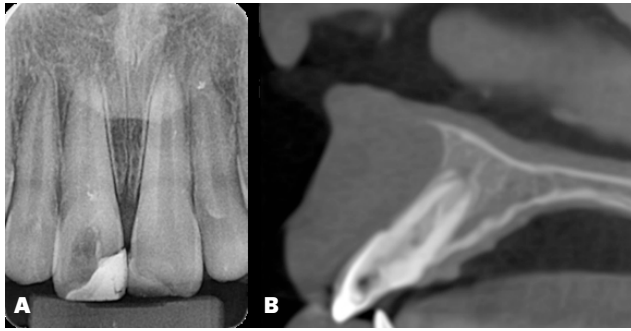


FIGURA 5. Control radiográfico (A) y tomográfico (B) de la pieza 1.1 a los 7 meses. Remisión completa de la lesión periapical.

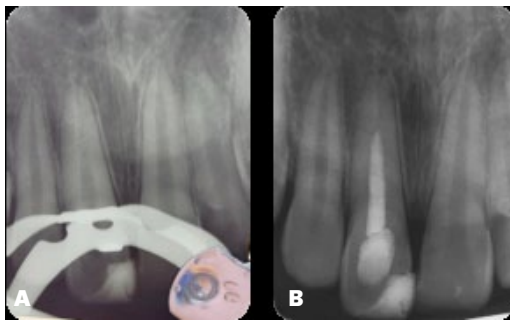


FIGURA 6. Tapón apical con Biodentine. A: comprobación radiográfica del tapón; B: radiografía post operatoria inmediata.

(Figura 5) y a los 7 meses, con el objetivo de no prolongar demasiado el tratamiento, se decidió obturar el conducto en forma definitiva.

Se colocó anestesia local infiltrativa (Totalcaína™, Bernabó, Argentina) y se aisló la pieza 1.1 en forma absoluta. Se instrumentó muy suavemente y en forma manual con limas K # 45 y 50 a una longitud de trabajo de 23 mm. Se irrigó con hipoclorito de sodio 1% y se secó con conos de papel estériles. Al detectar la ausencia de stop apical, se resolvió realizar un tapón con material biocerámico (Biodentine™, Septodont, Francia). El material se preparó de acuerdo con las instrucciones del fabricante: se colocaron 5 gotas de líquido dentro de la cápsula contenedora del polvo, se llevó al amalgamador y se vibró durante 30 segundos. Luego se llevó a la zona apical mediante limas y condensadores digitales hasta obtener un tapón de 5 mm, verificado radiográficamente. Luego de 12 minutos, se obturó el resto del conducto mediante técnica de condensación lateral con conos de gutapercha y cemento de resina (Adseal™, Meta, Corea) y se selló la entrada al conducto con ionómero vítreo (Figura 6). A los 7 días se realizó una nueva restauración de resina (Filtek Z350XT™, 3M ESPE, Alemania) para devolver la anatomía coronaria perdida (Figura 7)

Si bien la intención de este artículo es destacar el



FIGURA 7. Imágenes intraorales de la restauración coronaria

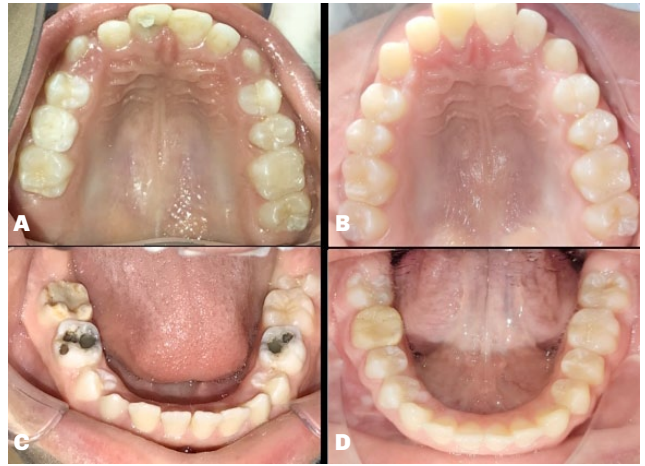


FIGURA 8. Tratamiento integral. A y B: estado inicial de las piezas de los maxilares superior e inferior; C y D: Monitoreo de las piezas de los maxilares superior e inferior a los 2 años.



FIGURA 9. Control radiográfico a 24 meses: resolución de la lesión, normalidad de los tejidos.

tratamiento de la pieza 1.1, la atención del paciente en la Cátedra de OIN fue integral. La presencia de indicadores de riesgo cariogénico y gingivoperiodontal enmarcaron un tratamiento personalizado, que incluyó: control de biofilm mediante la enseñanza de técnica de cepillado acorde a la edad y habilidad manual del paciente; intervención en los procesos de desmineralización-reminerización dentaria a través de la indicación de una pasta fluorada de uso diario de 1450 ppm y la aplicación profesional en forma trimestral de fluoruros tópicos; y restauración indirecta de resina en pieza 4.6 (Figura 8).

Los controles clínico-radiográficos de la pieza tratada endodónticamente a los 12, 18 y 24 meses

mostraron reparación de la complicación periapical, neoformación de trabeculado y cortical ósea y salud de todos los tejidos involucrados. El diente seguirá siendo controlado en forma anual (Figura 9).

DISCUSIÓN

Según Andreasen et al., aunque el riesgo de necrosis pulpar para dientes permanentes con fracturas coronarias no complicadas es de 1 a 6 %, la combinación de estas lesiones con subluxación o luxación lo eleva a 25% (Andreasen et al., 2019). La detección y el tratamiento tempranos de la necrosis pulpar o de cualquier otra complicación mejoran el pronóstico, por lo tanto, el seguimiento a largo plazo del diente traumatizado debería ser ineludible e incluir exámenes clínicos y radiográficos, pruebas de sensibilidad pulpar e interrogatorio acerca de cualquier signo o síntoma que se presente (Bourguignon et al., 2020).

El tratamiento endodóntico de las piezas dentarias con formación apical incompleta, necrosis pulpar y patología periapical representa un desafío para el odontólogo y continúa siendo un importante tema de estudio. Las tres modalidades de tratamiento mencionadas en la introducción pueden ser exitosas y el odontólogo deberá decidir cuál es la más apropiada para cada caso luego de evaluar la edad y el estado de salud del paciente, el grosor de las paredes dentinarias, la abertura apical, la posibilidad de restauración del diente, y el grado de compromiso del paciente hacia el tratamiento (Murray, 2023). En este caso, y luego de analizar dichos factores, se optó por la técnica de la barrera artificial utilizando un material bioactivo (Biodentine™).

Si bien la apexificación con hidróxido de calcio es una técnica sencilla y exitosa, no logra incrementar el grosor de las paredes del conducto ni la longitud radicular, en consecuencia, el diente queda debilitado y con posibilidad de fractura principalmente a nivel cervical (Darak et al., 2020; Huang, 2009). Además, se estudió el efecto debilitador que produce el hidróxido de calcio sobre las paredes dentinarias cuando es mantenido por tiempo prolongado (Cvek, 1992; Andreasen et al., 2002). También se demostró que la formación de la barrera calcificada es impredecible, porque puede demorar hasta 24 meses (Huang, 2009; Wikström et al., 2021), y que su estructura es porosa (Walia et al., 2000). El tiempo prolongado y las múltiples citas que requiere la técnica exigen mucha colaboración y adhesión al tratamiento por parte del paciente.

La creación de la barrera apical artificial con MTA posee como ventajas sobre la apexificación con hidróxido de calcio la reducción del número de consultas para completar el tratamiento, la formación de una barrera apical más predecible y la disminución de la necesidad de seguimiento prolongado del paciente (Witherspoon y Ham, 2001). Sin embargo, la técnica presenta algunas desventajas como el largo tiempo de endurecimiento del MTA (2 horas 45 minutos) (Torabinejad et al., 1995), la dificultad de

manipulación y el costo del material (Bani et al., 2015). El Biodentine es un material innovador que presenta, al igual que el MTA, propiedades bioactivas (capacidad de provocar efectos benéficos al entrar en contacto con los tejidos). La liberación de iones calcio e hidroxilo promueven la formación de hidroxiapatita en la superficie y la creación de una zona de infiltración mineral en la interfase cemento-dentina (Sanz et al., 2019). En su composición incluye principalmente Silicato Tricálcico, Carbonato de calcio y Dióxido de Zirconio en el polvo, y Cloruro de Calcio en su porción líquida. Sus propiedades mecánicas son similares a las de la dentina. En comparación con MTA, presenta mayor capacidad de sellado, mayor resistencia a la compresión, menor porosidad, mayor densidad, más rápida formación de hidróxido de calcio, estabilidad del color y manipulación más sencilla (Camilleri et al., 2013; Abbas et al., 2020; Kaup et al., 2015). Endurece en alrededor de 12 minutos, lo que permite finalizar el tratamiento endodóntico en la misma sesión, a diferencia del MTA, que al tener que dejarlo endurecer es muchas veces necesario posponer la finalización para otra cita. Los inconvenientes encontrados para Biodentine son su baja radiopacidad, el costo elevado y la presentación en cápsulas, que provoca desperdicio de material (Abbas et al., 2020).

A pesar de la ventaja de un menor número de visitas, la apexificación con MTA o Biodentine tampoco mejora la resistencia de la raíz ni produce engrosamiento o alargamiento de las paredes del conducto radicular (Murray, 2023). Pero, considerando que en el caso presentado las paredes y la longitud radicular estaban suficientemente desarrolladas, se optó de todas maneras por realizar la técnica.

Por otro lado, como el diámetro de la abertura apical del diente tratado no era mayor a 1 mm, se decidió realizar el tapón apical y no una técnica de revascularización, ya que esta está indicada cuando el diámetro del ápice es mayor a 1 o 1,5 mm (Murray, 2023). Cuando no hay demasiada amplitud apical, como en nuestro caso, se dificulta la obtención de sangrado, necesario para el éxito del tratamiento.

Revisiones sistemáticas recientes concluyen que tanto las técnicas regenerativas como las de apexificación poseen similares tasas de éxito y supervivencia y ambas demostraron ser efectivas en el tratamiento de dientes necróticos permanentes inmaduros, aunque se identificaron lagunas de conocimiento sobre los protocolos de tratamiento y seguimiento de ambas técnicas (Torabinejad et al., 2017; Wikström et al., 2021).

También se ha informado en la literatura que la tasa de éxito de revascularización es menor en dientes inmaduros traumatizados en comparación con revascularización en lesiones dentales no traumáticas, como caries o anomalías del desarrollo (Swaikat et al., 2023). Esto podría deberse a que el traumatismo dental en sí mismo influye más en el pronóstico a largo plazo que el tipo de tratamiento realizado (Wikström et al., 2021).

En trabajos similares al nuestro se trataron casos de niños con dientes permanentes jóvenes necróticos con periodontitis apical sintomática mediante creación de barreras artificiales con Biodentine (Vidal et al., 2016, Aeran et al., 2021). Los resultados obtenidos fueron equivalentes al nuestro, concluyendo que el Biodentine es una alternativa eficiente ante los materiales tradicionales utilizados para la apexificación.

CONCLUSIÓN

Mediante los procedimientos aplicados fue posible controlar la infección odontogénica; la desinfección del conducto radicular promovió la reparación de los tejidos periapicales y la técnica de apexificación con creación de una barrera apical con Biodentine permitió concluir el tratamiento endodóntico y restaurar el diente inmaduro, devolviendo al paciente función y estética y evitando o postergando la necesidad de alternativas más invasivas y no recomendadas en pacientes en crecimiento. Los resultados favorables se mantienen después de dos años de finalizado el tratamiento.

REFERENCIAS

- Abbas, A., Kethineni, B., Puppala, R., Birapu, U. C., Raghavendra, K. J., y Reddy, P. (2020). Efficacy of mineral trioxide aggregate and biodentine as apical barriers in immature permanent teeth: a microbiological study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 13(6), 656–662. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1853>
- Aeran, H., Sharma, M., y Tuli, A. (2021). Biodentine: material of choice for apexification. *International Journal of Oral Health Dentistry*, 7(1), 54–56. <https://doi.org/10.18231/j.ijohd.2021.011>
- Alobaid, A. S., Cortes, L. M., Lo, J., Nguyen, T. T., Albert, J., Abu-Melha, A. S., Lin, L. M., y Gibbs, J. L. (2014). Radiographic and clinical outcomes of the treatment of immature permanent teeth by revascularization or apexification: a pilot retrospective cohort study. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1063–1070. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.02.016>
- American Academy of Pediatric Dentistry. AAPD. (2023). *Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. The Reference Manual of Pediatric Dentistry* [en línea]. American Academy of Pediatric Dentistry, 457–465. <https://www.aapd.org/research/oral-health-policies--recommendations/pulp-therapy-for-primary-and-immature-permanent-teeth/>
- American Association of Endodontists. AAE. (2020). *Glossary of endodontic terms* [en línea]. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
- Andreasen, F. M., Lauridsen, E., y Andreasen, J. O. (2019). Crown fractures (cap. 13). En Andreasen, J. O., Andreasen, F. M., y Andersson, L. (eds). *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth* (5ta ed.). John Wiley & Sons.
- Andreasen, J. O., Farik, B., y 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>
- Bani, M., Sungurtekin-Ekçi, E., y Odabaş, M. E. (2015). Efficacy of biodentine as an apical plug in nonvital permanent teeth with open apices: an in vitro study. *BioMed Research International*, 2015, 359275. <https://doi.org/10.1155/2015/359275>
- Bourguignon, C., Cohenca, N., Lauridsen, E., Flores, M. T., O'Connell, A. C., Day, P. F., Tsilingaridis, G., Abbott, P. V., Fouad, A. F., Hicks, L., Andreasen, J. O., Cehreli, Z. C., Harlamb, S., Kahler, B., Oginni, A., Semper, M., y Levin, L. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dental Traumatology*, 36(4), 314–330. <https://doi.org/10.1111/edt.12578>
- Camilleri, J., Sorrentino, F., y Damidot, D. (2013). Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dental Materials*, 29(5), 580–593. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.007>
- Cvek M. (1992). Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endodontics & Dental Traumatology*, 8(2), 45–55. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1992.tb00228.x>
- Cvek, M., Abbott, P. V., Bakland, L. K., y Heithersay, G. S. (2019). Management of trauma-related pulp disease and tooth resorption (cap. 25). En Andreasen, J. O., Andreasen, F. M., y Andersson, L. (eds). *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth* (5ta ed.). John Wiley & Sons.
- Damle, S. G., Bhattal, H., y Loomba, A. (2012). Apexification of anterior teeth: a comparative evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide paste. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 36(3), 263–268. https://meridian.allenpress.com/jcpd/article-pdf/36/3/263/2192850/jcpd_36_3_02354g044271t152.pdf

- Darak, P., Likhitkar, M., Goenka, S., Kumar, A., Madale, P., y Kelode, A. (2020). Comparative evaluation of fracture resistance of simulated immature teeth and its effect on single visit apexification versus complete obturation using MTA and biodentine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(4), 2011–2015. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1145_19
- Frank A. L. (1966). Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 72(1), 87–93. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1966.0017>
- Harlamb S. C. (2016). Management of incompletely developed teeth requiring root canal treatment. *Australian Dental Journal*, 61(Suppl. 1), 95–106. <https://doi.org/10.1111/adj.12401>
- Huang G. T. (2009). Apexification: the beginning of its end. *International Endodontic Journal*, 42(10), 855–866. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01577.x>
- Kahler, B., Rossi-Fedele, G., Chugal, N., y Lin, L. M. (2017). An evidence-based review of the efficacy of treatment approaches for immature permanent teeth with pulp necrosis. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1052–1057. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.003>
- Kaiser, H. J. (1964). Management of wide-open apex canals with calcium hydroxide. En *21st Annual Meeting of the American Association of Endodontists., Washington DC (17 al 19 de abril)*. https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/1964annualsessionprogram_d.c.pdf
- Kaup, M., Schäfer, E., y Dammaschke, T. (2015). An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head & Face Medicine*, 11, 16. <https://doi.org/10.1186/s13005-015-0074-9>
- Levin, L., Day, P. F., Hicks, L., O'Connell, A., Fouad, A. F., Bourguignon, C., y Abbott, P. V. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: general introduction. *Dental Traumatology*, 36(4), 309–313. <https://doi.org/10.1111/edt.12574>
- Murray P. E. (2023). Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. *International Endodontic Journal*, 56(Suppl 2), 188–199. <https://doi.org/10.1111/iej.13809>
- Nazzal, H., y Duggal, M. S. (2017). Regenerative endodontics: a true paradigm shift or a bandwagon about to be derailed?. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 18(1), 3–15. <https://doi.org/10.1007/s40368-016-0265-5>
- Nolla, C. M. (1960). The development of permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children*, 27, 254–266. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/nolla_cm_1960_development_perm_teeth.pdf
- Rafter M. (2005). Apexification: a review. *Dental Traumatology*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2004.00284.x>
- Sanz, J. L., Rodríguez-Lozano, F. J., Llena, C., Sauro, S., y Forner, L. (2019). Bioactivity of bioceramic materials used in the dentin-pulp complex therapy: a systematic review. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(7), 1015. <https://doi.org/10.3390/ma12071015>
- Swaikat, M., Faus-Matoses, I., Zubizarreta-Macho, Á., Ashkar, I., Faus-Matoses, V., Bellot-Arcís, C., Iranzo-Cortés, J. E., y 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., Hong, C. U., McDonald, F., y 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)
- Torabinejad, M., Nosrat, A., Verma, P., y Udochukwu, O. (2017). Regenerative endodontic treatment or mineral trioxide aggregate apical plug in teeth with necrotic pulps and open apices: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 43(11), 1806–1820. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.029>
- Torabinejad, M., y Parirokh, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *Journal of Endodontics*, 36(2), 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.010>
- Vidal, K., Martin, G., Lozano, O., Salas, M., Trigueros, J., y Aguilar, G. (2016). Apical closure in apexification: a review and case report of apexification treatment of an immature permanent tooth with biodentine. *Journal of Endodontics*, 42(5), 730–734. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.007>

Walia, T., Chawla, H. S., y Gauba, K. (2000). Management of wide open apices in non-vital permanent teeth with Ca(OH)₂ paste. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 25(1), 51–56. <https://doi.org/10.17796/jcpd.25.1.n224g827014n02n2>

Wikström, A., Brundin, M., Lopes, M. F., El Sayed, M., y Tsilingaridis, G. (2021). What is the best long-term treatment modality for immature permanent teeth with pulp necrosis and apical periodontitis?. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 22(3), 311–340. <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00575-1>

Witherspoon, D. E., y Ham, K. (2001). One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry : PPAD*, 13(6), 455–462.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Dirección para correspondencia

Cátedra Odontología Integral Niños
Facultad de Odontología
Universidad de Buenos Aires
Marcelo T de Alvear 2142, Piso15 Sector B
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1122AAH
giselle.zacharczuk@odontologia.uba.ar

La Revista de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0

