

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA



**APEXIFICACIÓN VERSUS REVASCULARIZACIÓN:
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN ODONTOLOGÍA INFANTIL, ORTODONCIA Y
ODONTOLOGÍA COMUNITARIA

Alumno: Fabricio Guerrero Ortiz

Tutor: Dra. Asunción Mendoza Mendoza

Cotutor: Dr. David Ribas Pérez

Curso 2016-2017



DOÑA ASUNCIÓN MENDOZA MENDOZA, Catedrática de Odontopediatría de la Universidad de Sevilla

CERTIFICA:

Que el trabajo desarrollado por Don **FABRICIO GUERRERO ORTIZ** titulado “**APEXIFICACIÓN VERSUS REVASCULARIZACIÓN**” como Trabajo Fin de Máster en Odontología Infantil, Ortodoncia y Odontología Comunitaria de la Universidad de Sevilla ha sido realizado bajo su dirección, estando conforme con su presentación al encontrarlo acorde a la normativa actual aprobada por la Universidad de Sevilla.

Que el alumno, a la fecha, cuenta con asignación de tribunal para la defensa el día martes 27 del mes de junio del presente año en el salón de grados de la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla, en la Ciudad de Sevilla, España.

Y para que así conste, a efectos académicos, firma el presente documento en Sevilla a 30 de Mayo del 2017.

DRA. ASUNCIÓN MENDOZA MENDOZA



ÍNDICE

Resumen	4
1. Introducción	7
1.1 Causas de la necrosis pulpar	10
1.2 Tratamientos para la necrosis pulpar	12
1.3 Apexificación mediante hidróxido de calcio	13
1.4 Técnica de barrera apical / tapón apical de MTA	16
1.5 Endodoncia regenerativa	19
2. Objetivos	23
3. Hipótesis	25
4. Material y Métodos	27
5. Resultados	31
6. Discusión	37
7. Conclusiones	43
8. Bibliografía	45



RESUMEN



Resumen

Introducción

La afectación pulpar producida por diferentes etiologías que están presentes en dientes permanentes que no han culminado el desarrollo radicular provocan dientes que no tienen una proporción corono radicular, además de una raíz muy corta, presentan raíces con paredes muy delgadas las cuales conllevan a una futura fractura del diente afectado; existe en la actualidad diferentes terapéuticas para tratar mencionada patología entre las cuales tenemos apexificación y la regeneración pulpar, las cuales serán descritas en el presente trabajo final de master.

Materiales y Métodos

Se realizó una búsqueda electrónica en la base de datos PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov), Scopus (www.scopus.com), Cochrane (www.cochrane.org), para identificar las investigaciones clínicas relacionadas con la evaluación de los tratamientos como los resultados de los mismos, mediante la apexificación y revascularización en dientes permanentes con ápice abierto. Se utilizaron como palabras claves “Apexification” and “Revascularization” or “Apexogenesis” and “Immature Permanent teeth” and “Treatment”.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la efectividad de los tratamientos endodóncicos de apexificación y apicogénesis en dientes permanentes con ápice abierto.

Hipótesis

H1: La apexificación con hidróxido de calcio presenta mejores resultados clínicos que la apexificación con barrera apical de MTA y la revascularización.

Resultados

La búsqueda de literatura de estudios clínicos en referencia a dientes permanentes con ápice abierto que presentan patología pulpar y que necesitan tratamiento, se han encontrado 11 estudios clínicos de tratamientos con apexificación, 51 estudios clínicos de dientes tratados con revascularización pulpar y 6 estudios clínicos de comparación entre apexificación y revascularización.

Conclusiones

Se necesita nuevos estudios con un tamaño de muestra más grande y un tiempo de seguimiento de varios años que tengan un protocolo en la terapéutica de los dientes a tratarse, para poder afirmar que la terapia regenerativa es lo que se debe aplicar en la actualidad, debido a sus resultados clínicos y biológicos.



Abstract

Introduction

The pulp affectation caused by different etiologies that are present in permanent teeth that have not culminated the root development provoke teeth that do not have a proportion coronal radicular, besides a very short root, they present roots with very thin walls which lead to a future fracture of the affected tooth; There are currently different therapies to treat mentioned pathology among which we have apexification and pulpal regeneration, which will be described in this master final work.

Materials and methods

An electronic search was conducted in the PubMed database (www.ncbi.nlm.nih.gov), Scopus (www.scopus.com), Cochrane (www.cochrane.org), to identify clinical research related to evaluation Of the treatments as the results of the same, by the apexification and revascularization in permanent teeth with open apex. "Apexification" and "Revascularization" or "Apexogenesis" and "Immature Permanent teeth" and "Treatment" were used as keywords.

Objectives

General objective

To evaluate the effectiveness of endodontic treatments of apexification and apicogenesis in permanent teeth with open apex.

Hypothesis

H1: Calcium hydroxide apexification has better clinical outcomes than apical barrier apexification of MTA and revascularization.

Results

The literature search of clinical studies about open apical permanent teeth presenting pulpal disease and needing treatment have been found 11 clinical trials of apexification treatments, 51 clinical trials of teeth treated with pulp revascularization and 6 comparative clinical studies Between apexification and revascularization.

Conclusions

Further studies are needed with a larger sample size and a follow-up time of several years that have a protocol in the treatment of the teeth to be treated, to be able to affirm that regenerative therapy is what should be applied at present, due to their clinical and biological results.



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

La afectación pulpar como consecuencia de traumatismos o caries en dientes permanentes inmaduros puede desencadenar la pérdida de vitalidad pulpar además de afectar directamente con el desarrollo radicular, dando como resultado raíces cortas con paredes muy delgadas produciendo un mayor riesgo de fractura y dificultando de esa manera un tratamiento convencional de conductos (1,2).

El tratamiento a realizar frente a estas patologías es la eliminación del tejido pulpar, desinfección del sistema de conductos radiculares mediante los diferentes irrigantes que tenemos en la actualidad, entre los más utilizados están el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los posibles tratamientos a realizar frente a un diente permanente con raíces cortas que necesita terapia endodóncica, tenemos la apexificación que es un procedimiento de inducción de una barrera apical calcificada o desarrollo continuo en la zona apical de una raíz formada incompletamente en la cual la pulpa se encuentra diagnosticada como necrótica (3). Apexificación puede implicar una o múltiples citas mensuales para colocar hidróxido de calcio (CaOH_2) en el interior del conducto radicular para conseguir la eliminación de la infección intra-conducto, con lo cual se estimula la calcificación y producir el cierre apical. Después de varias citas mensuales, las paredes del conducto radicular del diente deben ser más fuerte para permitir que los conductos de la raíz puedan ser obturados con técnicas convencionales mediante gutapercha y un sellador (2). Un problema con el hidróxido de calcio es que puede alterar las propiedades mecánicas de la dentina y hace que estos dientes sean más susceptibles a la fractura radicular (4). El uso tradicional de hidróxido de calcio para lograr apexificación está siendo sustituida gradualmente por Mineral Trióxido Agregado (MTA) como una técnica de un solo paso (5). El MTA se puede colocar como un tapón apical con aplicaciones anteriores intraconducto con hidróxido de calcio para producir la desinfección del mismo (6) o incluso el MTA se puede emplear como un material de obturación de conducto (7). Aunque es eficaz, existe un inconveniente en la obturación de los conductos radiculares con MTA que es el costo de esa terapia. Otra terapéutica para tratar dientes permanentes con ápice abierto es la revascularización siendo un tratamiento regenerativo alternativo, basado en tratar dientes inmaduros con pulpa necrótica por caries o por traumatismo del diente, este tratamiento permite el



desarrollo radicular y la aposición de tejido duro en el conducto radicular (8). El concepto de la revascularización se basa en que las células madre vitales que pueden sobrevivir a la necrosis pulpar siendo capaces de diferenciarse en odontoblastos secundarios y contribuir a la conformación del tejido radicular (9).

1.1 Causas de necrosis pulpar

Según diversos estudios clínicos que analizan la etiología de la necrosis pulpar, refieren que las causas más comunes de mencionada afectación pulpar son la caries dental y el traumatismo dental (10–12). Esta patología pulpar cuando afecta a los dientes permanente en desarrollo produce o desencadena una afectación en el crecimiento radicular continuo de la raíz provocando un diente con ápice abierto (13).

La caries es una enfermedad multifactorial que involucra bacterias y los subproductos de la misma, que pueden ingresar a la cámara pulpar y conducto radicular causando inflamación y fibrosis del tejido pulpar (14). Si las bacterias no se eliminan puede desarrollarse inflamación crónica y producir la muerte del tejido pulpar. La inflamación a largo plazo o los repetitivos estímulos producidos por la inflamación reducen la capacidad de la pulpa de repararse y eventualmente presentando necrosis pulpar que se diseminará a todo el conducto radicular (15).

El trauma dental es otro factor etiológico común, con una incidencia de traumatismo en dientes permanentes en adultos del 33% (16). El traumatismo puede cortar de forma parcial o total el suministro de sangre apical del diente traumatizado por desplazamiento o trituración de los vasos sanguíneos circundantes. Si el suministro sanguíneo en la zona apical del diente no puede ser restablecido o es inadecuado, se producirá necrosis pulpar. El trauma dental si se produce entre las edades de 8 y 10 años es de importancia, debido a que el desarrollo de raíces de los dientes permanentes es a menudo incompleta y la necrosis pulpar impiden el desarrollo continuo de la raíz (17). Basha et al. (18) realizaron un estudio en el que analizaron los diferentes traumas dentales y su afectación directa al tejido pulpar dando como resultados que la fractura de esmalte-dentina tiende a producir necrosis pulpar en un (12%). Gerds (19) realizó una investigación en la que analizaba la probabilidad de necrosis pulpar según el tipo de traumatismo dental en una población de 2119 niños en el cual refiere que, infracción del esmalte (0%), concusión (1%), extrusión (1.32%), luxación lateral (4.70%), avulsión (16.79%) intrusión (5.70%), fractura radicular (1%), fractura alveolar (3.51%). La presencia de lesiones simultáneas también aumenta el riesgo de necrosis pulpar después del trauma dental, siendo mayor en los dientes con



fractura de corona y luxación combinada, en comparación con la presencia de una luxación dentaria (20,21).

Otras causas de producir una necrosis pulpar se incluyen a las anomalías dentales, dens evaginatus y dens invaginatus (22–24). En los casos de dens invaginatus, a menudo sólo una fina capa de estructura de tejido duro protege la pulpa dental y la necrosis puede ocurrir poco después de la erupción del diente, a menudo como resultado de la caries (25,26). Dens evaginatus se presenta con una proyección de tejido duro, tubérculo cubierto de esmalte en la superficie oclusal o cingulo del diente afectado. En el 43% de los casos hay tejido pulpar que se extiende hacia el tubérculo. Las fracturas del tubérculo en un diente que presenta dens evaginatus puede ocurrir debido a un trauma oclusal, entonces la exposición de la pulpa es probable (24). Esta exposición de la pulpa puede entonces resultar en la necrosis de la pulpa de los dientes permanentes inmaduros, que detiene el desarrollo fisiológico de la raíz (27).



1.2 Tratamientos para la necrosis pulpar

Los resultados ideales del tratamiento de los dientes permanentes inmaduros con ápice abierto, son reparar cualquier patología apical, obtener la resolución clínica de la sintomatología que presenta el paciente, promover el desarrollo continuo de la raíz con cierre apical y restablecer la competencia funcional del tejido pulpar (28). El desarrollo continuo y fisiológico de la raíz de un diente posterior a un tratamiento endodóncico es el resultado óptimo, ya que reduce el riesgo de fractura radicular y mejora la proporción entre la corona y raíz dentaria (29).

Es importante intentar mantener el mayor tiempo posible estos dientes permanentes con ápice abierto que presentan necrosis pulpar en boca, por razones funcionales, estéticas y porque los implantes dentales están generalmente contraindicados hasta que el crecimiento craneofacial se haya completado (28). El tratamiento de estos dientes es complicado ya que las paredes dentinarias delgadas y frágiles hacen difícil la extracción de bacterias por desbridamiento mecánico. Consecuentemente, la desinfección de los conductos radiculares infectados depende más del uso de soluciones irrigantes y de la medicación intraconducto (30). Anteriormente, los dientes permanentes inmaduros con conductos radiculares infectados, se trataban colocando un relleno grande de gutapercha (GP) o un cono de GP y cemento sellador con lo cual se conseguía una obturación del conducto radicular (31). Debido a la falta de una barrera apical para la obturación de las raíces, estas técnicas no ganaron popularidad y han sido reemplazadas (32).

Actualmente existen tres opciones principales de tratamientos para los dientes permanentes que no han terminado de formar su raíz completamente. Entre los tratamientos se incluyen la apexificación con hidróxido de calcio, formación de barrera apical con MTA y procedimientos endodóncicos regenerativos (2).



1.3 Apexificación mediante hidróxido de calcio

El método convencional para el tratamiento de los dientes permanentes con ápices abiertos es mediante apicoformación usando como material de obturación del conducto al CaOH_2 (33,34). Apexificación es un método que promueve la formación de una barrera apical calcificada, mediante la colocación y compactación del material de relleno del conducto radicular (35). El procedimiento implica la quimio-mecánica para producir un desbridamiento del conducto dentario a un nivel que no sobrepase el ápice radicular, seguida de la colocación de un material biocompatible para inducir una barrera de tejido duro y facilitar la obturación del conducto (33,35,36). El hidróxido de calcio es el material original utilizado en apexificación debido a su acción antibacteriana en la erradicación de la infección intraconducto y su capacidad para inducir la formación de barrera de tejido duro en la zona apical (36,37). En dientes permanentes inmaduros afectados la pulpa dental, donde la vaina radicular epitelial de Hertwig pueden haber sido destruida, se ha postulado que cementoblastos viables o fibroblastos no diferenciados en los tejidos periapicales y ligamento periodontal pueden diferenciarse para producir la barrera de tejido duro apical presente en la apexificación (38). La apexificación convencional con CaOH_2 ha sido ampliamente estudiado y parece ser una opción efectiva y fiable como una opción de tratamiento (38–40). (Fig. 1) Una revisión de 23 estudios clínicos en dientes permanentes inmaduros con ápice abierto son tratados con diferentes técnicas endodóncicas, de los cuales 8 estudios aplicaron la técnica de apexificación mediante hidróxido de calcio y presentaron un 74 a 100% de éxito (41).

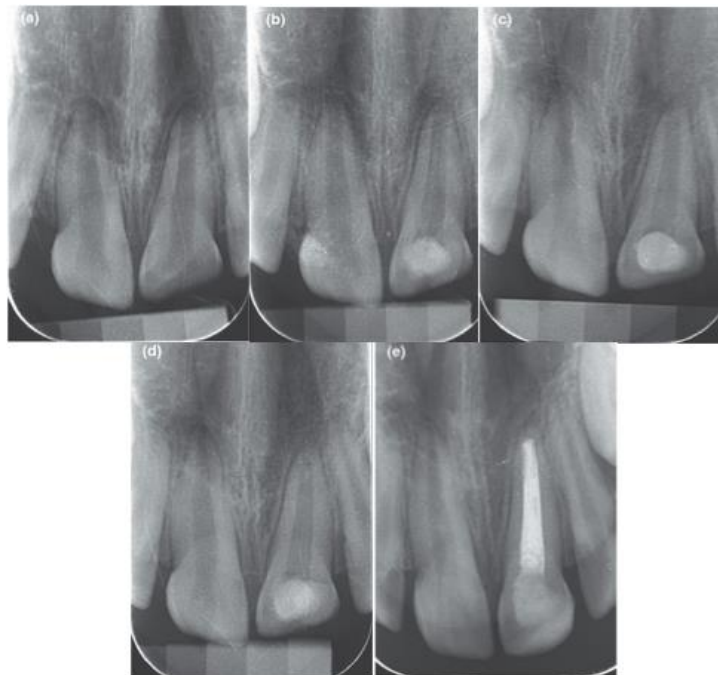


Figura 1. Paciente de 8 años de edad con diagnóstico de necrosis pulpar, terapéutica realizada apexificación con CaOH₂ como medicamento intraconducto, seguimiento de 9 meses. (35) Bezgin T, Sönmez H, Orhan K, Özalp N. Comparative evaluation of Ca(OH)₂ plus points and Ca(OH)₂ paste in apexification. Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd; 2012 Dec;28(6):488–95.

Apexificación con CaOH₂ tiene varias desventajas. En primer lugar, las paredes del canal del diente permanente inmaduro siguen siendo delgadas y cortas, debido a que la formación de la barrera de tejido duro sólo se produce en la zona apical, sin elongación de la raíz o la maduración de la misma (42). No hay desarrollo de las raíces más allá de la longitud de la misma y la anchura permanecerá en gran parte sin cambios después de realizar un tratamiento de apicoformación (43). Investigadores formularon la hipótesis de que el alto pH de CaOH₂ potencialmente destruye las células con actividad regenerativa, que permiten la regeneración pulpar y la formación fisiológica de la raíz dentaria hasta el cierre del ápice radicular (44). La ausencia de un desarrollo continuo de la raíz aumenta el riesgo a largo plazo de fracturas radiculares y la relación corona-raíz sigue siendo desfavorable, lo que puede producir futuras secuelas protésicas y periodontales (45).

En segundo lugar, las obturaciones del conducto radicular con CaOH₂ a largo plazo hacen que la dentina de la raíz sea frágil debido a su acción higroscópica y proteolítica, también aumenta el riesgo de fractura de radicular (17,46,47). Andreasen et al. (4) demostraron que existe una reducción en la resistencia a la fractura de las raíces



sometidas a un año de aplicación intraconducto de hidróxido de calcio de hasta un (50%).

En tercer lugar, la apexificación con CaOH_2 requiere frecuentes cambios en el medicamento y un largo período de tratamiento. El tiempo de terapéutica es variable dependiendo de factores como la edad del paciente, la presencia de zonas radiolúcidas peri-radiculares y el ancho apical (2). Los tiempos de tratamiento para la formación de barrera apical varían entre 3 y 24 meses, con un promedio de 12 meses (48). El tiempo que transcurre desde la primera visita hasta la finalización del tratamiento varían debido a la necesidad de múltiples visitas requeridas lo cual dificulta el seguimiento continuo del paciente, sino que también aumenta la vulnerabilidad de la restauración coronal y permite que los conductos presenten una reinfección. Debido a estas complicaciones, el CaOH_2 ya no es el material de elección para la apexificación y ha sido reemplazado en gran medida por MTA en la técnica de barrera apical (49).

1.4 Técnica de barrera apical / tapón apical de MTA

Otra técnica para tratar la necrosis pulpar en dientes permanentes inmaduros es la apexificación que se realiza con mineral trióxido agregado en un procedimiento también conocido como la técnica de barrera apical o tapón apical con MTA (6). MTA tiene efectos antibacterianos debido a su alto pH, es biocompatible, induce la formación de tejido duro y es ligeramente más radiopaco que la dentina (50). El procedimiento consiste en la desinfección de los conductos radiculares con la preparación químico-mecánica y el apósito a corto plazo de los canales con CaOH_2 durante al menos una semana (6). En una cita posterior, la pasta de CaOH_2 se elimina del conducto radicular con NaOCl y EDTA al 17%, seguido por el secado del conducto y la colocación de una pasta gruesa de MTA en la porción apical del conducto radicular. El MTA se condensa de tal manera que se crea un tapón apical de 3-4 mm, que se confirma radiográficamente, luego de formar la barrera apical el diente se restaura temporalmente durante al menos 3-4 horas, mientras que el MTA se endurece (51). Los conductos se obturan con gutapercha GP y un cemento sellador, además se coloca una restauración coronal que impida el ingreso de bacterias al interior del conducto para evitar un fracaso del tratamiento de apicoformación. Algunos estudios han utilizado compuestos de unión como el material de relleno de la raíz en un procedimiento de técnica de barrera apical MTA de un solo paso, afirmando el fortalecimiento de la raíz de los dientes permanentes inmaduros y la reducción de la fractura de la raíz (52). MTA se ha convertido en el material de elección para esta técnica debido a numerosas ventajas sobre el CaOH_2 (53). MTA permite una duración más corta del tratamiento (dos a tres citas) y un mejor cumplimiento del paciente (54). (Fig. 2) MTA tiene una buena biocompatibilidad, apoyada por estudios que han demostrado que la extrusión de MTA no produce una respuesta adversa del huésped o afectar la curación periapical (7). MTA también tiene una buena capacidad de sellado y su capacidad para mantenerse estable en un medio húmedo (52).



Figura 2. Paciente de 18 años con ápice abierto en el incisivo central superior derecho con diagnóstico de periodontitis apical sintomática, terapéutica realizada apexificación con medicación intraconducto de CaOH₂ y tapón apical de MTA, seguimiento de 2 años. (54) Yadav P, Pruthi PJ, Naval RR, Talwar S, Verma M. Novel use of platelet-rich fibrin matrix and MTA as an apical barrier in the management of a failed revascularization case. Dent Traumatol. 2015 Aug;31(4):328–31.

Una limitación de la técnica de barrera apical con MTA es que no permite el desarrollo continuo radicular y no mejora la proporción corona-raíz (6). Las raíces cortas y delgadas permanecen en un diente permanente inmaduro y el MTA no fortalece ni refuerza el diente. Como resultado, el riesgo futuro de una fractura radicular también existe con la técnica de barrera apical con MTA, aunque puede ser menor que con el tratamiento de hidróxido de calcio (55). El alto costo de MTA es también un factor limitante en su uso como un material de apexificación (56).

Los estudios clínicos han mostrado buenas tasas de éxito para la técnica de barrera apical con MTA para producir la apexificación de las raíces y la curación periapical (57). La técnica de barrera apical con MTA ha demostrado una mejor tasa de curación apical, aumento de la tasa de supervivencia y menor riesgo de fractura de la raíz en comparación con la apexificación de CaOH₂ en algunos estudios (33). Diversos estudios refieren que MTA produce una mejor y más predecible formación de barrera apical que el CaOH₂, mientras que otras demuestran resultados similares (2,28,58). Por el contrario, una revisión sistemática y un meta-análisis comparando el CaOH₂ versus la apexificación del MTA concluyeron que el éxito clínico de los procedimientos evaluado como resultado clínico y formación de barrera apical era el mismo y las diferencias en el éxito no alcanzaron significación estadística (59). La técnica de barrera apical de MTA sigue siendo preferible a la apexificación de CaOH₂ incluso si



los resultados son similares debido al tiempo de tratamiento reducido y al mayor riesgo de fractura con apósitos de CaOH₂ a largo plazo. No se sabe si la técnica de barrera apical con MTA es tan eficaz como la endodoncia regenerativa (60).

En la actualidad existen otros materiales que se pueden emplear para producir una barrera o tapón apical y estos materiales son los silicatos de calcio, entre ellos tenemos al Biodentine; existen algunos estudios clínicos en los cuales el Biodentine presentan un resultado favorable y refieren una mejor manipulación al momento de ingresar y formar el tapón apical en el conducto radicular, pero debido a que este material es nuevo no existe estudios clínicos con tiempos de seguimientos prolongados (61–63).

1.5 Endodoncia regenerativa

Recientemente existe un cambio de paradigma en la forma en que los dientes permanentes inmaduros con afectación pulpar son tratados mediante "endodoncia regenerativa". Los procedimientos endodóncicos regenerativos se definen como "procedimientos basados en la biología diseñados para reemplazar previsiblemente las estructuras, incluyendo la dentina, las estructuras de las raíces y las células del complejo pulpa-dentina" (60). La endodoncia regenerativa se basa en la tríada de la ingeniería tisular: células madre, factores de crecimiento y un andamiaje proteico, como el plasma rico en plaquetas (PRP), dentro del espacio del conducto radicular para permitir la repoblación de las células madre, regeneración del tejido pulpar y continuación del desarrollo radicular con cierre apical (57,64,65). La principal ventaja de los procedimientos regenerativos es el desarrollo continuo de las raíces, un resultado no producido por las técnicas de apexificación (66).

El procedimiento normalmente involucra tres etapas (67):

- Desbridamiento del conducto y colocación intraconducto de la triple pasta antibiótica.
- Inducción de sangrado y colocación de MTA en la unión amelo cementaria.
- La restauración del diente, horas o días más tarde.

La inducción de hemorragia ofrece indiferenciadas y multipotentes células madre mesenquimales en el espacio del conducto radicular (68). También puede proporcionar factores de crecimiento para la proliferación y diferenciación de las células madre y un andamio de proteínas en forma de plasma rico en plaquetas para la regeneración de tejidos (69). La supervivencia de estas células madre es facilitada por un buen suministro sanguíneo apical y contribuye a la revascularización de la pulpa (43). Los estudios histológicos realizados en humanos por Hargreaves et al. (28) usando la reacción en cadena de la polimerasa de transcripción inversa en tiempo real confirmó que la provocación mediante un estímulo terapéutico para la formación de una hemorragia intraconducto proporciona células madre en los tratamientos de conductos, lo cual ha sido confirmado mediante marcadores de niveles moleculares. Si bien la fuente exacta de las células madre es desconocida, las células madre de la papila apical se consideran la fuente más probable (70). Otras



posibles fuentes de tejidos locales incluyen células madre a partir del ligamento periodontal, folículo dentario, pulpa dental, hueso alveolar (71–74). La desinfección del conducto radicular es esencial antes de provocar la hemorragia intraconducto y generalmente se realiza con riego de NaOCl al 2,5-5,25% y el uso de una triple pasta antibiótica (ciprofloxacina, metronidazol y minociclina) altamente eficaces como un apósito intraconducto, actualmente se habla de una pasta bi-antibiotica eliminando las tetraciclinas debido a su efecto de pigmentación coronal (11,46,67,75)

Los tiempos de desinfección con los antibióticos intraconducto han variado en los estudios de 1 a 11 semanas (76). La instrumentación mecánica no se aconseja o debe ser mínima, el hidróxido de calcio no se recomienda debido a la posibilidad de afectar a las células viables de pulpa necesarias para la maduración de la raíz (77). La clorhexidina y el peróxido de hidrógeno también se han utilizado como irrigantes; Sin embargo, se prefiere el NaOCl debido a su buena acción antimicrobiana y efectos de disolución del tejido orgánico (46,78,79). Los estudios abogan por el uso de anestésico local sin vasoconstrictor al inducir la hemorragia en el canal, que no debe realizarse hasta que el diente es asintomático (65,80,81). Una vez que se ha inducido sangrado en el conducto radicular, se forma un coágulo de sangre a nivel de la unión amelo cementaria (CEJ), entonces se cubre con una capa de 3-4 mm de MTA o Biodentine, la necesidad de un tiempo determinado según el material que se utilice como barrera para que se endurezca y de esta manera poder realizar su posterior obturación coronal con base de ionómero de vidrio evitando la existencia de filtraciones (46,60,80). (Fig. 3)

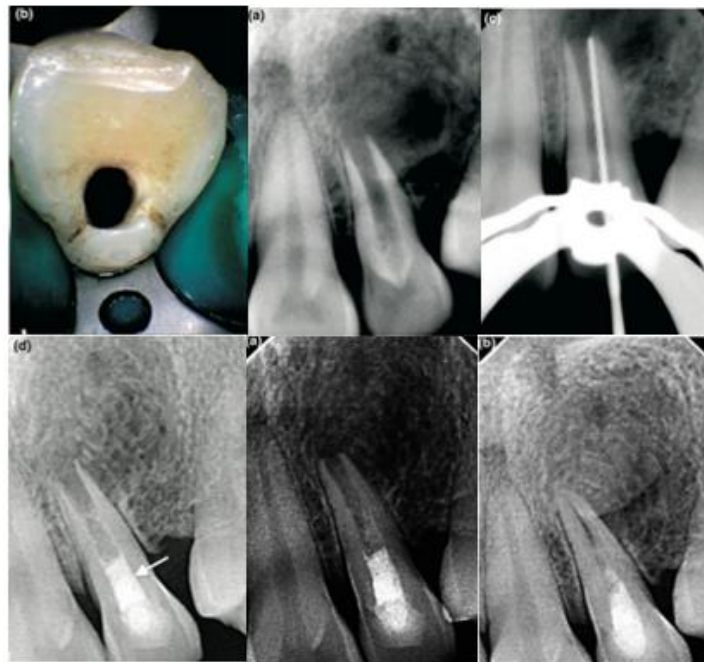


Figura 3. Paciente de 16 años con ápice abierto en incisivo lateral superior izquierdo con diagnóstico de pulpa necrótica con periodontitis apical sintomática, terapéutica realizada revascularización con pasta tri-antibiótica y PRP, seguimiento de 3 años. (65) Sachdeva GS, Sachdeva LT, Goel M, Bala S. Regenerative endodontic treatment of an immature tooth with a necrotic pulp and apical periodontitis using platelet-rich plasma (PRP) and mineral trioxide aggregate (MTA): a case report. *Int Endod J.* 2015 Sep;48(9):902–10.

La naturaleza de los tejidos formados en el conducto radicular después de la endodoncia regenerativa en los seres humanos es actualmente desconocida aun cuando existen muy pocos estudios histológicos de dientes que han sido tratados mediante revascularización pulpar (82–87). La evidencia actual se basa en datos de estudios de casos/controles con procedimientos regenerativos que han demostrado aliviar los síntomas, aumentar el ancho de la pared del conducto y promover el desarrollo continuo de la raíz (88). El desarrollo continuo de raíces es menos predecible que el engrosamiento de las paredes del conducto (69). Otros resultados incluyen la resolución de la fístula, la periodontitis apical y la cicatrización apical (57).

Un estudio retrospectivo de 30 casos seguidos hasta por un año enumeró sólo dos casos con complicaciones menores después de la endodoncia regenerativa, que incluía incomodidad o decoloración (60). Un estudio de McTigue et al. (46) de 32 dientes con signos radiográficos y / o clínicos de patología apical mostraron curación apical en 31 dientes, cierre del ápice de la raíz en 23 dientes, paredes de la raíz engrosadas en 22 dientes y aumento de la longitud de la raíz en 21 dientes. Otros tres análisis retrospectivos hallaron que los procedimientos regenerativos presentaban una mejor supervivencia de los dientes en comparación con la apexificación mediante



CaOH₂ (100% vs 77%, respectivamente) y un aumento significativo en la longitud y el ancho de la raíz radiográfica en comparación con la técnica de barrera apical con MTA (2,8,49).

Una consideración importante para los procedimientos de endodoncia regenerativa es el tamaño del foramen apical y los dientes permanentes inmaduros con un diámetro de foramen apical de 1,1 mm o más son los mejores candidatos para la endodoncia regenerativa (60). Apertura apical menos de un 1,1 mm es probable que esté asociado con el flujo de sangre limitado en el diente, obstaculizado el crecimiento del tejido y los resultados clínicos más pobres (9).

Las desventajas de los procedimientos de regeneración incluyen un mayor número de citas y tiempos de tratamiento más largos en comparación con la técnica de barrera apical MTA (76). Observándose también que no todos los estudios han reportado resultados favorables para el continuo desarrollo radicular, con ausencia de aumento de la longitud de la raíz o el espesor de la pared de la raíz y la falta de cierre apical (46,49). Algunos estudios informaron de una falta de inducir sangrado intraconducto, considerado como crítico para la entrega con éxito de células madre, factores de crecimiento y de andamio en los canales de la raíz y la regeneración de tejido (76-81).

La decoloración es una complicación común de procedimientos de endodoncia regenerativa y puede ser difícil de manejar (89). Pastas tri-antibiótico que contienen minociclina, así como tanto MTA gris y blanco son capaces de causar la decoloración corona (76,81). Consecuentemente, algunos estudios han sustituido a la minociclina con clindamicina o amoxicilina con una eficacia similar (90–92).

Con más evidencia de soporte, procedimientos de endodoncia regenerativa pueden convertirse en el tratamiento estándar base para tratar dientes permanentes con ápice abierto con necrosis pulpar. Es la única opción de tratamiento que promueve el desarrollo continuo de la raíz, lo que reduce el riesgo de futuras fracturas radiculares y obteniendo de esa manera una mejor proporción corona-raíz. Afortunadamente, en el escenario que un procedimiento de revascularización no es eficaz en el alivio de la sintomatología que presenta el paciente, no se opone a un tratamiento adicional de apexificación con CaOH₂ y una barrera apical mediante MTA podrá iniciarse (93,94).



OBJETIVOS



2. Objetivos

Objetivo General

- Evaluar la efectividad de los tratamientos endodóncicos de apexificación y apicogénesis en dientes permanentes con ápice abierto.

Objetivos Específicos

- Analizar los resultados de los estudios clínicos de dientes tratados con apexificación mediante hidróxido de calcio
- Evaluar los estudios clínicos de dientes tratados con apexificación mediante barrera apical con MTA
- Interpretar los resultados de los estudios clínicos de dientes tratados con revascularización.
- Realizar una comparación entre las diversas técnicas para tratar un diente permanente con ápice abierto según los resultados de los estudios clínicos analizados en el presente trabajo final de master.



HIPÓTESIS



3. Hipótesis

H1: La apexificación con hidróxido de calcio presenta mejores resultados clínicos que la apexificación con barrera apical de MTA y la revascularización.

H2: La apexificación con barrera apical de MTA presenta mejores resultados clínicos que la apexificación con hidróxido de calcio y la revascularización.

H3: La revascularización presenta mejores resultados clínicos que la apexificación con hidróxido de calcio y la apexificación con barrera apical de MTA.



MATERIALES Y MÉTODOS



4. Materiales y Métodos

Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov), Scopus (www.scopus.com), Cochrane (www.cochrane.org), para identificar las investigaciones de casos clínicos reportados relacionados con la evaluación de la apexificación y revascularización en dientes permanentes inmaduros. Se utilizaron como palabras claves “Apexification” and “Revascularization” or “Apexogenesis” and “Immature Permanent teeth” and “Treatment” La investigación se limitó a publicaciones escritas en inglés. Se realizó una búsqueda electrónica manual adicional en las principales revistas científicas de endodoncia y odontopediatría: Dental Traumatology; International Journal of Paediatric Dentistry; Journal of clinical pediatric dentistry; Pediatric Dentistry; Journal of Endodontics; International Endodontic Journal; The Journal of the American Dental Association; European Journal of Oral Sciences; Australian Endodontic Journal. Se utilizaron como palabras claves “Apexification” and “Revascularization” and “Immature Permanent teeth”. La búsqueda incluyó artículos de la fecha de inicio de cada fuente hasta el 01 de abril del 2017. Después de la eliminación de los artículos duplicados, la revisión del título y la selección de resúmenes, se utilizaron artículos de texto completo para verificar que el contenido del artículo era relevante.

Criterios de inclusión

- Artículos científicos de reporte de casos clínicos de apexificación y endodoncia regenerativa
- Artículos con una antigüedad no mayor a 5 años
- Estudios clínicos realizados en humanos
- Los artículos deben pertenecer a revistas de alto impacto entre cuartil uno a cuartil cuatro



Criterios de exclusión

- Artículos científicos de reporte de revisión de la literatura de apexificación y endodoncia regenerativa
- Artículos con una antigüedad mayor a 5 años
- Estudios no realizados en humanos
- Los artículos científicos que no pertenezcan a revistas de alto impacto

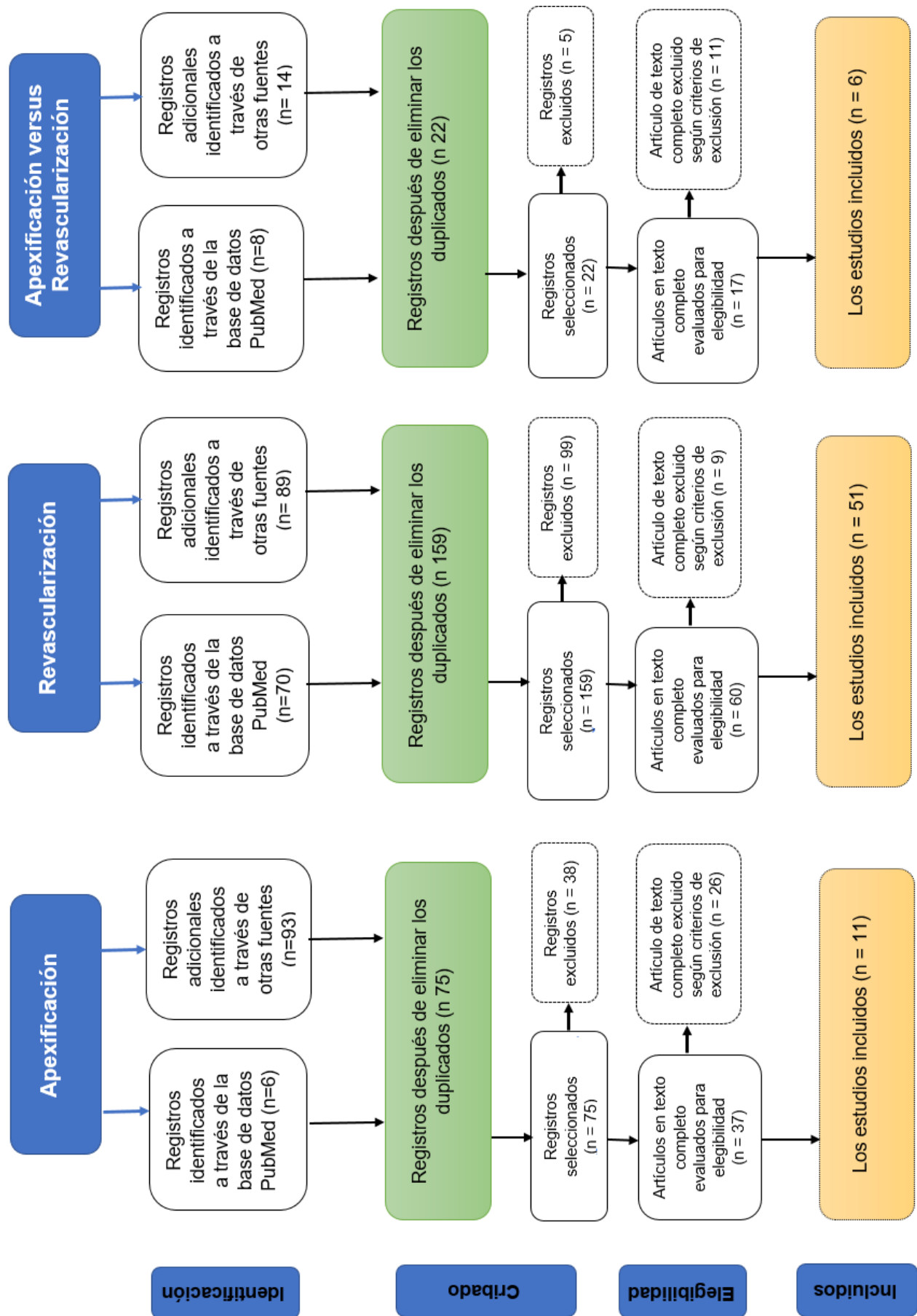


Figura 4. Diagrama de flujo de resultados de la búsqueda electrónica.



RESULTADOS

5. Resultados

En los resultados de la búsqueda bibliográfica en referencia a estudios clínicos de dientes permanentes que presentan ápice abierto tratados con apicoformación se han encontrado 11 artículos clínicos, indistintamente mediante la técnica de hidróxido de calcio o la técnica de barrera apical, entre las variables están año de la publicación, tamaño de la muestra estudiada en cada artículo, diagnóstico del diente tratado con apexificación y el tiempo de seguimiento de los pacientes. (Tabla 1)

Autor	Año	Tamaño de la muestra	Diagnóstico	Seguimiento
Albadri et al. (95)	2012	Grupo I: Tapón de MTA: 3	Necrosis pulpar con periodontitis apical (1 dens invaginatus)	3, 6 y 18 meses
Bezgin et al. (35)	2012	Grupo I: Hidróxido de calcio: 10 Grupo II: Puntas de hidróxido de calcio CHPP: 12	Necrosis pulpar	3,6,9,12 y 15 meses
Damle et al. (33)	2012	Grupo I: MTA tapón apical: 15 Grupo II: Hidróxido de calcio: 15	Necrosis pulpar	1,3,6,9 y 12 meses
Chang et al. (7)	2013	Grupo I: Tapón de MTA: 3	Necrosis pulpar con absceso apical crónico	1,6,12, 24 y 36 meses
Mente et al. (96)	2013	Grupo I: Tapón de MTA: 252	Necrosis pulpar con y sin periodontitis apical	12 y 21 meses mediana (128)
Park & Ahn.(52)	2014	Grupo I: Tapón de MTA: 2	Dens evaginatus fracturado,	2,10, 12 y 15 meses
Pace et al. (6)	2014	Grupo I: Tapón de MTA: 17	Necrosis pulpar	12, 60 y 120 meses
Bonte et al. (97)	2015	Grupo I: Hidróxido de calcio: 16 Grupo II: MTA tapón apical: 17	Necrosis pulpar con y sin periodontitis apical	1, 3,6 y 12 meses
Yadav et al. (54)	2015	Grupo I: Tapón de MTA: 1	Periodontitis apical sintomático (Caso Fallido de revascularización)	1, 3, 6, 9, 18 y 24 meses.
Martens et al. (39)	2016	Grupo I: Tapón de Biodentine: 3	Necrosis pulpar	6,12,16 y 24 meses
Vidal et al. (61)	2016	Grupo I: Tapón de Biodentine 1	Periodontitis apical sintomática	3, 6, y 18 meses

Tabla 1. Representación de los resultados de estudios clínicos de apexificación.

Entre los resultados referentes a estudios clínicos en pacientes con ápice abierto en diente permanentes jóvenes en el cual se trataron mediante revascularización y sus diferentes protocolos y técnicas existen 51 estudios, entre las variables están año de la publicación, tamaño de la muestra estudiada en cada artículo, diagnóstico del diente tratado con revascularización y el tiempo de seguimiento de los pacientes. (Tabla 2)

Autor	Año	Tamaño de la muestra	Diagnóstico	Tiempo de seguimiento
Chen et al. (11)	2012	20	Necrosis pulpar con periodontitis apical	6, 26 meses
Cehreli et al. (98)	2012	2	Necrosis pulpar- Luxación extrusiva con fractura de cortical	3, 12 y 18 meses
Dabbagh et al. (81)	2012	18	Necrosis pulpar	1, 2, 3, 6, 12, 18, y 24 meses
Jadhav et al. (99)	2012	20	Necrosis pulpar	6 y 12 meses
Kim et al. (100)	2012	3	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	1, 24, 42 y 48 meses
Kottoor & Velmurugan. (88)	2012	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomatológica	3,12 y 60 meses
Lenzi & Trope. (101)	2012	2	Necrosis pulpar- traumatismo	4, 11 y 21 meses
Narayan et al. (102)	2012	1	Periodontitis apical asintomática- Dens invaginatus	5 y 12 meses
Nosrat et al. (76)	2012	2	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	6 años
Shimizu et al. (85)	2012	1	Fractura coronaria complicada con exposición de la pulpa del diente incisivo lateral izquierdo.	0 meses
Chen et al. (17)	2013	1	Necrosis pulpar con absceso apical crónico	1, 3, 6, 9, y 12 meses
Keswani & Pandey. (103)	2013	1	Periodontitis apical aguda- diente fracturado	7, 12 y 15 meses
Martin et al. (87)	2013	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomatológica	7, 14, y 25 meses
McTigue et al. (46)	2013	32	Necrosis pulpar	3 meses

Noy et al. (104)	2013	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical crónica	6 y 16 meses
Nosrat et al. (69)	2013	1	Necrosis pulpar con absceso pulpar agudo	9, 12, 17, 31 meses.
Paryani & Kim. (105)	2013	2	Periodontitis apical sintomática y necrosis pulpar con periodontitis apical asintomática.	1, 2,5,6,12 y 18 meses.
Shimizu et al. (84)	2013	1	Necrosis pulpar	12 y 26 meses
Soares et al. (106)	2013	1	Luxación intrusiva - Necrosis pulpar	1, 3, 6, 9, 12, 15, y 24 meses
Sönmez et al. (107)	2013	3	Necrosis pulpar	24 meses
Yang et al. (108)	2013	1	Necrosis pulpar- dens invaginatus	24 meses
Becerra et al. (109)	2014	1	Necrosis pulpar con absceso apical	1, 12, 18, 24 meses
Bezgin et al. (110)	2014	2	Necrosis pulpar con absceso apical	1,3 y 12 meses
Cantekin et al. (111)	2014	1	Necrosis pulpar	3, 21 y 30 meses
Chandran et al. (112)	2014	1	Necrosis pulpar	3, 6 y 12 meses
Kahler et al. (91)	2014	16	Necrosis pulpar	6 y 18 meses
Lin et al. (86)	2014	1	Avulsión dentaria (40 minutos) Periodontitis apical asintomática	6, 12 y 16 meses
Nagata et al. (67)	2014	23	Necrosis pulpar	
Saoud et al. (68)	2014	2	Necrosis pulpar con periodontitis apical	6 y 12 meses
Saoud et al. (113)	2014	20	Necrosis pulpar	3, 6, 9 y meses
Lei et al. (82)	2015	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	3, 6, 9, 12, 18, y 24 meses.
McCabe. (80)	2015	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical aguda	1 1/2,3, 6, 12 y 18 meses
Nagaveni et al. (114)	2015	1	Periodontitis apical aguda	1, 3, 6, 9 y 12 meses
Nagata et al. (79)	2015	1	Necrosis pulpar- Avulsión dentaria 30 minutos	1, 3, 6, 9, 12 y 16 meses
Nosrat et al. (83)	2015	2	Diente programado para extracción ortodoncia- estudio	4 meses

Sachdeva et al. (65)	2015	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	12 y 36 meses
Wang et al. (115)	2015	2	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	8 y 30 meses
Bukhari et al. (116)	2016	28	Necrosis pulpar	7 y 31 meses
Cho et al. (117)	2016	1	Necrosis pulpar con Absceso apical	3 y 24 meses
El Ashiry et al. (75)	2016	20	Necrosis pulpar con o sin lesión periapical	6, 12 y 24 meses
Estefan et al. (118)	2016	40	Necrosis Pulpar	10 y 12 meses
Farhad et al. (119)	2016	1	Necrosis pulpar con absceso apical agudo	1, 6, 9, 15 y 18 meses
Nagaveni et al. (120)	2016	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	1, 3, 6, 9 y 12 meses
Plascencia et al. (9)	2016	1	Periodontitis apical supurativa	1, 3 y 32 meses
Ray et al. (90)	2016	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical asintomática	12, 24 y 36 meses
Wang et al. (121)	2016	2	Necrosis pulpar con absceso periapical agudo	6, 12 y 17 meses
Žižka et al. (122)	2016	2	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomatológica	3, 6, 9 y 12 meses meses
Zhujiang & Sahng. (123)	2016	1	Necrosis pulpar con periodontitis apical asintomática	1, 6, 12 y 18 meses
Chan et al. (124)	2017	28	Necrosis pulpar	1, 2, 3, 6, 12, 18, 24, y 30 meses
Li et al. (24)	2017	20	Necrosis pulpar con o sin periodontitis apical	3 y 12 meses
Timmerman & Parashos. (125)	2017	1	Periodontitis apical asintomática	12, 24 y 36 meses

Tabla 2. Representación de los resultados de estudios clínicos de revascularización.

En los resultados de la búsqueda bibliográfica en referencia a estudios clínicos de dientes permanentes que presentan ápice abierto tratados con apicoformación y revascularización realizando una comparativa entre las dos terapéuticas, se han encontrado 6 artículos clínicos, entre las variables están año de la publicación, tamaño de la muestra estudiada en cada artículo, diagnóstico del diente tratado con apexificación-revascularización y el tiempo de seguimiento de los pacientes. (Tabla 3)

Autor	Año	Tamaño de la muestra	Diagnóstico	Seguimiento
Jeeruphan et al. (66)	2012	Grupo I: Revascularización: 20 Grupo II: Apexificación hidróxido de calcio: 22 Grupo II: Apexificación con MTA: 19	Necrosis pulpar	12 y 17 meses
Alobaid et al. (126)	2014	Grupo I: Apexificación con hidróxido de calcio: 7 Grupo II: Apexificación con barrera apical de MTA: 5 Grupo II: Revascularización: 19	Necrosis pulpar	17 meses
Nagy et al. (57)	2014	Grupo I: Tapón apical MTA: 12 Grupo II: Revascularización: 12 Grupo III: Revascularización FGF: 12	Necrosis pulpar con o sin periodontitis apical	3,6,12 y 18 meses
Kumar et al. (23)	2014	Grupo I: Revascularización 1 Grupo II: Apexificación hidróxido de calcio con tapón MTA: 1	Pulpa necrótica infectada y absceso apical crónica (Dens invaginatus)	3 y 9 meses
Asgary et al. (127)	2016	Grupo I; Apexificación con hidróxido de calcio: 1 Grupo II: Revascularización: 1	Necrosis pulpar con periodontitis apical sintomática	12, 24 y 36 meses
Silujjai & Linsuwanont. (49)	2017	Grupo I: Revascularización: 17 Grupo II: MTA Apexificación: 26	Necrosis pulpar	6, 12, 24, 36, 48 y 60 meses

Tabla 3. Representación de los resultados de estudios clínicos de apexificación en comparación con revascularización.



DISCUSIÓN



6. Discusión

Apexificación

Bezing et al. (35) realizaron un estudio con puntas de hidróxido de calcio (CHPP) (Roeko, Langenau, Alemania) diseñadas para liberar mencionado medicamento de una matriz de gutapercha como una alternativa a la pasta de Ca (OH) 2 para usarlo como medicación intra-conducto. Dentro de las limitaciones del estudio, CHPP proporciona resultados aceptables en el tratamiento de apexificación y puede ser utilizado con éxito en los casos que se indican apexificación con Ca (OH) 2. Sin embargo, existe solamente un estudio analizado por Öktem et al. (128) en el que se utilizaron puntas de CHPP en un diente con un tiempo de seguimiento de 24 meses en el cual se obtuvo el cierre del ápice del diente tratado. Debido a esto los dos autores citados anteriormente Bezing et al. (35) y Öktem et al. (128) refieren que se necesita estudios clínicos con un mayor tamaño de muestra y un tiempo de seguimiento más extenso.

Varios estudios clínicos (6,33,52,95,97) refieren que el MTA proporciona una alternativa viable para lograr el cierre de raíz en los dientes inmaduros o la fractura de la raíz, incluso en casos con un ápice abierto. El tiempo necesario para la formación de la barrera es significativamente menor en los dientes tratados con MTA en comparación con dientes tratados con hidróxido de calcio. Existe actualmente un estudio realizado por Mente et al. (96) en el cual presenta el número de muestra más grande tratado con apexificación 252 muestras y con un periodo de seguimiento de 10 años, el que concluye que las tasas de éxito de los dientes con ápices abiertos reportados en este estudio de cohorte sugieren que la colocación de tapones apicales con MTA es una opción de tratamiento adecuada para los dientes con ápice abierto. La presencia de periodontitis apical preoperatorio fue identificada como el factor pronóstico más importante, las tasas de éxito se mantiene constantemente alta, incluso después de períodos de seguimiento de más de 4 años.

Chan et al. (7) estudiaron si el MTA favorece la apexificación y la cicatrización periapical incluso cuando una cantidad considerable de este material ha sido extruida inadvertidamente. Aunque se reconoce que la extrusión de MTA a través de un ápice abierto no es un percance común durante el procedimiento de apexificación, el



material extruido no afecta negativamente a la cicatrización de los tejidos periapicales, como se verifica en el presente estudio con observaciones clínicas y radiográficas con un seguimiento de los casos de 36-54 meses; Nosrat et al. (129) analizaron si después de la extrusión de MTA en los tejidos perirradiculares, la cicatrización ósea y la reabsorción de MTA puede ocurrir, o puede permanecer sin activar y afectar el proceso de curación. La irritación física de la mucosa oral después de la extrusión de MTA es otra posibilidad cuando el material endodóncico queda intercalado entre el hueso y la mucosa, por lo que se puede acotar que el resultado del tratamiento después de la extrusión de MTA en los tejidos perirradiculares es impredecible.

Entre los estudios actuales utilizando MTA para realizar la apexificación mediante barrera apical, tenemos el estudio realizado por Yadav et al. (54) los cuales analizaron la apexificación en una visita mediante la colocación de un tapón apical de fibrina rica en plaquetas (PRF) y MTA, en el cual PRF fue utilizado como matriz apical y posterior colocación del MTA, ya que la fibrina rica en plaquetas tiene varias ventajas, incluyendo la facilidad de preparación y la falta de manipulación bioquímica de la sangre, lo que hace esta preparación estrictamente autólogo. PRF también se asocia con aumento lento y continuo en los niveles de citoquinas. Leucocitos en la PRF actúan como anti-inflamatorio, un agente anti-infeccioso, el regulador de la respuesta inmune y proporcionar el factor de crecimiento endotelio vascular para promover la angiogénesis. Un tapón apical de MTA en los últimos 5 mm del canal se utiliza en el presente caso, ya que evita el riesgo de fractura durante apexificación hidróxido de calcio tradicional (17,46,47), lo que permite que este nuevo protocolo con PRF y MTA sea un procedimiento clínico predecible y reproducible.

Existe una evolución en los materiales endodóncicos para realizar apexificación a través de una barrera apical y entre ellos tenemos al cemento reparador Biodentine el cual está presentando resultados clínicos y radiográficos favorables, que puede ser una alternativa eficaz al realizar una apicoformación (39,61).



Revascularización

En referencia a la revascularización existen diversos estudios en el que describen que la terapia regenerativa permite el desarrollo continuo de las raíces en dientes con pulpa necrótica, periodontitis apical, luxación dental grave, avulsión dentaria, dens invaginatus con patología pulpar o periodontal, presentando este tratamiento un pronóstico a largo plazo, así como excelentes tasas de supervivencia global y el éxito en el desarrollo radicular. Entre las desventajas del tratamiento de revascularización en la que todos los estudios clínicos coinciden es la decoloración del diente que en algunos casos es por la triple pasta antibiótica, pero en el caso que se utilizó una pasta bi-antibiótica pero de igual manera produce una decoloración, se adjudica el problema estético al MTA cuando toma contacto con la sangre (9,11,17,24,46,67,74,75,79–84,88,91,98,100–102,104,105,108,109,111–113,115–117,121–125,130).

Nosrat et al.(69) hablaron sobre el cambio de la Tetraciclina por Amoxicilina y Ácido Clavulánico que produce niveles más satisfactorios tanto en el desarrollo radicular como en el aspecto estético ya que no produce decoloración y existen un resultado tanto clínico como radiográfico satisfactorio. Además, que entre más joven sea el paciente mejor pronostico tiene el diente a tratarse para que se produzca un desarrollo radicular normal(118).

Soares et al. (106) realizaron un cambio en el protocolo de la revascularización y aplicaron clorhexidina en gel al 2% como remplazo al NaOCl₂ y los resultados del estudio fueron exitosos.

Farhad et al. (119) mediante la investigación clínica concluyeron que el procedimiento de regeneración pulpar se puede considerar un éxito clínico pero una falla biológica; lo cual fue contrastado en un estudio realizado por Shimizu et al. (85) en el que se realizó un tratamiento de revascularización, pero debido a una fractura alveolo dentaria el diente tratado fue sometido a exodoncia y posteriormente a un estudio histológico, el resultado del estudio histológico refiere que existe una similitud en el tejido neoformado del diente tratado con revascularización a comparación de una pulpa sana. Existen dos estudios clínicos que los pacientes fueron sometidos a tratamiento endodóncico regenerativo, los pacientes al acudir a sus citas de seguimiento presentaron respuesta positiva a pruebas de sensibilidad pulpar después



de la terapia endodoncia regenerativa existiendo un éxito tanto clínico como biológico (82,98).

En la actualidad existe cambios en el protocolo en la endodoncia regenerativa, entre los cambios tenemos la utilización de concentrado de plasma rico en plaquetas (CPRP) el cual resulta ser útil como un andamiaje para la revascularización en el éxito del tratamiento de una lesión periapical, en dientes con ápices abiertos (65,99,110). Otras investigaciones refieren el cambio de protocolo en vez de utilizar como andamio el (CPRP) en sus estudios, utilizan fibrina rica en plaquetas (PRF) como un andamio autólogo para la revascularización de la pulpa. Los resultados de la investigación han demostrado que la PRF es rico en factores de crecimiento, lo que aumenta la proliferación celular, la diferenciación y la angiogénesis, permitiendo la liberación lenta y continua de factores de crecimiento para la revascularización y regula las reacciones inflamatorias (90,103). Nagaveni et al. (114) realizó una investigación clínica en el cual comparaban como andamiaje ideal para la revascularización, PRP vs PRF en el cual concluyeron que PRF es un potencial material de andamio válido que regenerar el tejido en dientes necróticos inmaduros. En otro estudio realizado por el mismo autor refiere que se necesita un estudio con un mayor tamaño de muestra y un tiempo de seguimiento a largo plazo, ya que los resultados de su estudio con un seguimiento de 12 meses en el que se realizaron estudios clínicos y radiográficos, refieren que la PRF es potencialmente un material de andamio ideal para la regeneración del complejo pulpo-dentinario en dientes permanentes inmaduros no vitales (120).

Existen algunos estudios clínicos en el cual dientes con ápice abierto que presentan afectación pulpar o periodontal al aplicar la técnica de revascularización presentan regresión de los signos y síntomas, pero no presentan el engrosamiento de las paredes del conducto o el desarrollo continuo de la raíz (68,76). En otros estudios (86,87) no se presentó el desarrollo radicular y comenzó a desarrollar movilidad dentaria que a posterior provocaría exodoncia del diente tratado.

Lin et al (86) refiere en su investigación como un factor determinante en el fracaso en la terapia de endodoncia regenerativa la desinfección inadecuada de conducto dental.



Apexificación versus revascularización

La revascularización se asocia con incrementos significativamente mayores en la longitud y grosor de las raíces en comparación con la apexificación mediante hidróxido de calcio o por medio de una barrera apical mediante MTA, que permiten el cierre del ápice del diente tratado, pero no el desarrollo de la raíz y peor aún el engrosamiento de las paredes, por lo cual la revascularización presenta excelentes tasas de permanencia del diente en boca. (23,57,66)

Otros autores (49,126) refieren que la revascularización no fue superior a otras técnicas de apexificación en los resultados clínicos o radiográficos.



CONCLUSIONES



7. Conclusiones

- La apexificación mediante hidróxido de calcio se viene aplicando desde hace muchos años atrás hasta la actualidad como una terapia válida para realizar un tratamiento de apexificación.
- La barrera de MTA como tratamiento de apexificación es una técnica que se aplica como sustitución a la apexificación mediante hidróxido de calcio, dicha técnica no se requiere de varias citas y la conformación de la barrera no necesita de un factor externo para que se desarrolle, como es en el caso de la apexificación con hidróxido de calcio como también en la revascularización.
- La revascularización a diferencia de las demás terapias de desarrollo radicular o barrera apical, es la única terapia en la cual el interior del conducto radicular no estará relleno de materiales endodóncicos sino de tejido regenerativo que permitirá el desarrollo radicular, y debido al contenido regenerativo que se presenta en el interior del conducto se podría presentar una respuesta positiva a estímulos.
- Se necesita nuevos estudios con un tamaño de muestra más grande y un tiempo de seguimiento de varios años que tengan un protocolo en la terapéutica de los dientes a tratarse, para poder afirmar que la terapia regenerativa es lo que se debe aplicar en la actualidad, debido a sus resultados clínicos y biológicos.



BIBLIOGRAFÍA

8. Bibliografía

1. Lauridsen E, Hermann NV, Gerds TA, Kreiborg S, Andreasen JO. Pattern of traumatic dental injuries in the permanent dentition among children, adolescents, and adults. *Dent Traumatol*. Blackwell Publishing Ltd; 2012 Oct;28(5):358–63.
2. Shabahang S. Treatment options: apexogenesis and apexification. *Pediatr Dent*. 35(2):125–8.
3. Nicoloso GF, Pötter IG, Rocha R de O, Montagner F, Casagrande L. A comparative evaluation of endodontic treatments for immature necrotic permanent teeth based on clinical and radiographic outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent*. 2017 May;27(3):217–27.
4. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol*. Blackwell Science, Ltd; 2002 Jun;18(3):134–7.
5. Purra, Ahangar FA, Chadgal S, Farooq R. Mineral trioxide aggregate apexification: A novel approach. *J Conserv Dent*. Medknow Publications and Media Pvt. Ltd.; 2016;19(4):377.
6. Pace R, Giuliani V, Nieri M, Di Nasso L, Pagavino G. Mineral Trioxide Aggregate as Apical Plug in Teeth with Necrotic Pulp and Immature Apices: A 10-year Case Series. *J Endod*. 2014 Aug;40(8):1250–4.
7. Chang S-W, Oh T-S, Lee W, Shun-Pan Cheung G, Kim H-C. Long-term observation of the mineral trioxide aggregate extrusion into the periapical lesion: a case series. *Int J Oral Sci*. 2013 Apr 5;5(1):54–7.
8. Wigler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N, Hazan-Molina H, Torneck CD. Revascularization: A Treatment for Permanent Teeth with Necrotic Pulp and Incomplete Root Development. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):319–26.
9. Plascencia H, Cruz Á, Díaz M, Jiménez AL, Solís R, Bernal C. Root Canal Filling after Revascularization/Revitalization. *J Clin Pediatr Dent*. *Clinical Pediatric Dentistry* ; 2016 Dec;40(6):445–9.
10. Proc P, Lasociński J. Evaluation of pulp vitality in maxillary incisors traumatically intruded into the alveolar bone and treated with surgical repositioning – report of cases. *J Stomatol (Czasopismo Stomatol)*. 2014 Jan 1;67(1):83–98.
11. Chen MY, Chen KL, Chen CA, Tayebaty F, Rosenberg PA, Lin LM. Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. *Int Endod J*. Blackwell Publishing Ltd; 2012 Mar;45(3):294–305.
12. Bender IB. Pulpal pain diagnosis--a review. *J Endod*. 2000 Mar;26(3):175–9.
13. Bin C V., Valera MC, Camargo SEA, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, et al. Cytotoxicity and Genotoxicity of Root Canal Sealers Based on Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. Elsevier; 2012 Apr;38(4):495–500.
14. Larsen T, Fiehn N-E. Dental biofilm infections - an update. *APMIS*. 2017 Apr;125(4):376–84.
15. Koopaei MM, Inglehart MR, McDonald N, Fontana M. General dentists', pediatric dentists', and endodontists' diagnostic assessment and treatment strategies for deep carious lesions. *J Am Dent Assoc*. 2017 Feb;148(2):64–74.
16. Moule A, Moule C. The endodontic management of traumatized permanent anterior teeth: a review. *Aust Dent J*. Blackwell Publishing Ltd; 2007 Mar;52(s1):S122–37.
17. Chen X, Bao Z-F, Liu Y, Liu M, Jin X-Q, Xu X-B. Regenerative Endodontic Treatment of an Immature Permanent Tooth at an Early Stage of Root Development: A Case Report. *J Endod*. 2013 May;39(5):719–22.
18. Basha S, Noor Mohammad R, Shivalinga Swamy H. Incidence of dental trauma among obese adolescents - a 3-year-prospective study. *Dent Traumatol*. 2015 Apr;31(2):125–9.
19. Gerds TA, Lauridsen E, Ahrensburg SS, Andreasen JO. The dental trauma internet calculator. *Dent Traumatol*. 2012 Oct;28(5):351–7.
20. DiAngelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol*. Blackwell Publishing Ltd; 2012 Feb;28(1):2–12.
21. Snäll J, Kormi E, Lindqvist C, Suominen A-L, Koivusalo A-M, Törnwall J, et al. Pulp necrosis of teeth retained at the mandibular fracture site and the effect of dexamethasone on its occurrence. *Dent Traumatol*.



- 2015 Apr;31(2):136–9.
22. Gallacher A, Ali R, Bhakta S. Dens invaginatus: diagnosis and management strategies. *Br Dent J. Nature Publishing Group*; 2016 Oct 7;221(7):383–7.
 23. Kumar H, Al-Ali M, Parashos P, Manton DJ. Management of 2 Teeth Diagnosed with Dens Invaginatus with Regenerative Endodontics and Apexification in the Same Patient: A Case Report and Review. *J Endod.* 2014 May;40(5):725–31.
 24. Li L, Pan Y, Mei L, Li J. Clinical and Radiographic Outcomes in Immature Permanent Necrotic Evaginated Teeth Treated with Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod.* 2017 Feb;43(2):246–51.
 25. Kaneko T, Sakaue H, Okiji T, Suda H. Clinical management of dens invaginatus in a maxillary lateral incisor with the aid of cone-beam computed tomography - a case report. *Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd*; 2011 Dec;27(6):478–83.
 26. Nallapati S. Clinical Management of a Maxillary Lateral Incisor With Vital Pulp and Type 3 Dens Invaginatus: A Case Report. Vol. 30, *Journal of Endodontics*. 2004.
 27. Thomas MS. Dens evaginatus as a possible cause for pulpal complications. Vol. 11, *Journal of Dental Sciences*. 2016.
 28. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB. Treatment Options: Biological Basis of Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):S30–43.
 29. Chen S-J, Chen L-P. Radiographic outcome of necrotic immature teeth treated with two endodontic techniques: A retrospective analysis. *Biomed J.* 2016 Oct;39(5):366–71.
 30. Diogo P, Fernandes C, Caramelo F, Mota M, Miranda IM, Faustino MAF, et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy against Endodontic *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Mono and Mixed Biofilms in the Presence of Photosensitizers: A Comparative Study with Classical Endodontic Irrigants. *Front Microbiol.* 2017 Mar 30;8:498.
 31. Morse DR, Yesilsoy C, O'Larnic J, Simons J. Management of teeth with open apices and necrotic pulps: representative cases. *Compendium.* 1990 Sep;11(9):555, 558–62.
 32. Morse DR, O'Larnic J, Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. *Quintessence Int.* 1990 Jul;21(7):589–98.
 33. Damle SG, Bhattal H, Loomba A. Apexification of anterior teeth: a comparative evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide paste. *J Clin Pediatr Dent.* 2012;36(3):263–8.
 34. Silveira CMM, Sebrão CCN, Vilanova LSR, Sánchez-Ayala A. Apexification of an Immature Permanent Incisor with the Use of Calcium Hydroxide: 16-Year Follow-Up of a Case. *Case Rep Dent.* 2015;2015:1–6.
 35. Bezgin T, Sönmez H, Orhan K, Özalp N. Comparative evaluation of Ca(OH)₂ plus points and Ca(OH)₂ paste in apexification. *Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd*; 2012 Dec;28(6):488–95.
 36. Yassen GH, Chin J, Mohammedsharif AG, Alsoufy SS, Othman SS, Eckert G. The effect of frequency of calcium hydroxide dressing change and various pre- and inter-operative factors on the endodontic treatment of traumatized immature permanent incisors. *Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd*; 2012 Aug;28(4):296–301.
 37. Soares J, Santos S, Csar C, Silva P, S M, Silveira F, et al. Calcium hydroxide induced apexification with apical root development: a clinical case report. *Int Endod J.* 2008 Aug;41(8):710–9.
 38. Chrepa V, Pitcher B, Henry MA, Diogenes A. Survival of the Apical Papilla and Its Resident Stem Cells in a Case of Advanced Pulpal Necrosis and Apical Periodontitis. *J Endod.* 2017 Feb;
 39. Martens L, Rajasekharan S, Cauwels R. Endodontic treatment of trauma-induced necrotic immature teeth using a tricalcium silicate-based bioactive cement. A report of 3 cases with 24-month follow-up. *Eur J Paediatr Dent.* 2016 Mar;17(1):24–8.
 40. Iwaya S, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with periradicular abscess after luxation. *Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd*; 2011 Feb;27(1):55–8.
 41. Law AS. Considerations for Regeneration Procedures. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):S44–56.
 42. Sridhar N, Tandon S. Continued root-end growth and apexification using a calcium hydroxide and iodoform paste (Metapex®): three case reports. *J Contemp Dent Pract.* 2010 Oct 14;11(5):063–70.
 43. Harlamb S. Management of incompletely developed teeth requiring root canal treatment. *Aust Dent J.* 2016



- Mar;61:95–106.
44. Çiçek E, Bodrumlu E. Power Hydrogen Evaluation of Apexification Materials: EndoCal 10, Mineral Trioxide Aggregate and Calasept Plus. *J Contemp Dent Pract.* 2015 Jun 1;16(6):463–7.
 45. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2011 Aug;44(8):697–730.
 46. McTigue DJ, Subramanian K, Kumar A. Case series: management of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *Pediatr Dent.* 35(1):55–60.
 47. Valera MC, Albuquerque MTP, Yamasaki MC, Vassallo FNS, da Silva DAESA, Nagata JY. Fracture resistance of weakened bovine teeth after long-term use of calcium hydroxide. *Dent Traumatol.* 2015 Oct;31(5):385–9.
 48. Ghosh S, Mazumdar D, Ray PK, Bhattacharya B. Comparative evaluation of different forms of calcium hydroxide in apexification. *Contemp Clin Dent.* 2014 Jan;5(1):6–12.
 49. Silujjai J, Linsuwanont P. Treatment Outcomes of Apexification or Revascularization in Nonvital Immature Permanent Teeth: A Retrospective Study. *J Endod.* 2017 Feb;43(2):238–45.
 50. Gandolfi MG, Iezzi G, Piattelli A, Prati C, Scarano A. Osteoinductive potential and bone-bonding ability of ProRoot MTA, MTA Plus and Biodentine in rabbit intramedullary model: Microchemical characterization and histological analysis. *Dent Mater.* 2017 Feb 20;
 51. Beslot-Neveu A, Bonte E, Baune B, Serreau R, Aissat F, Quinquis L, et al. Mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide in apexification of non vital immature teeth: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials. BioMed Central;* 2011 Jul 13;12:174.
 52. Park M, Ahn BD. Immature permanent teeth with apical periodontitis and abscess treated by regenerative endodontic treatment using calcium hydroxide and MTA: a report of two cases. *Pediatr Dent.* 36(3):107–10.
 53. SOUZA LC de, YADLAPATI M, DORN SO, SILVA R, LETRA A. Analysis of radiopacity, pH and cytotoxicity of a new bioceramic material. *J Appl Oral Sci.* 2015 Aug;23(4):383–9.
 54. Yadav P, Pruthi PJ, Naval RR, Talwar S, Verma M. Novel use of platelet-rich fibrin matrix and MTA as an apical barrier in the management of a failed revascularization case. *Dent Traumatol.* 2015 Aug;31(4):328–31.
 55. Evren O, Altunsoy M, Tanriver M, Capar I, Kalkan A, Gok T. Fracture resistance of simulated immature teeth after apexification with calcium silicate-based materials. *Eur J Dent.* 2016;10(2):188.
 56. Tanalp J, Karapinar-Kazandag M, Ersev H, Bayirli G. The status of mineral trioxide aggregate in endodontics education in dental schools in Turkey. *J Dent Educ.* 2012 Jun;76(6):752–8.
 57. Nagy MM, Tawfik HE, Hashem AAR, Abu-Seida AM. Regenerative Potential of Immature Permanent Teeth with Necrotic Pulp after Different Regenerative Protocols. *J Endod.* 2014 Feb;40(2):192–8.
 58. Damle SG, Bhattal H, Damle D, Dhindsa A, Loomba A, Singla S. Clinical and radiographic assessment of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide as apexification agents in traumatized young permanent anterior teeth: A comparative study. *Dent Res J (Isfahan).* 13(3):284–91.
 59. Tate AR. Calcium Hydroxide or Mineral Trioxide Aggregate may be Used for the Apexification of Immature Teeth. *J Evid Based Dent Pract.* 2012 Mar;12(1):24–5.
 60. Garcia-Godoy F, Murray PE. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dent Traumatol.* Blackwell Publishing Ltd; 2012 Feb;28(1):33–41.
 61. Vidal K, Martin G, Lozano O, Salas M, Trigueros J, Aguilar G. Apical Closure in Apexification: A Review and Case Report of Apexification Treatment of an Immature Permanent Tooth with Biodentine. Vol. 42, *Journal of Endodontics.* 2016.
 62. Niranjana B, Shashikiran ND, Dubey A, Singla S, Gupta N. Biodentine-A New Novel Bio-Inductive Material For Treatment of Traumatically Injured Tooth (Single Visit Apexification). *J Clin Diagn Res. JCDR Research & Publications Private Limited;* 2016 Sep;10(9):ZJ03-ZJ04.
 63. Bajwa NK, Jingarwar MM, Pathak A. Single Visit Apexification Procedure of a Traumatically Injured Tooth with a Novel Bioinductive Material (Biodentine). *Int J Clin Pediatr Dent.* Jaypee Brothers Medical Publishing (P) Ltd.; 2015;8(1):58–61.
 64. Saoud TM, Martin G, Chen Y-HM, Chen K-L, Chen C-A, Songtrakul K, et al. Treatment of Mature



- Permanent Teeth with Necrotic Pulps and Apical Periodontitis Using Regenerative Endodontic Procedures: A Case Series. *J Endod.* 2016 Jan;42(1):57–65.
65. Sachdeva GS, Sachdeva LT, Goel M, Bala S. Regenerative endodontic treatment of an immature tooth with a necrotic pulp and apical periodontitis using platelet-rich plasma (PRP) and mineral trioxide aggregate (MTA): a case report. *Int Endod J.* 2015 Sep;48(9):902–10.
 66. Jeeruphan T, Jantarat J, Yanpiset K, Suwannapan L, Khewsawai P, Hargreaves KM. 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 Oct;38(10):1330–6.
 67. Nagata JY, Figueiredo de Almeida Gomes BP, Rocha Lima TF, Murakami LS, de Faria DE, Campos GR, et al. Traumatized Immature Teeth Treated with 2 Protocols of Pulp Revascularization. *J Endod.* 2014 May;40(5):606–12.
 68. Saoud TMA, Sigurdsson A, Rosenberg PA, Lin LM, Ricucci D. Treatment of a Large Cystlike Inflammatory Periapical Lesion Associated with Mature Necrotic Teeth Using Regenerative Endodontic Therapy. *J Endod.* 2014 Dec;40(12):2081–6.
 69. Nosrat A, Li KL, Vir K, Hicks ML, Fouad AF. Is Pulp Regeneration Necessary for Root Maturation? *J Endod.* 2013 Oct;39(10):1291–5.
 70. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A. Evaluation of the Delivery of Mesenchymal Stem Cells into the Root Canal Space of Necrotic Immature Teeth after Clinical Regenerative Endodontic Procedure. *J Endod.* 2011 Feb;37(2):133–8.
 71. Žižka R, Šedý J. Paradigm Shift from Stem Cells to Cell-Free Regenerative Endodontic Procedures: A Critical Review. *Stem Cells Dev.* 2017 Feb 1;26(3):147–53.
 72. Khayat A, Monteiro N, Smith EE, Pagni S, Zhang W, Khademhosseini A, et al. GelMA-Encapsulated hDPSCs and HUVECs for Dental Pulp Regeneration. *J Dent Res.* 2017 Feb;96(2):192–9.
 73. Palit Madhu Chanda, Hegde KS, Bhat SS, Sargod SS, Mantha S, Chattopadhyay S. Tissue engineering in endodontics: root canal revascularization. *J Clin Pediatr Dent.* 2014;38(4):291–7.
 74. Yang J, Yuan G, Chen Z. Pulp Regeneration: Current Approaches and Future Challenges. *Front Physiol.* 2016 Mar 7;7:58.
 75. El Ashiry EA, Farsi NM, Abuzeid ST, El Ashiry MM, Bahammam HA. Dental Pulp Revascularization of Necrotic Permanent Teeth with Immature Apices. *J Clin Pediatr Dent. Clinical Pediatric Dentistry* ; 2016 Nov;40(5):361–6.
 76. Nosrat A, Homayounfar 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 Oct;38(10):1428–34.
 77. Ducret M, Fabre H, Celle A, Mallein-Gerin F, Perrier-Groult E, Alliot-Licht B, et al. Current challenges in human tooth revitalization. Stoltz J-F, Magdalou J, Bensoussan D, editors. *Biomed Mater Eng.* 2017 Mar 30;28(s1):S159–68.
 78. Yassen GH, Vail MM, Chu TG, Platt JA. The effect of medicaments used in endodontic regeneration on root fracture and microhardness of radicular dentine. *Int Endod J.* 2013 Jul;46(7):688–95.
 79. Nagata J, Rocha-Lima T, Gomes B, Ferraz C, Zaia A, Souza-Filho F, et al. Pulp revascularization for immature replanted teeth: a case report. *Aust Dent J.* 2015 Sep;60(3):416–20.
 80. McCabe P. Revascularization of an immature tooth with apical periodontitis using a single visit protocol: a case report. *Int Endod J.* 2015 May;48(5):484–97.
 81. Dabbagh B, Alvaro E, Vu D-D, Rizkallah J, Schwartz S. Clinical complications in the revascularization of immature necrotic permanent teeth. *Pediatr Dent.* 34(5):414–7.
 82. Lei L, Chen Y, Zhou R, Huang X, Cai Z. Histologic and Immunohistochemical Findings of a Human Immature Permanent Tooth with Apical Periodontitis after Regenerative Endodontic Treatment. *J Endod.* 2015;41(7):1172–9.
 83. Nosrat A, Kolahdouzan A, Hosseini F, Mehrizi EA, Verma P, Torabinejad M. Histologic Outcomes of Uninfected Human Immature Teeth Treated with Regenerative Endodontics: 2 Case Reports. *J Endod.* 2015;41(10):1725–9.
 84. Shimizu E, Ricucci D, Albert J, Alobaid AS, Gibbs JL, Huang GT-J, et al. Clinical, Radiographic, and Histological Observation of a Human Immature Permanent Tooth with Chronic Apical Abscess after



- Revitalization Treatment. Vol. 39, Journal of Endodontics. 2013.
85. Shimizu E, Jong G, Partridge N, Rosenberg PA, Lin LM. Histologic Observation of a Human Immature Permanent Tooth with Irreversible Pulpitis after Revascularization/Regeneration Procedure. Vol. 38, Journal of Endodontics. 2012.
 86. Lin LM, Shimizu E, Gibbs JL, Loghin S, Ricucci D. Histologic and Histobacteriologic Observations of Failed Revascularization/Revitalization Therapy: A Case Report. Vol. 40, Journal of Endodontics. 2014.
 87. Martin G, Ricucci D, Gibbs JL, Lin LM. Histological Findings of Revascularized/Revitalized Immature Permanent Molar with Apical Periodontitis Using Platelet-rich Plasma. Vol. 39, Journal of Endodontics. 2013.
 88. Kottoor J, Velmurugan N. Revascularization for a necrotic immature permanent lateral incisor: a case report and literature review. *Int J Paediatr Dent.* 2013 Jul;23(4):310–6.
 89. Akcay M, Arslan H, Yasa B, Kavrik F, Yasa E. Spectrophotometric Analysis of Crown Discoloration Induced by Various Antibiotic Pastes Used in Revascularization. *J Endod.* 2014 Jun;40(6):845–8.
 90. Ray HL, Marcelino J, Braga R, Horwat R, Lisien M, Khaliq S. Long-term follow up of revascularization using platelet-rich fibrin. *Dent Traumatol.* 2016 Feb;32(1):80–4.
 91. Kahler B, Mistry S, Moule A, Ringsmuth AK, Case P, Thomson A, et al. Revascularization Outcomes: A Prospective Analysis of 16 Consecutive Cases. *J Endod.* 2014;40(3):333–8.
 92. Alagl A, Bedi S, Hassan K, AlHumaid J. Use of platelet-rich plasma for regeneration in non-vital immature permanent teeth: Clinical and cone-beam computed tomography evaluation. *J Int Med Res.* 2017 Apr;45(2):583–93.
 93. Corbella S, Ferrara G, El Kabbaney A, Taschieri S. Apexification, apexogenesis and regenerative endodontic procedures: a review of the literature. *Minerva Stomatol.* 63(11–12):375–89.
 94. Huang GT-J. Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J.* 2009 Oct;42(10):855–66.
 95. Albadri S, Chau YS, Jarad F. The use of mineral trioxide aggregate to achieve root end closure: three case reports. *Dent Traumatol.* Blackwell Publishing Ltd; 2013 Dec;29(6):469–73.
 96. Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J, et al. Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate in Open Apex Teeth. *J Endod.* 2013;39(1):20–6.
 97. Bonte E, Beslot A, Boukpepsi T, Lasfargues J-J. MTA versus Ca(OH)₂ in apexification of non-vital immature permanent teeth: a randomized clinical trial comparison. *Clin Oral Investig.* Springer Berlin Heidelberg; 2015 Jul 3;19(6):1381–8.
 98. Cehreli ZC, Sara S, Aksoy B. Revascularization of immature permanent incisors after severe extrusive luxation injury. *J Can Dent Assoc.* 2012;78:c4.
 99. Jadhav G, Shah N, Logani A. Revascularization with and without Platelet-rich Plasma in Nonvital, Immature, Anterior Teeth: A Pilot Clinical Study. *J Endod.* 2012;38(12):1581–7.
 100. Kim D-S, Park H-J, Yeom J-H, Seo J-S, Ryu G-J, Park K-H, et al. Long-term follow-ups of revascularized immature necrotic teeth: three case reports. *Int J Oral Sci.* Nature Publishing Group; 2012 Jun 25;4(2):109–13.
 101. Lenzi R, Trope M. Revitalization Procedures in Two Traumatized Incisors with Different Biological Outcomes. Vol. 38, Journal of Endodontics. 2012.
 102. Narayana P, Hartwell GR, Wallace R, Nair UP. Endodontic Clinical Management of a Dens Invaginatus Case by Using a Unique Treatment Approach: A Case Report. Vol. 38, Journal of Endodontics. 2012.
 103. Keswani D, Pandey RK. Revascularization of an immature tooth with a necrotic pulp using platelet-rich fibrin: a case report. *Int Endod J.* 2013 Apr;46(11):n/a-n/a.
 104. Noy AF, Nuni E, Moskovitz M. Regenerative Endodontic Treatment of an Immature Permanent Canine Following Infant Oral Mutilation. *American Academy of Pediatric Dentistry;*
 105. Paryani K, Kim SG. Regenerative Endodontic Treatment of Permanent Teeth after Completion of Root Development: A Report of 2 Cases. Vol. 39, Journal of Endodontics. 2013.
 106. Soares A de J, Lins FF, Nagata JY, Gomes BPF de A, Zaia AA, Ferraz CCR, et al. Pulp Revascularization after Root Canal Decontamination with Calcium Hydroxide and 2% Chlorhexidine Gel. Vol. 39, Journal of Endodontics. 2013.



107. Sönmez IS, Akbay Oba A, Erkmen Almaz M. Revascularization/Regeneration performed in immature molars: case reports. *J Clin Pediatr Dent.* 2013;37(3):231–4.
108. Yang J, Zhao Y, Qin M, Ge L. Pulp Revascularization of Immature Dens Invaginatus with Periapical Periodontitis. Vol. 39, *Journal of Endodontics.* 2013.
109. Becerra P, Ricucci D, Loghin S, Gibbs JL, Lin LM. Histologic Study of a Human Immature Permanent Premolar with Chronic Apical Abscess after Revascularization/Revitalization. Vol. 40, *Journal of Endodontics.* 2014.
110. Bezgin T, Yılmaz AD, Çelik BN, Sönmez H. Concentrated platelet-rich plasma used in root canal revascularization: 2 case reports. *Int Endod J.* 2014 Jan;47(1):41–9.
111. Cantekin K, Herdem G, Peduk K. Revascularization in an immature necrotic permanent incisor after severe intrusive luxation injury: a case report. *Eur J Paediatr Dent Clin Suppl to.* 15.
112. Chandran V, Chacko V, Sivadas Ijcpd G. Management of a Nonvital Young Permanent Tooth by Pulp Revascularization 1. *Int J Clin Pediatr Dent Int J Clin Pediatr Dent.* 77(33).
113. Saoud TMA, Zaazou A, Nabil A, Moussa S, Lin LM, Gibbs JL. Clinical and Radiographic Outcomes of Traumatized Immature Permanent Necrotic Teeth after Revascularization/Revitalization Therapy. *J Endod.* 2014;40(12):1946–52.
114. Nagaveni NB, Poornima P, Joshi JS, Pathak S, Nandini DB. Revascularization of immature, nonvital permanent tooth using platelet-rich fibrin in children. *Pediatr Dent.* 37(1):1–6.
115. Wang Y, Zhu X, Zhang C. Pulp Revascularization on Permanent Teeth with Open Apices in a Middle-aged Patient. *J Endod.* 2015;41(9):1571–5.
116. Bukhari S, Kohli MR, Setzer F, Karabucak B. Outcome of Revascularization Procedure: A Retrospective Case Series. *J Endod.* 2016;42(12):1752–9.
117. Cho WC, Kim MS, Lee H-S, Choi SC, Nam OH. Pulp revascularization of a severely malformed immature maxillary canine. *J Oral Sci.* 2016;58(2):295–8.
118. Estefan BS, El Batouty KM, Nagy MM, Diogenes A. Influence of Age and Apical Diameter on the Success of Endodontic Regeneration Procedures. *J Endod.* 2016;42(11):1620–5.
119. Farhad AR, Shokrane A, Shekarchizade N. Regeneration or replacement? A case report and review of literature. *Dent Traumatol.* 2016 Feb;32(1):71–9.
120. 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 Jan;40(1):26–30.
121. Wang H-J, Chen Y-HM, Chen K-L. Conservative treatment of immature teeth with apical periodontitis using triple antibiotic paste disinfection. Vol. 11, *Journal of Dental Sciences.* 2016.
122. Žižka R, Buchta T, Voborná I, Harvan L, Šedý J. Root Maturation in Teeth Treated by Unsuccessful Revitalization: 2 Case Reports. *J Endod.* 2016;42(5):724–9.
123. Zhujiang A, Kim SG. Regenerative Endodontic Treatment of an Immature Necrotic Molar with Arrested Root Development by Using Recombinant Human Platelet-derived Growth Factor: A Case Report. *J Endod.* 2016;42(1):72–5.
124. Chan EKM, Desmeules M, Cielecki M, Dabbagh B, Ferraz dos Santos B. Longitudinal Cohort Study of Regenerative Endodontic Treatment for Immature Necrotic Permanent Teeth. *J Endod.* 2017;43(3):395–400.
125. Timmerman A, Parashos P. Delayed Root Development by Displaced Mineral Trioxide Aggregate after Regenerative Endodontics: A Case Report. *J Endod.* 2017;43(2):252–6.
126. Alobaid AS, Cortes LM, Lo J, Nguyen TT, Albert J, Abu-Melha AS, et al. Radiographic and Clinical Outcomes of the Treatment of Immature Permanent Teeth by Revascularization or Apexification: A Pilot Retrospective Cohort Study. *J Endod.* 2014;40(8):1063–70.
127. Asgary S, Fazlyab M, Nosrat A. Regenerative Endodontic Treatment versus Apical Plug in Immature Teeth: Three-Year Follow-Up. *J Clin Pediatr Dent. Clinical Pediatric Dentistry ;* 2016 Nov;40(5):356–60.
128. Öktem ZB, Çetinbaş T, Özer L, Sönmez H. Treatment of aggressive external root resorption with calcium hydroxide medicaments: a case report. *Dent Traumatol. Blackwell Publishing Ltd;* 2009 Oct;25(5):527–31.



129. Nosrat A, Nekoofar MH, Bolhari B, Dummer PMH. Unintentional extrusion of mineral trioxide aggregate: a report of three cases. *Int Endod J.* 2012 Dec;45(12):1165–76.
130. Oba AA, Almaz EM. Revascularization/Regeneration Performed in Immature Molars: Case Reports. *J Clin Pediatr Dent.* 2013;37(3).

Lista de abreviaturas

NaOCl: Hipoclorito de sodio

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético

GP: Gutapercha

CaOH₂: Hidróxido de calcio

MTA: Mineral trióxido agregado

PRP: Plasma rico en plaquetas

PRF: Fibrina rico en plaquetas

CEJ: Unión amelo cementaría

CHPP: Puntas de hidróxido de calcio

FGF: Factor de crecimiento de fibroblastos