



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

**FO**  
FACULTAD DE  
ODONTOLÓGIA



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TRABAJO FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

**APEXIFICACIÓN CON PLUG DE CEMENTO A BASE DE  
SILICATO DE CALCIO.**

ALUMNO: Od. Iztueta Villavicencio Maria Juliana.

DIRECTORA: Od. Esp. Gonzalez Julieta.

MENDOZA, noviembre 2023.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y sobre todo en este camino de formación profesional.

Al Dr. Julio Caram y todo su equipo docente de la Carrera de Especialización en Endodoncia por su apoyo, dedicación y capacidad de formación. En especial a mi directora de trabajo Esp. Od. Julieta González por su ayuda y guía constante para enfrentar cada desafío.

A los amigos que me dio esta especialidad con los cuales compartimos mucho este tiempo, tanto dentro como fuera de la facultad. En especial a mis amigas las angelitas que marcaron un gran momento en mi vida.

A la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo por ser la institución que nos brinda la posibilidad de formación y crecimiento profesional.

## ÍNDICE

Resumen.....	Pág.4
Introducción.....	Pág.5
Desarrollo del caso clínico.....	Pág.17
Discusión.....	Pág.23
Conclusión.....	Pág.30
Referencias bibliográficas.....	Pág.31

## **RESUMEN**

Los dientes con ápice abierto y periodontitis apical presentan múltiples desafíos, especialmente a la hora de desinfectar el espacio del conducto radicular y proporcionar una barrera apical para lograr una obturación óptima del conducto radicular.

La apexificación y la regeneración son intervenciones que se practican habitualmente en tales casos.

En la actualidad encontramos diversas técnicas en casos de apicoformación, es una técnica de regeneración no es apicoformación mediante la utilización de materiales para la estimulación del cierre apical, como son el Hidróxido de calcio, el MTA, los cementos a base de silicato de calcio y el Biodentine.

El propósito de este trabajo fue investigar estudios clínicos relacionados con el tratamiento de apexificación en dientes permanentes jóvenes, señalar los diferentes procedimientos de tratamiento existentes y detectar como estos han ido evolucionando a lo largo del tiempo.

En este trabajo se describe un caso clínico en el que se realizó el procedimiento de apexificación mediante la técnica de plug o barrera apical con cemento a base de silicato de calcio Bio C Repair, se llevó a cabo un seguimiento radiográfico y se recitó a la paciente para los controles correspondientes, pudiendo observar tanto en la radiografía como en el control clínico, la formación de una barrera mineralizada en la región apical y la curación del proceso periapical.

La apexificación ha sido una práctica rutinaria por muchas décadas, y a pesar de que la literatura está repleta de debates, incluidos los métodos de barrera artificial, en el último tiempo no han habido grandes avances para mejorar este procedimiento. Sin embargo, como se refleja en numerosos trabajos de investigación mencionados y en el caso clínico desarrollado, se puede considerar que es un tratamiento oportuno y exitoso, teniendo en cuenta siempre cumplir con las recomendaciones y protocolos propuestos.

## INTRODUCCIÓN

La necrosis pulpar provocada por traumatismos o caries en niños y adolescentes puede dificultar el crecimiento permanente de la raíz del diente, lo que resulta en paredes dentinarias delgadas, ápices abiertos y una relación corono-radicular insuficiente (Kim *et al.*,2018). Según Cvek, la clasificación del desarrollo radicular en un diente permanente necrótico inmaduro puede ser etapa 1, donde está presente menos de la mitad de la formación radicular con ápice abierto; etapa 2 es donde está presente la mitad de la formación de raíces con el ápice abierto; y etapa 3 es cuando están presentes 2/3 del desarrollo radicular con ápice abierto (Cvek,1992).

En las técnicas de obturación convencional de conductos, los dientes permanentes inmaduros con pulpas necróticas son candidatos difíciles y tienen una mayor susceptibilidad a fracturas radiculares después del tratamiento (Trope,2010). Por lo tanto, la intervención temprana en dientes inmaduros y no vitales es fundamental. Sin embargo, es increíblemente desafiante, requiere mucho tiempo y es técnicamente complejo (Duggal *et al.*,2017). La apexificación y la regeneración son intervenciones que se practican habitualmente en tales casos (Lee *et al.*, 2015). La RET (terapia de endodoncia regenerativa) se recomienda en raíces cortas con paredes de canal delgadas, un ápice muy abierto y para dientes que carecen de potencial para la formación de raíces, mientras que la apexificación se realiza en el diente que casi ha completado la formación de la raíz con un ápice abierto (Kim *et al.*,2018).

La apexificación es un método para fomentar el desarrollo de una barrera apical para cerrar el ápice abierto de un diente permanente necrótico inmaduro en el que se pueden colocar materiales de obturación dentro del espacio del conducto radicular (Rafter,2005).

Por el contrario, los RET o procedimientos de endodoncia regenerativa (REPS) son procedimientos de base biológica diseñados para reemplazar estructuras dañadas, como la raíz y la dentina, junto con las células del complejo pulpa-dentina (Murray *et al.*,2007). El objetivo principal de REPS es establecer un ambiente adecuado (microambiente biomimético) en el conducto radicular para facilitar la migración de

las células madre mesenquimales como las células madre osteo/odontoprogenitoras, la regeneración del tejido pulpar y el desarrollo continuo de la raíz.

Los principios básicos que subyacen a ambas intervenciones implican la eliminación de la pulpa necrótica, el desbridamiento del canal y el control de la infección con o sin medicamento antiséptico.

El tiempo total de tratamiento puede variar en la apexificación con visitas múltiples, dependiendo del medicamento utilizado, la presencia inicial de patología periapical (Cvek, 1992), la frecuencia de reemplazo del medicamento (Finucane *et al.*, 1999) y la edad del paciente (Mackie *et al.*, 1988).

Desafortunadamente, las lesiones traumáticas en los dientes permanentes jóvenes no son infrecuentes y se dice que afectan al 30% de los niños (Andreasen, 1994). La mayoría de estos incidentes ocurren antes de que se complete la formación de la raíz (Andreasen, 1972.) y pueden resultar en inflamación pulpar o necrosis. La vaina radicular de Hertwig suele ser sensible al traumatismo, pero debido al grado de vascularización y celularidad en la región apical, la formación de raíces puede continuar incluso en presencia de inflamación pulpar y necrosis (Andreasen, 1967; Pindborg, 1956). Debido al importante papel de la vaina epitelial de Hertwig en el desarrollo continuo de la raíz después de una lesión pulpar, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para mantener su viabilidad. Se piensa que proporcionan una fuente de células indiferenciadas que podrían dar lugar a una mayor formación de tejido duro. También puede proteger contra el crecimiento interno de células del ligamento periodontal en el conducto radicular, lo que daría como resultado la formación de hueso intracanal y la detención del desarrollo radicular (Andreasen, 1992).

Desafortunadamente, no ha sido posible establecer una correlación estrecha entre los resultados de estas pruebas individuales y el diagnóstico histológico (Seltzer *et al.*, 1963; Hyman, 1984), pero se espera que, al combinar los resultados de la historia, el examen y las pruebas de diagnóstico, se pueda realizar una evaluación clínica precisa. En la mayoría de los casos se puede realizar el diagnóstico de vitalidad pulpar. Cuando la pulpa se considera vital, se pueden intentar técnicas de apexogénesis. Una pulpa necrótica condena al diente a la apexificación.

En el pasado, las técnicas para el manejo del ápice abierto en dientes no vitales se limitaban al ajuste personalizado del material de obturación (Stewart, 1963; Friend,

1966), obturaciones en pasta (Friend, 1967) y cirugía apical (Ingle, 1965). Varios autores (Stewart, 1963; Friend, 1966) han descrito el uso de conos de gutapercha hechos a medida, pero esto no es aconsejable ya que la porción apical de la raíz es frecuentemente más ancha que la porción coronal, lo que imposibilita una condensación adecuada de la gutapercha. Un ensanchamiento suficiente del segmento coronal para que su diámetro sea mayor que el de la porción apical debilitaría significativamente la raíz y aumentaría el riesgo de fractura. Las desventajas de la intervención quirúrgica incluyen la dificultad de obtener el sellado apical necesario en el diente joven sin pulpa con sus paredes delgadas, frágiles e irregulares en el ápice de la raíz. Estas paredes pueden romperse durante la retro preparación de la cavidad o la condensación del material de obturación. El ápice abierto o amplio foramen da como resultado un gran volumen de material de obturación y un sellado comprometido. La apicectomía reduce aún más la longitud de la raíz, lo que da como resultado una relación corono-radicular muy desfavorable. El éxito limitado de estos procedimientos resultó en un interés significativo en el fenómeno del desarrollo apical continuo o el establecimiento de una barrera apical, propuesto por primera vez en la década de 1960 (Kaiser, 1964; Frank, 1966). Se han sugerido muchas técnicas para la inducción del cierre apical en dientes despulpados para producir condiciones más favorables para la obturación del conducto radicular convencional.

La mayoría de estas técnicas implican la eliminación del tejido necrótico seguida del desbridamiento del canal y la colocación de un medicamento.

Un objetivo principal en el tratamiento de conducto es reducir los microorganismos intrarradiculares a un nivel por debajo del necesario para inducir o mantener la periodontitis apical (Siqueira, 2008). Un requisito previo esencial es establecer la longitud de trabajo correcta durante la preparación del conducto radicular, ya que no hacerlo puede provocar la extrusión accidental del irrigante, apósito u obturación, inflamación periapical persistente y dolor postoperatorio (Yusuf, 1982; Georgopoulou *et al.*, 1986). La importancia del control de la longitud de trabajo es evidente en estudios epidemiológicos (Sjögren *et al.*, 1990; Ng *et al.*, 2008), y la evidencia histológica confirma que se obtiene una curación óptima cuando hay un contacto mínimo entre el material de obturación del canal y el tejido periapical. (Ricucci *et al.*, 1998).

Un 'ápice abierto' se encuentra como una etapa de desarrollo en la dentición permanente y primaria, como secuela de la muerte pulpar después de un traumatismo o caries, o como resultado de la reabsorción patológica o fisiológica de los dientes primarios debido a la erupción del sucesor permanente (Gutmann *et al.*, 1981). También puede ser iatrogénico, resultado de una sobreinstrumentación o de una resección de la raíz (Bogen *et al.*, 2009). El término ápice abierto se utiliza a menudo para describir un foramen apical excepcionalmente ancho, en el que la preparación de un "stop" apical es difícil, si no imposible, de lograr. La definición de ápice abierto varía según los autores y se refleja en el tamaño mínimo ISO utilizado para describirlo: ISO 40 (Mente *et al.*, 2009), ISO 45 (Van Hassel *et al.*, 1970), ISO 60 (Sarris *et al.*, 2008; ElAyouti *et al.*, 2009), ISO 80 (Friend, 1966; Moore *et al.*, 2011) o ISO 100 (Andreasen *et al.*, 2000). Con estos tamaños, una lima de conducto radicular puede pasar libremente a través del agujero apical y puede haber evidencia radiográfica de ápice abierto (Moore *et al.*, 2011).

Aunque el punto exacto para la terminación del tratamiento de conducto sigue siendo controvertido, existe un acuerdo general de que la constricción apical es apropiada (Sociedad Europea de Endodoncia 2006). Se considera que la constricción apical es la región más estrecha de la porción apical del sistema de conductos radiculares (Dummer *et al.*, 1984). Sin embargo, no siempre está presente en casos de reabsorción radicular asociada con patología pulpar y periapical, o en dientes con ápices abiertos (Friend, 1967; Dummer *et al.*, 1984; Laux *et al.*, 2000). La mayoría de los estudios que han evaluado la anatomía y los diámetros de las constricciones apicales se limitan a los ápices completamente desarrollados de los dientes permanentes, sin establecer condiciones patológicas y con grupos de edad o tamaño de muestra limitados (Kuttler, 1955; Dummer *et al.*, 1984). Hay poca información sobre la anatomía de los ápices incompletos. En un análisis radiográfico de dientes permanentes inmaduros de niños de 7,5 a 15 años, Friend describió tres tipos de ápices abiertos: divergentes, paralelos y ahusados. Afirmó que como el desarrollo de la raíz en el plano labiolingual va por detrás del de la dirección mesiodistal, un ápice paralelo visto en una radiografía parecería más divergente si la imagen pudiera tomarse de manera proximal. Concluyó que es imposible instrumentar completamente la porción apical de estos conductos (Friend, 1967). Otros apoyan esto, quienes sugieren que las dificultades en la

preparación quimiomecánica y el llenado de dichos canales pueden provocar una infección residual (Pinar Erdem *et al.*, 2008). Steiner (Steiner *al.*, 1968) fueron más allá y sugirieron que se debe evitar la instrumentación de la porción apical de estos conductos para evitar el adelgazamiento de sus frágiles paredes dentinarias. Serían suficientes longitudes de trabajo aproximadas determinadas radiográficamente. Se podría confiar más en el uso de apósitos de hidróxido de calcio para desinfectar el canal y prevenir las consecuencias de una instrumentación excesiva de las paredes delgadas de la dentina (Sjögren *et al.*, 1991, Mente *et al.*, 2009). Por lo tanto, existe la necesidad de directrices clínicas para la determinación de la longitud de trabajo en dientes con ápices abiertos.

La Sociedad Europea de Endodoncia (2006) para la determinación de la longitud de trabajo en ápices abiertos recomienda el uso de un localizador de ápice electrónico (EAL) seguido de la confirmación de la longitud del conducto con una radiografía sin distorsiones durante el tratamiento del conducto radicular. Si el instrumento en el canal parece estar a más de 3 mm del ápice radiográfico, es necesario ajustar la longitud de trabajo. Aunque la radiografía es el método principal para seleccionar las longitudes de trabajo durante el tratamiento de dientes con ápices abiertos, informes de casos y ensayos clínicos han informado variaciones en la técnica. Numerosos investigadores recomiendan el método de Ingle (1957), la estimación radiográfica de la longitud de trabajo 1-2 mm por debajo del ápice radiográfico determinado a partir de una radiografía preoperatoria o del sentido táctil (Ingle, 1957; Friend, 1966; Duell, 1973; Gilbert, 1983; Dummer *et al.*, 1984), mientras que Van Hassel y Natkin (1970) instrumentaron el ápice radiográfico durante el tratamiento de dientes permanentes inmaduros con ápices abiertos. Varios informes han mencionado el uso de radiografías para determinar la longitud, pero no dieron más detalles (Frank, 1966; Sarris *et al.*, 2008; Yassen *et al.*, 2012). Whitworth y Nunn (2001) sugirieron preparar los canales 2 a 3 mm menos que la longitud de trabajo estimada obtenida de una radiografía periapical preoperatoria sin distorsiones.

Moore y cols. (2011) informaron que utilizaron radiografías convencionales y un EAL. También se ha sugerido omitir la anestesia local, ya que cualquier sensibilidad o hemorragia puede indicar la necesidad de ajustar la longitud de la lima (Friend, 1966; Duell, 1973).

A pesar de que las radiografías son el método clave para determinar las longitudes de trabajo en la minería, existen varios factores que influyen en su precisión (Andreasen *et al.*,1985; Tidmarsh,1987; Menten *et al.*, 2002).

Las técnicas paralelas producen una determinación de la longitud de los dientes más confiable que el método del ángulo bisectante (Forsberg, 1987). Sin embargo, en un estudio de laboratorio realizado por ElAyouti (ElAyouti *et al.*, 2001), los autores encontraron que longitudes radiográficas de 0 a 2 mm por debajo del ápice radiográfico conducían a posiciones de lima más allá del foramen apical en 22 a 51% de los casos en molares y premolares, pero no en dientes anteriores. En un artículo posterior se recomendó combinar el uso de EAL con radiografías para evitar la sobreinstrumentación (ElAyouti *et al.*,2002). De hecho, el uso de la técnica de paralelismo puede dar como resultado una sobreestimación de hasta un 7,58% de la longitud real del canal (Menten *et al.*,2002); Por lo tanto, con las radiografías, existe la posibilidad de que se produzcan daños involuntarios de sobreinstrumentación.

El ruido anatómico, como la superposición del seno maxilar y el arco cigomático, puede influir en la precisión de la longitud de trabajo, especialmente si se utiliza la técnica del ángulo bisectante (Tamse *et al.*,1980; ElAyouti *et al.*,2001). Además, variables como la forma y orientación del vértice en relación con el haz de rayos X, la variabilidad del observador, la velocidad de la película y las condiciones de visualización, como la presencia de luz extraña, pueden influir en la precisión de la determinación de la longitud de trabajo de la imagen radiográfica. (Olson *et al.*,1991; Stein *et al.*,1992; Sheaffer *et al.*,2003; Orafi *et al.*,2010). Dummer *et al.*, (1984) establece que una combinación de métodos aumenta la precisión de la determinación de la longitud de trabajo.

Varios estudios han investigado otros métodos alternativos de medición de la longitud de trabajo para dientes con ápices abiertos. Baggett (Baggett *et al.*,1996) evaluaron una técnica táctil utilizando puntas de papel y afirmaron que era comparable a la radiografía y que no se veía afectada por el tamaño del ápice o la presencia de patología periapical.

La técnica implicó utilizar una punta de papel de tamaño 30 colocada en el canal y avanzar hasta sentir resistencia. Los autores encontraron que este método era preciso hasta 1 mm de la longitud de diagnóstico radiográfico el 95% de las veces y concluyó

que una radiografía de longitud de trabajo era innecesaria cuando se empleaba este método. Un inconveniente de la técnica es que, si los tejidos blandos periapicales se extienden hacia el interior del canal, podría producirse una subestimación de la longitud de trabajo. En dos de los 35 casos estudiados estaban presentes hasta 3 mm de tejido blando (Baggett *et al.*,1996). Además, existe la posibilidad de que se produzca un sobrellenado cuando el nivel del extremo apical, afectado por la reabsorción patológica, es desigual. Esto puede no ser evidente radiográficamente, especialmente si la cara más corta está en dirección bucolingual. Para superar este problema, ElAyouti *et al.*, (2009) propusieron un método táctil que implica el uso de una lima K de tamaño 25 doblada en la punta, con su orientación marcada con un anillo de silicona. La lima fue doblada para facilitar su uso. Este método puede restringirse a curvaturas de canal relativamente rectas (<10 grados).

Aunque nunca se demostró que fuera precisa para ápices abiertos, la técnica de punta de papel descrita por Rosenberg (2003) para complementar las lecturas iniciales de EAL podría considerarse para la determinación de la longitud de trabajo de ápices abiertos en canales relativamente rectos (10 grados). La técnica se describe de la siguiente manera: dado que el conducto está seco, se coloca una punta de papel inicial a 0,5 mm de la longitud indicada por EAL. Si la punta sale seca, se avanza apicalmente en el canal en pequeños incrementos (0,25 mm) con aumento hasta que se recoja algo de líquido. Se utiliza otra punta de papel justo antes de este punto, y la longitud de trabajo es entonces la longitud máxima a la que se puede colocar una punta en el canal y permanecer seca. Rosenberg advirtió que la punta del papel sólo debe permanecer en contacto breve antes de que se produzca cualquier acción capilar. Un estudio utilizando dientes de estado periapical desconocido validaron este método mediante tomografía microcomputada (Marcos *et al.*,2009). Después de la evaluación de los puntos de papel y la extracción del diente, se colocaron las limas y se obtuvieron imágenes, y se encontró que el método era confiable en conductos rectos.

Tuvo una precisión del 87% dentro de 0,5 mm del agujero apical, con alta repetibilidad. Sin embargo, los sitios prerequisites incluían un canal seco y tejido periapical húmedo.

Según la Asociación Estadounidense de Endodoncistas, la apexificación es un proceso en el que un diente permanente, inmaduro y no vital, ha perdido la capacidad de

desarrollar aún más la raíz, este procedimiento induce el cierre del extremo apical para formar una barrera radicular calcificada en el extremo de la raíz. El hidróxido de calcio como medicamento intracanal se ha utilizado históricamente para inducir la formación de una barrera de tejido duro en el ápice de la raíz con gran éxito. (Kleier *et al.*, 1991 – Erdogan, 1997). El mecanismo de acción de hidróxido de calcio en el tejido apical no se entiende claramente, sin embargo, su actividad antimicrobiana, pH alto o su efecto directo sobre los tejidos blandos apicales y periapicales se ha discutido en la literatura (Anantharaj *et al.*, 2011). El efecto del momento y la frecuencia óptima para cambiar el apósito de hidróxido de calcio, la tasa y calidad de la barrera apical formada es discutible ya que puede variar de cambiarlo cada mes, cada 3 mes, cada 6-8 meses o nunca.

La apexificación con hidróxido de calcio fue una práctica habitual durante muchas décadas para este tipo de piezas dentales (Botero *et al.*, 2017).

Su realización en múltiples citas induce la formación de una barrera apical de tejido duro. Este procedimiento puede emplearse en niños y adultos, pero requiere de múltiples citas y de la colaboración del paciente. El resultado de la formación de una barrera apical no siempre es predecible, puede haber problemas de contaminación y susceptibilidad a microfiltraciones (Juarez *et al.*, 2006).

Otra opción para alcanzar el cierre apical en estas piezas dentarias es realizar la técnica de impresión apical, reblandeciendo la porción terminal de un cono de gran calibre o varios conos enrollados, con disolventes químicos como el xilol o eucalipto, o físicos, como el calor (Dannenberg, 1967). Esta maniobra mejora la calidad del ajuste apical del cono de gutapercha a las paredes del conducto (Bücher *et al.*, 2016).

El cierre apical se produce por la formación de osteocemento o un tejido duro similar (Botero *et al.*, 2017).

Con la aparición de nuevos materiales, distintos autores proponen la técnica de apexificación en una cita, realizando un tapón apical con un material biocerámico en los últimos 5 mm del conducto (Camilleri, 2016; Çiçek *et al.*, 2017).

Los biocerámicos son materiales de reparación. En endodoncia se utilizan para diversos procedimientos como recubrimiento pulpar, apexificación, obturaciones retrógradas y reparación de perforaciones (Flanagan, 2014).

Son biocompatibles, radiopacos, antibacterianos, dimensionalmente estables, fáciles de manipular y no se alteran por la contaminación con sangre. Según los fabricantes proporcionan un buen sellado, fraguan en medio húmedo, poseen buena resistencia a la compresión, baja citotoxicidad, reducen el tiempo del tratamiento, evitan cambios en las propiedades mecánicas de la dentina, y estimulan su reparación (Simon *et al.*, 2007). El primer biocerámico desarrollado fue el Mineral Trióxido Agregado (MTA), que se emplea desde 1993 (Camilleri, 2016), con resultados muy exitosos, porque demostró una tasa de éxito del 97% para los casos de apexificación (Çiçek *et al.*, 2017). Actualmente, surgieron en el mercado nuevos biocerámicos como el EndoSequence Root Repair (EERR). Se presenta en forma de masilla premezclada o como una pasta en una jeringa precargada con puntas de dosificación intraconducto. Fue desarrollado para utilizarse como un sustituto del MTA, ya que posee muchas de sus propiedades, pero tiene la ventaja de que fragua más rápido y su manejo clínico es más sencillo (Mapara *et al.*, 2020). Está compuesto por silicato tricálcico, silicato bicálcico, fosfato de calcio, óxido de tantalio y óxido de circonio (AlAnezi *et al.*, 2010). La masilla biocerámica absorbe la humedad y el agua del medio ambiente, iniciando la hidratación del silicato tricálcico y silicato bicálcico, lo que produce silicato de calcio hidrogel e hidróxido de calcio, el cual reacciona con el fosfato de calcio precipitando como hidroxiapatita (Lin *et al.*, 2017; Kahler *et al.*, 2017).

Este material fragua en medio húmedo, no se contrae y tiene tiempo de trabajo mayor a 30 minutos, y tiempo de fraguado de alrededor de 4 horas en condiciones normales, pero el fraguado final puede tardar hasta 12 horas (Moinzadeh *et al.*, 2016). Presenta unión mecánica a la dentina debido a que está compuesto por nanopartículas, lo que le permite su entrada en los túbulos dentinarios y la interacción con la humedad presente en la dentina (Duarte *et al.*, 2018).

El material de reparación de raíces EndoSequence posee estabilidad dimensional ya que no se contrae durante el fraguado, es insoluble, hidrófilo, libre de aluminio, altamente radiopaco y posee un pH alto que puede llegar a 12,8 durante la colocación, para luego ir disminuyendo de forma constante durante un período de 7 días (Raghavendra *et al.*, 2017). Con el surgimiento de los materiales a base de biocerámicos, es posible realizar este tipo de tratamiento en una sola cita y con resultados más predecibles.

Biodentine es un material a base de silicato de calcio que se utiliza para el tratamiento de reparación dentinaria de coronas y raíces, reparación de perforaciones o reabsorciones, apexificación y obturaciones de extremos radiculares. El material también se puede utilizar en empastes de clase II como sustituto temporal del esmalte y como sustituto permanente de la dentina en grandes lesiones cariosas. Su fabricante afirma que Biodentine tiene un tiempo de fraguado más rápido en comparación con ProRoot MTA, debido al cloruro de calcio como acelerador de fraguado en el componente líquido (Wang *et al.*, 2008)

Con las mismas indicaciones que MTA, Bio-C es una masilla reparadora bioactiva lista para usar. Además de tener un tiempo de fraguado inferior a 120 minutos, su formulación biocerámica y alta alcalinidad induce la regeneración del tejido, la expansión del fraguado, la adhesión química a la dentina e inhibe la infiltración bacteriana. Un estudio *in vitro* de Rodríguez-Lozano *et al.*, (2020) mostraron la citocompatibilidad y el alto potencial bioactivo de la masilla Bio-C Repair y TotalFill BC RRM que puede promover la diferenciación osteo y cementogénica de las células madre del ligamento periodontal humano. De manera similar, Ghilotti *et al.*, (2020) mostraron una unión adecuada a los materiales pulpares vitales, lo que indica una excelente biocompatibilidad de Bio-C Repair similar a BioDentine y ProRoot MTA. Recientemente, un MTA desarrollado, OrthoMTA, afirma ser tan biocompatible como ProRoot MTA, pero sin cromo hexavalente, un metal pesado cancerígeno. Además, por su característica bioactiva, libera iones de calcio a través del agujero apical, y neutraliza el tejido apical. Esto da como resultado la formación de una capa de interfaz de hidroxiapatita (Hap) entre el OrthoMTA y la pared del canal. Hap previene la microfiltración e induce la regeneración del periodonto apical.

Sin embargo, en la apexificación la supervivencia a largo plazo de los dientes es cuestionable debido a sus paredes dentinarias delgadas y propensas a fracturarse (Andreasen *et al.*, 2002).

La razón es establecer un tope apical que permita el llenado inmediato del conducto radicular. No se intenta cerrar el extremo de la raíz. Más bien se crea un tope apical artificial. Se han propuesto varios materiales para este propósito, incluido el fosfato tricálcico (Coveillo *et al.*, 1979; Harbert, 1996), el hidróxido de calcio (Coveillo *et al.*, 1979; Schumacher *et al.*, 1993), el hueso liofilizado (Rossmeisl *et al.*, 1982) y la

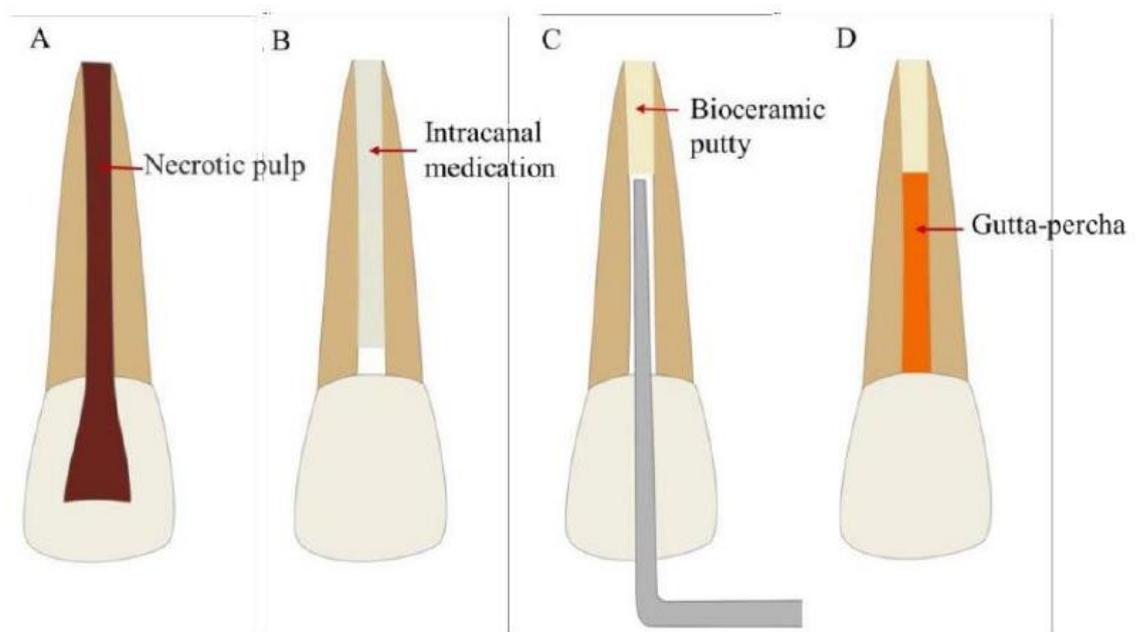
dentina liofilizada (Rossmeisl *et al.*, 1982). Se han reportado resultados favorables. Recientemente ha habido varios informes que describen el uso de MTA en la apexificación en una sola visita. Witherspoon *et al.*, (2001) describen una técnica que utiliza MTA. Afirman que el MTA proporciona un andamiaje para la formación de tejido duro y el potencial de un mejor sellado biológico. Concluyen que esta técnica es una opción viable para el tratamiento de dientes inmaduros con pulpas necróticas y debe considerarse como una alternativa eficaz a la apexificación con hidróxido de calcio. Steinig *et al.*, (2003) consideran que la importancia de esta técnica radica en la rápida limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, seguido de su sellado apical con un material que favorezca la regeneración. Además, se reduce la posibilidad de fracturas en dientes inmaduros con raíces delgadas, ya que se puede colocar un núcleo adherido inmediatamente dentro del conducto radicular. Varios autores (Shabahang *et al.*, 2000; Giuliani *et al.*, 2002, Maroto *et al.*, 2003) han informado del éxito clínico utilizando MTA para la apexificación en una visita.

Si bien el objetivo de la apexificación es estimular la formación de la barrera apical, en la creencia de que no puede ocurrir una formación continua de las raíces, hay varios informes en los que se observa un desarrollo apical continuo a pesar de una pulpa necrótica (Herbert ,1959; Rule *et al.*, 1966). Yang *et al.*, (1990) informaron de un caso en el que la formación de la barrera apical fue acompañada por una raíz separada que crecía distoapicalmente. La evaluación histológica reveló tejido duro inmaduro mezclado con hidróxido de calcio, tejido conectivo y hueso apicalmente en el conducto radicular original. En la parte separada de la raíz recién formada se pudieron identificar tejido pulpar, odontoblastos, predentina, cemento y un agujero apical.

Selden (2002) también describió un caso en cuyo resultado morfológicamente se parecía mucho a la formación normal de raíces. Se ha sugerido que para que se produzca un desarrollo radicular continuo, el área de cicatrización calcificada no debe extenderse hasta la vaina radicular de Hertwig ni hasta los odontoblastos en el área apical (Gupta *et al.*, 1999).

El relleno ortogrado generalmente se refiere a la técnica de barrera apical, que transporta MTA u otros materiales de obturación desde el acceso coronal del conducto radicular hasta la posición apical para sellar el ápice del diente y proporcionar condiciones óptimas para el relleno riguroso del conducto radicular

(Tabiyar *et al.*, 2021) (**Fig.1**). El MTA ha sido ampliamente utilizado en la técnica de barrera apical y ha logrado éxito clínico y radiográfico a largo plazo (Pace *et al.*, 2014; Van *et al.*, 2021). En una serie de casos de 5 a 15 años, el MTA como barrera apical para el tratamiento de dientes inmaduros no vitales logró una tasa de curación del 96% (Ree *et al.*, 2017)



**Fig.1** Procedimientos de tratamiento para la técnica de barrera apical. (A) Elemento dentario permanente con desarrollo incompleto del foramen apical y necrosis pulpar o enfermedad periapical. (B) Desinfección del conducto radicular. (C) Barrera apical mediante masilla biocerámica. (D) Relleno del conducto radicular con gutapercha.

Gráfico tomado de Xu Dong *et al.*, Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. Bioengineering 2023, 10, 354.

El propósito de este trabajo fue investigar estudios clínicos relacionados con el tratamiento de apexificación en dientes permanentes jóvenes, señalar los diferentes procedimientos de tratamiento existentes y detectar como estos han ido evolucionando a lo largo del tiempo.

## CASO CLÍNICO

Se presentó a la consulta odontológica una paciente de 10 años de edad, sexo femenino, en la Especialidad de Endodoncia, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

Al examen clínico inicial se observó la presencia de un tracto sinuoso en el sector anterosuperior izquierdo, los elementos dentarios se observan sanos sin evidencia de caries, ni cambio de coloración. **(Fig.1)** Se procedió a la realización de la historia clínica, no presenta evidencia de patologías sistémicas de relevancia y no consume medicación sistémica alguna. En la anamnesis se consulta a la paciente si ha padecido algún tipo de traumatismo previo, refiere no recordar ningún golpe y/o traumatismo. Se tomó radiografía con técnica de cono corto (Rx periapical Ultra speed – Carestream dental®) del sector donde presenciamos el tracto sinuoso, se observa una imagen radiolúcida a nivel apical del elemento 22 compatible con una periodontitis apical supurativa o absceso alveolar crónico. En presencia de un ápice abierto (rizogénesis incompleta), una disminución en la longitud radicular y una falta de engrosamiento de las paredes a lo largo del conducto radicular, dando como resultado paredes dentinarias finas. **(Fig.2)** Se realizó test de sensibilidad, con resultados negativos al frío (Endo-Ice – Coltene®), y resultados negativos al calor (Mango de espejo N°5, Panorama). Posteriormente realizamos test de percusión vertical al que respondió de manera positiva y test de percusión horizontal negativos. (Mango de espejo N°5, Panorama). La pieza dentaria no presentaba movilidad.



**Fig.1** – Foto examen intraoral.



**Fig.2** – Radiografía preoperatoria elemento 22.

Ante la presencia de mortificación pulpar, la falta de desarrollo radicular y el diámetro radiográfico mesiodistal inferior a 1,5 mm, se decidió que el tratamiento de elección sería realiza la apexificación con plug de cemento a base de silicato de calcio de dicho elemento. El tratamiento se realizó en varias sesiones.

En la primera sesión se procedió a la descontaminación del conducto radicular, se colocó anestesia (Totalcaina forte- Carticaína Clorhidrato 4 % - L-Adrenalina 1: 100.000, laboratorio Bernabo, Argentina), se realizó el aislamiento del campo operatorio con goma dique (Sanctuary™ Dental dam 5x5) y Clamp (1U Hygenic® - Coltene).

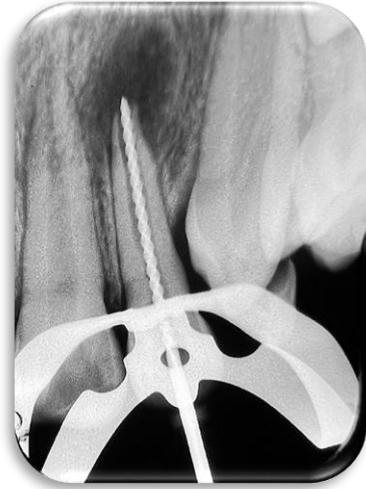
Posteriormente se procedió a trabajar en la apertura cameral con turbina de alta velocidad, con fresa redonda de carburo tungsteno número 4 garantizando acceso directo al conducto radicular. Se irrigó con 20 ml hipoclorito de sodio al 2,5% (Hipoclorito de Sodio al 2,5%, Dickinson) suave y abundante, con jeringa con pico tipo luer lock y con agujas de irrigación con punta roma, 30G de 4 cm (Tedequim SRL) a 17 mm del borde incisal del elemento dentario y fue acompañado por aspiración constante con puntas de aspiración Endo Tips de 0.06 (Angelus). Una vez finalizada la limpieza se realizó instrumentación con limas manuales tipo K (Dentsply, Maillefer®) con limas N° 80. Luego de la conformación del conducto se realiza medicación intraconducto con Hidróxido de Calcio (DIKINSON® - Hidróxido de calcio avío) con clorhexidina al 2% (Clorhexidina al 2%, Klepp) se obtura la cavidad

de acceso con Ionómero Vitreo (Classic Glass Ionomer Base, Densell ) se recita en un mes. **(Fig.3)**



**Fig.3-** Medicación intraconducto con Hidróxido de Calcio.

A los 30 días se realizó la segunda sesión, se colocó anestesia (Totalcaina forte- Carticaína Clorhidrato 4 % - L-Adrenalina 1: 100.000, laboratorio Bernabo, Argentina), se realizó el aislamiento del campo operatorio con goma dique (Sanctuary™ Dental dam 5x5) y Clamp (1U Hygenic® - Coltene). Se procedió a la eliminación de la medicación intraconducto con abundante irrigación con Hipoclorito de Sodio al 2,5% (Hipoclorito de Sodio al 2,5%, Dickinson) suave y abundante. Una vez desinfectado el conducto se tomó longitud de trabajo con radiografía de conductometría, con lima K N ° 80 a 20mm **(Fig.4)**. Se realizó una barrera apical de 3 mm con BIO- C REPAIR (Bio-C Repair Angelus®). Se llevó al conducto con un condensador Machtou (Dentsply Maillefer®) calibrado a una longitud de trabajo de 17 mm para compactar los 3 mm de material, se corroboró radiográficamente el plug de cemento en la porción apical. **(Fig.5)**.



**Fig.4** – Conductometría Lima K  
N°80.



**Fig.5** – Barrera apical con Bio-C  
Repair.

Se eliminó restos de biocerámico de las paredes del conducto, con un microbrush humedecido con solución fisiológica (Solución Fisiológica Gotas, Sanadrog). Se esperó 15 minutos para que endurezca el material, se corroboró el endurecimiento de la barrera apical clínicamente con condensador a 17 mm de longitud (Machtou – Dentsply Maillefer®), se irrigó el conducto con Hipoclorito de Sodio al 2.5% (Hipoclorito de Sodio al 2.5%, Dickinson) se secó el canal con conos de papel N°80 a 17mm (Meta -Biomed®) , luego se adaptó un cono único de gutapercha N°80 taper 02 (Meta -Biomed®) a longitud de trabajo ,se verificó el ajuste apical del cono y se impresionó la punta del mismo mediante la utilización de solvente de gutapercha (Xilol, Dickinson )

Se seleccionó un cemento a base de resina (Sealer 26- Denstplay Sirona®), se preparó en una loseta lisa estéril, se llevó cemento al conducto con una lima K n°80 (Dentsply Maillefer®) impregnando todas las paredes del mismo, posteriormente se llevó el cono principal con cemento para adaptarlo en el conducto y por ultimo con la utilización de condensadores laterales ABCD (Dentsply Maillefer®) basándonos en la técnica de condensación lateral utilizando conos de condensación lateral (Meta - Biomed®) se terminó de rellenar el conducto logrando un sellado tridimensional.

Se procedió a cortar los conos a nivel cameral con calor utilizando un atacador calentado la llama, realizamos una compactación vertical en frio con el lado inverso

del instrumento ((PK Thomas número 2 DJL). Se limpió la cavidad con alcohol etílico al 70% (Bioalcohol al 70%, PORTA) y se selló la cámara con una restauración de ionómero vítreo. (Classic Glass Ionomer Base, Densell) (**Fig.6**)



**Fig.6** - Radiografía Final.

A los 30 días de haber realizado el tratamiento, la paciente asistió a una consulta de control. Durante ese período no experimentó ningún tipo de sintomatología, a la inspección clínica tampoco se observaron signos de inflamación y radiográficamente se observó en la zona apical la formación de un tejido radio opaco, compatible con la formación de una barrera mineraliza.

Se la cito nuevamente a control a los 3 meses de tratamiento (**Fig.7**), se tomó una radiografía periapical y se observó una mejor evolución de la curación de la lesión periapical.



**Fig.7.** Radiografía control a los 3 meses.

El último control se realizó a los 5 meses, clínicamente no se observaron cambios de coloración en el elemento tratado y el tejido gingival se observó sano en todos sus aspectos (**Fig.8**). Radiográficamente se reveló la reparación de la lesión periapical y continuidad de la cortical ósea alveolar. (**Fig.9**)



**Fig.8.** Control clínico a los 5 meses



**Fig. 9.** Radiografía control 5 meses

## DISCUSIÓN

El manejo adecuado del ápice abierto depende en gran medida de la vitalidad del diente. A través de una historia clínica detallada y pruebas de sensibilidad pulpar, respaldadas por evidencia radiográfica, se puede obtener un diagnóstico preciso. Para dientes con estado pulpar viable, la terapia pulpar vital es la principal opción de tratamiento (Guide to Clinical Endodontics, 2021). Esto permitirá un desarrollo fisiológico continuo y la formación de la raíz. Para la pulpa irreversiblemente inflamada o necrótica, la evidencia actual muestra dos opciones de tratamiento, como el cierre del extremo de la raíz mediante apexificación o la regeneración pulpar (Guide to Clinical Endodontics, 2021).

La necrosis pulpar es causada por traumatismos u otras agresiones y suele provocar la detención del desarrollo radicular de los dientes permanentes inmaduros; los dientes inmaduros sin pulpa permanecen con el ápice abierto y paredes radiculares delgadas y cortas. Características similares a las presentadas en el caso clínico expuesto en este trabajo, con diagnóstico de necrosis pulpar y absceso alveolar crónico en un elemento 22 en presencia de un ápice abierto (rizogénesis incompleta), una disminución en la longitud radicular y una falta de engrosamiento de las paredes a lo largo del conducto radicular, dando como resultado paredes dentinarias finas.

Holden *et al.*, (2008). Kusgoz *et al.*, 2009; Stefopoulos *et al.*, 2012; Mente *et al.*, 2013 Agregaron que existen otras causas por las que podemos encontrarnos con un ápice abierto la periodontitis periapical crónica que conduce a la reabsorción apical, reabsorción apical debido a un traumatismo, destrucción de la constricción apical durante el desbridamiento mecánico, apicectomía sin el uso de materiales de obturación terminal y fractura radicular horizontal.

Sheely *et al.*, (1997) definió a la apexificación como un método para inducir una barrera apical calcificada o un desarrollo apical continuo de una raíz incompleta en dientes con pulpa necrótica.

(Frank, 1966) propuso que la técnica tradicional en el tratamiento de apexificación se lograba con la aplicación de hidróxido de calcio en múltiples sesiones hasta completar

el cierre del extremo radicular, (Witherspoon *et al.*, 2008) destacó que es una técnica con grandes desventajas como la duración del tratamiento y la dificultad de mantener la integridad del sellado coronario.

Por ello Bakland *et al.*, (2012). Ante la introducción del MTA para el uso en recubrimiento pulpar, pulpotomía, sellado de perforaciones, hizo a éste el material de elección por su excelente biocompatibilidad y capacidad de sellado en la técnica de apexificación. La técnica de apexificación expuesta en el caso clínico de este trabajo se llevó a cabo mediante el sellado de la porción apical con la aplicación de un tapón de cemento a base de silicato de calcio.

Shabahang *et al.*, (1999) sugirió que el MTA produce la formación de tejido duro apical con una consistencia significativamente mayor que el CH.

Una revisión sistemática que comparó la eficacia de MTA y CH como material utilizado para la apexificación de dientes inmaduros no reveló diferencias significativas entre ambos grupos con respecto al éxito y la formación de la barrera apical (Chala *et al.*, 2011), aunque el tiempo necesario para la formación de barreras biológicas calcificadas apicales en dientes inmaduros los dientes tratados con MTA fue significativamente menor que el tiempo de los tratados con CH (Pradhan *et al.*, 2006). Eli-Meligy y Avery (Eli-Meligy *et al.*, 2006)

Holden *et al.*, (2008) plantea que, en el caso de dientes inmaduros con ápice abierto y paredes radiculares frágiles, además del riesgo de extrusión del material de obturación radicular en los tejidos perirradiculares, también existe el riesgo de fractura radicular durante o después de finalizar el tratamiento. (Seltzer, 1988; 4. Rafter, 2005). Establecieron Tradicionalmente, el método de apexificación implica la aplicación de CH hasta completar el cierre del extremo de la raíz. Sin embargo, (Shabahang, 2013) describió las desventajas de esta técnica a largo plazo que incluyen el retraso en el tratamiento, la dificultad en el seguimiento de los pacientes, la imprevisibilidad del sellado apical y el riesgo de fracturas radiculares debido a la presencia de paredes delgadas. Andreasen *et al.*, (2002) destacó que el llenado de los conductos radiculares con apósitos CH durante períodos prolongados puede debilitar la estructura dental.

Holland, (1984) sugirió que en la mayoría de los protocolos de apexificación que involucran dientes permanentes inmaduros humanos con periodontitis apical, la colocación de un tapón apical es crucial para sellar y prevenir la fuga bacteriana. Lee

*et al.*, (1993) destacó que debido a que Torabinejad y sus colaboradores habían introducido el MTA para su uso en casos de recubrimiento pulpar, casos de pulpotomía y sellado de perforaciones accidentales del conducto radicular, este material también era el ideal para las técnicas de apexificación. Torabinejad *et al.*, (2010). convirtió al MTA en el material de elección para la terapia de apexificación debido a su excelente biocompatibilidad y capacidad de sellado.

Parirokh *et al.*, (2010) explicó que el mecanismo de acción del MTA radica en la liberación de iones calcio que activan la unión y proliferación celular y, al mismo tiempo, el alto pH crea un ambiente antibacteriano. Bakland *et al.*, (2012) confirma que el MTA es un cemento bioactivo con capacidad de inducir la formación de cemento nuevo y ligamento periodontal, lo que hace que este material sea biológicamente aceptable para cerrar un conducto radicular con ápice abierto.

Grech *et al.*, (2013). Describió un nuevo cemento sustituto de la dentina bioactivo, Biodentine, que está compuesto de un polvo que consta de silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio y CH. El líquido para mezclar con el cemento en polvo consiste en un polímero soluble en agua y cloruro de calcio, que acelera la reacción de fraguado Biodentine tiene un tiempo de fraguado más corto, 12 minutos, en comparación con el MTA, que es de 2 horas 45 minutos. El polvo se mezcla con 5 gotas de líquido y se activa en el triturador dental durante 30 segundos.

Nowicka *et al.*, (2013); Tziafa *et al.*, (2014) revelaron en estudios comparativos entre MTA y Biodentine que ambos materiales ofrecen un excelente rendimiento de sellado después de realizar un recubrimiento pulpar directo y previene el riesgo de contaminación microbiana posterior. Camilleri, (2015) relata que las propiedades marginales de sellado de los cementos a base de silicato de calcio se deben a su capacidad para producir CH durante la hidratación, que en contacto con los fosfatos de los fluidos tisulares forma una fase de fosfato de calcio.

Mente *et al.*, (2009) estableció que el control del límite apical durante la colocación de los biocerámicos en canales con ápices abiertos es complejo y conlleva al riesgo de extrusión del material. Por esta razón, Ree *et al.*, (2017) y Trope, (2006) han recomendado la colocación previa de una matriz artificial en el canal radicular, como puede ser el sulfato de calcio y el colágeno reabsorbible.

Pace *et al* (2014) manifiestan que la sobreobtención con materiales biocerámicos es tolerada por los tejidos perirradiculares y no afecta el proceso de reparación de los mismos. Sin embargo, Nostrat *et al* (2012) observaron que después de la extrusión de MTA puede ocurrir la curación ósea y la reabsorción del material, o bien puede permanecer sin fraguar y afectar el proceso de curación.

Diferentes autores recomiendan colocar un algodón humedecido con agua destilada sobre el MTA a fin de asegurar el fraguado y mejorar sus propiedades físicas, realizando la obturación endodóntica final en una segunda sesión (Giuliani *et al.*, 2002), pero Witherspoon *et al.*, (2008) planteo esto como una desventaja, ya que existe la posible filtración coronaria entre citas. Si bien la presencia de un algodón húmedo en contacto con el MTA acelera el fraguado de la superficie intracanal del material, no influye en el fraguado de su superficie apical (Esmoris *et al.*, 2014).

La apexificación es un procedimiento para tratar y preservar piezas dentarias permanentes jóvenes que han perdido su vitalidad pulpar. Contrasta con la apexogénesis porque, en sus resultados, la maduración apical y el grosor normal de la raíz no se pueden alcanzar, así lo define Huang, (2009).

El éxito del tratamiento de un diente con ápice abierto se evalúa desde tres aspectos: clínico, radiográfico e histológico. Los dos primeros son posibles de analizar cuando los pacientes asisten a las citas de control. La evolución del tratamiento realizado en este trabajo se evaluó mediante los aspectos clínicos y radiográficos.

Pero para el control histológico se recurre a los resultados mostrados en trabajos de investigación, realizados por Felipe *et al.*, (2006), que reportan que en conductos necróticos con lesión periapical de dientes de perros, la aplicación de MTA o Ca(OH)<sub>2</sub> con MTA, como tapón apical presentó reparación de los tejidos periapicales, con formación de tejido mineralizado, cerrando biológicamente los conductos radiculares; incluso en piezas dentales donde se presentó extravasación del material, éste apareció rodeando la sobreobtención, lo que indicó la biocompatibilidad del biomaterial de primera generación en casos de apexificación según fue experimentado por Jung *et al.*, (2008).

La técnica de impresión apical está indicada en conductos cortos y amplios, para realizar el sellado de los mismos. Se utiliza en todas las piezas del sector anterior, en conductos palatinos de molares superiores, y en conductos distales de molares

inferiores, cuando presenten conductos amplios, con ápice abierto y en los que pueda lograrse el ajuste apical con un instrumento manual de calibre 70 a 140 según lo planteado por Dannenberg (1967). En los procedimientos de obturación descritos en este caso clínico se procedió a realizar impresión apical con solvente de gutapercha al cono principal para mejorar su adaptación.

Radiográficamente, el proceso de reparación de estas piezas se caracteriza por la aparición de una imagen radiopaca en la abertura apical, posterior a la aposición de tejido mineralizado, claramente expuesto por Restrepo *et al.*, (2019).

Según lo planteado por Lopes *et al.*, (1999) el cuadro morfológico del proceso de reparación en la región apical de las piezas con ápice abierto hombre tiene relación estrecha con factores como, el estadio del desarrollo radicular, las condiciones de la pulpa dental y de los tejidos.

Existen dos corrientes filosóficas que explican el proceso de reparación biológica de estas piezas dentarias con necrosis pulpar. La primera afirma que no es la colocación de una medicación intraconducto lo que estimula la memoria genética de las células y provoca el cierre biológico apical, sino que el proceso de reparación ocurre después de remover los restos necróticos y las bacterias del interior del conducto radicular.

La segunda filosofía parte del principio que, independientemente de que el sellado biológico sea un proceso natural, las células del periápice deben ser estimuladas por un activador biológico, con el objetivo de favorecer la reparación, como son el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , definidas según Lopes *et al.*, (1999) o los biomateriales, los cuales poseen capacidad osteogénica y cementogénica (Saidon *et al.*, 2003), porque ejercen una acción favorable en virtud de su pH alcalino, o porque los iones de calcio pueden disminuir la permeabilidad capilar, favoreciendo la reparación. No obstante, la vaina epitelial de Her-twig es de suma importancia en el cierre apical, y ella reinicia su función una vez eliminada la infección en el interior del conducto radicular, confirma Lopes *et al.*, (1999).

Los resultados clínicos y radiográficos obtenidos luego de los tratamientos de apexogénesis realizados en esta investigación, indican que los protocolos de desinfección e instrumentación aplicados consiguieron eliminar el tejido necrótico y las bacterias del sistema de conductos, al igual que es posible observar mediante el control radiográfico, la actividad biológica del material elegido por la formación de

una barrera mineralizada, coincidiendo en este caso con la filosofía de reparación , planteada por Lopes *et al.*, (1999) y Saidon *et al.*, (2003). Remover los restos necróticos del tejido pulpar y los microorganismos, alcanzando la desinfección del conducto, es el requisito primario para conseguir el éxito de la apexificación como describió Duraivel *et al.*, (2017). Dada la naturaleza de la periodontitis apical, lograr la mayor eliminación de bacterias es esencial. Sin embargo, el efecto antibacteriano de la limpieza biomecánica es menor en piezas permanentes con raíces inmaduras, si se las compara con las piezas dentarias maduras. Por eso, distintos autores (Cvek, 1992; Felipe *et al.*, 2006), afirman que es necesario colocar medicación intraconducto para reforzar la eliminación de bacterias resistentes a la irrigación e instrumentación.

El contacto directo entre el EndoSequence Root Repair Material y los tejidos periapicales es importante para una exitosa acción inductiva en la apexificación. La falta de contacto puede ser una razón que impida conseguir la formación de la barrera mineralizada y la reparación apical, relató Mapara *et al.*, (2020). El éxito de la apexificación tanto con materiales biocerámicos como con impresión apical está relacionada con la presencia o ausencia de lesiones periapicales.

Mente *et al.*, (2013), coincide con otros autores y hay autores que establecen que también influye el tamaño de las mismas (Nicoloso *et al.*, 2017).

Otro trabajo que planteó El Meligy *et al.*, (2006), comparó el uso de biocerámicos de reparación con la técnica de impresión apical para el tratamiento de piezas permanentes jóvenes con periodontitis crónica y los controló durante 12 meses. Ninguno de los casos tratados con biocerámico mostró signos clínicos o radiográficos de fracaso, mientras que 2 de las 15 piezas en las que se utilizó impresión apical tuvieron sensibilidad a la percusión y persistencia de inflamación periapical. Agrafioti *et al.*, (2017) afirmó en su investigación clínica retrospectiva con pacientes que presentaban dientes con pulpas necróticas y ápices abiertos que fueron tratados con material biocerámicos como tapón apical, demostró que no hubo diferencia significativa entre el éxito del tratamiento realizado en una o dos sesiones. Este autor respalda la terapia de apexificación en una sola sesión. Por el contrario del protocolo empleado en este trabajo, donde se procedió a realizar el tratamiento en varias sesiones, con la aplicación de medicación intraconducto.

Desde el punto de vista clínico, es difícil colocar los cementos biocerámicos de reparación a nivel apical sin provocar sobreobturación. Barakat y Fethi (2020), afirman que cuando este material se extravasa en la región apical no es reabsorbido por acción de los macrófagos, ocasionando una respuesta inflamatoria; en cambio, Bramante *et al.*, (2004) afirman que, si existe extravasación, se reabsorberá con el paso del tiempo. Vidal *et al.*, (2016), sugieren la colocación de una matriz colágena (esponja o membrana de colágeno reabsorbible) antes de llevar el material biocerámico a la porción apical para evitar la extravasación del material, pero Agrafioti *et al.*, (2017), difieren con este procedimiento en virtud de que existen alternativas más viables, económicas y al alcance de todos los profesionales, como el colocar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  antes de la colocación del material biocerámico. Una vez que el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se reabsorbe, los tejidos periapicales se encontrarán en contacto directo con el material biocerámico de reparación, creando las condiciones ideales para estimular la neoformación de tejido mineralizado.

## **CONCLUSIÓN**

La apexificación con Hidróxido de Calcio ha sido la técnica más utilizada para dientes necróticos con ápice inmaduro a lo largo de los años, presentando una alta tasa de éxito. Sin embargo, las técnicas de apexificación en una sola visita con plug de biocerámicos proporcionan una excelente opción de tratamiento en estos casos, se ha demostrado que tienen resultados clínicos comparables o incluso mejores que el Hidróxido de Ca.

Las biocerámicas desempeñan un papel importante en el tratamiento de enfermedades endodónticas y tienen amplias perspectivas de desarrollo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Anantharaj A, Praveen P, Venkataraghavan K, Prathibha RS, Sudhir R MKB. Challenges in pulpal treatment of young permanent teeth a review. *J Dent Scien Res*. 2011;Feb(2):142.

AlAnezi, A. Z., Jiang, J., Safavi, K. E., Spangberg, L. S. y Zhu, Q. (2010). Cytotoxicity evaluation of endosequence root repair material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 109(3), e122–e125.

Andreasen FM, Andreasen JO (1985) Diagnosis of luxation injuries: the importance of standardized clinical, radiographic and photographic techniques in clinical investigations. *Dental Traumatology* 1, 160–9.

Andreasen JO, Andreasen FM. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, 3rd edn. Copenhagen: Munksgaard; 1994.

Andreasen JO, Ravn JJ. Epidemiology of traumatic dental injuries to primary and permanent teeth in a Danish population sample. *Int J Oral Surg* 1972;1:235–9.

Andreasen JO, Hjorting-Hansen R. Intra-alveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 1967;25:414–26.

Andreasen JO, Borum MK, Andreasen FM. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:45–55.

Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* [Internet]. 2002 Jun [cited 2021 Apr 15];18(3):134-7.

Andreasen J, Andreasen F (2000) Essentials of Traumatic Injuries to the Teeth: a step-by-step treatment guide, 2nd edn. Copenhagen: Munksgaard, 12.

Baggett FJ, Mackie IC, Worthington HV (1996) An investigation into the measurement of the working length of immature incisor teeth requiring endodontic treatment in children. *British Dental Journal* 181, 96–8.

Bakland LK, Andreasen JO. Will mineral trioxide mineral aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal healing complications subsequent to dental trauma? a review. *Dent Traumatol* 2012;28:25-32.

Bogen G, Kuttler S (2009) Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *Journal of Endodontics* 35, 777–90.

Botero, T. M., Tang, X., Gardner, R., Hu, J. C. C., Boynton, J. R. y Holland, G. R. (2017). Clinical evidence for regenerative endodontic procedures: immediate versus delayed induction.

Bücher, K., Meier, F., Diegritz, C., Kaaden, C., Hickel, R. y Kühnisch, J. (2016). Long-term outcome of MTA apexification in teeth with open apices. *Quintessence International*, 47(6), 473–482. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a35702>.

Camilleri, J. (2016). Is mineral trioxide aggregate a bioceramic?. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 18(1),13–17. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=68106>.

Çiçek, E., Yılmaz, N., Koçak, M. M., Sağlam, B. C., Koçak, S. y Bilgin, B. (2017). Effect of mineral trioxide aggregate apical plug thickness on fracture resistance of immature teeth. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1697–1700.

Coveillo J, Brilliant JD. A preliminary clinical study on the use of calcium phosphate as an apical barrier. *J Endod* 1979;5:6–13.

Cvek, M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod. Dent. Traumatol.* 1992, 8, 45–55.

Dannenbergl J. L. (1967). The apical impression technic of root canal filling. *The Journal of the New Jersey State Dental Society*, 39(3), 118–119.

Duarte, M. A. H., Marciano, M. A., Vivan, R. R., Tanomaru Filho, M., Tanomaru, J. M. G. y Camilleri, J. (2018). Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Brazilian Oral Research*, 32(suppl 1), e70.

Duell R (1973) Conservative endodontic treatment of the open apex in three dimensions. *Dental Clinics of North America* 17, 125–34.

Duggal, M.; Tong, H.J.; Alansary, M.; Twati, W.; Day, P.F.; Nazzal, H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior

teeth in children and adolescents: A systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur. Arch. Paediatr. Dent.* 2017, 18, 139–151.

Dummer P, McGinn J, Rees D (1984) The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal* 17, 192–8.

ElAyouti A, Weiger R, Lost C (2001) Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *Journal of Endodontics* 27, 49–52.

ElAyouti A, Weiger R, Lost C (2002) The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *Journal of Endodontics* 28, 116–9.

ElAyouti A, Dima E, Lost C (2009) A tactile method for canal length determination in teeth with open apices. *International Endodontic Journal* 42, 1090–5.

Erdogan G. The treatment of nonvital immature teeth with calcium hydroxide-sterile water paste: two case reports. *Quintessence Int* [Internet]. 1997 Oct [cited 2021 Apr 15];28(10):681-6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9477889>

Esmoris M, Artaza L, Goldberg F. Effect of moisture on the setting of MTA. ‘In vitro’ study. *Rev Asoc Odontol Argent.* 2014;102:115-119.

Finucane, D.; Kinirons, M.J. Non-vital immature permanent incisors: Factors that may influence treatment outcome. *Dent. Traumatol.* 1999, 15, 273–277.

Flanagan T. A. (2014). What can cause the pulps of immature, permanent teeth with open apices to become necrotic and what treatment options are available for these teeth. *Australian Endodontic Journal*, 40(3), 95–100. <https://doi.org/10.1111/aej.12087>

Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc* 1966;72:87– 93.

Friend LA. The root treatment of teeth with open apices. *Proc R Soc Med* 1966;19:1035–6.

Friend LA. Treatment of immature teeth and non-vital pulps. *J Br Endod Soc* 1967;1:28–33.

Georgopoulou M, Anastassiadis P, Sykaras S (1986) Pain after chemomechanical preparation. *International Endodontic Journal* 19, 309–14.

Giuliani V, Baccetti T, Pace R, Pagavino G. The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices. *Dent Traumatol* 2002;18:217–21.

Ghilotti J, Sanz JL, López-García S, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A et al. Comparative Surface Morphology, Chemical Composition, and Cytocompatibility of Bio-C Repair, Biodentine, and ProRoot MTA on hDPCs. *Mater* (Basel, Switzerland) [Internet]. 2020 May 1 [cited 2021 Oct 10];13(9).

Gilbert B (1983) Endodontic treatment of the open apex. *Quintessence International* 14, 293–9.

Guide to Clinical Endodontics - American Association of Endodontists [Internet]. [cited 2021 Jul 20]. Available from: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/guide-clinical-endodontics/>

Gupta S, Sharma A, Dang N. Apical bridging in association with regular root formation following single visit apexification. *Quintessence Int* 1999;30:560–2.

Gutmann J, Heaton J (1981) Management of the open (immature) apex. 2. Non-vital teeth. *International Endodontic Journal* 14, 173–8.

Haapasalo M, Parhar M, Huang X, Wei X, Lin J & Shen Y. Clinical use of bio-ceramic materials. *Endod Topics* 2015, 32, 97–117

Harbert H. One step apexification without calcium hydroxide. *J Endod* 1996;22:690–2.

Herbert WE. Three cases of disturbance of calcification of a tooth and infection of the dental pulp following trauma. *Dent Pract* 1959;9:176–80.

Hyman JJ, Cohen ME. The predictive value of endodontic diagnostic tests. *Oral Surg* 1984;58:343–6.

Ingle J (1957) Endodontic instruments and instrumentation. *Dental Clinics of North America* 1, 805–22.

Ingle JJ. *Endodontics*. Philadelphia: Lea and Febiger; 1965:504.

Jacobsen I, Kerekes K. Long-term prognosis of traumatized permanent anterior teeth showing calcifying processes in the pulp cavity. *Scand J Dent Res* 1975;83:355–64.

Juarez Broon, N. y Benítez Cabrera, J. G. (2006). Apicogénesis, apicoformación y maturogénesis: conceptos y técnica. *Medicina Oral*, 8(3), 129– 138. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=39046>.

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.

Kaiser HJ. Management of wide open apex canals with calcium hydroxide. Presented at the 21st Annual Meeting of the American Association of Endodontists, Washington DC April 17 1964.

Kim, S.G.; Malek, M.; Sigurdsson, A.; Lin, L.M.; Kahler, B. Regenerative endodontics: A comprehensive review. *Int. Endod. J.* 2018, 51, 1367–1388.

Kleier DJ, Barr ES. A study of endodontically apex - ified teeth. *Dent Traumatol* [Internet]. 1991 [cited 2021 Apr 15];7(3):112-7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1685990/>

Klein H. Pulp response to an electric pulp stimulator in the developing permanent anterior dentition. *J Dent Child* 1978;45:23–5.

Kuttler Y (1955) Microscopic investigation of root apices. *Journal of the American Dental Association* 50, 544–52.

Laux M, Abbott P, Pajarola G, Nair P (2000) Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *International Endodontic Journal* 33, 483–93.

Lee, B.-N.; Moon, J.-W.; Chang, H.-S.; Hwang, I.-N.; Oh, W.-M.; Hwang, Y.-C. A review of the regenerative endodontic treatment procedure. *Restor. Dent. Endod.* 2015, 40, 179–187.

Lin, J., Zeng, Q., Wei, X., Zhao, W., Cui, M., Gu, J., Lu, J., Yang, M. y Ling, J. (2017). Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. *Journal of Endodontics*, 43(11), 1821–1827

Mackie, I.C.; Bentley, E.M.; Worthington, H.V. The closure of open apices in non-vital immature incisor teeth. *Br. Dent. J.* 1988, 165, 169–173.

Mapara, P. N., Shashikiran, N. D., Gugawad, S., Gaonkar, N., Hadakar, S., Taur, S. y Khade, D. (2020). Comparative evaluation of calcium release of the apical plugs formed by mineral trioxide aggregate, Biodentine, and EndoSequence root repair material with and without 2% triple antibiotic powder: an in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 38(2), 132–137.

Marcos-Arenal JL, Rivera EM, Caplan DJ, Trope M (2009) Evaluating the paper point technique for locating the apical foramen after canal preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 108, e101–5.

Maroto M, Barberia E, Planells P, Vera V. Treatment of a non-vital immature incisor with mineral trioxide aggregate (MTA). *Dent Traumatol* 2003;19:165–9.

Mentes A, Gencoglu N (2002) Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography.

Mente J, Hage N, Pfefferle T, et al. Mineral trioxide aggregate apical plugs in teeth with open apical foramina: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 2009;35:1354-8.

Moore A, Howley MF, O'Connell AC (2011) Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dental Traumatology* 27, 166–73.

Murray, P.E.; Garcia-Godoy, F.; Hargreaves, K.M. Regenerative Endodontics: A Review of Current Status and a Call for Action. *J. Endod.* 2007, 33, 377–390.

Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K (2008) Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal* 41, 6–31.

Nostrat A, Nekoofar MH, Bolhari B & Dummer PMH. Unintentional extrusion of mineral trioxide aggregate: a report of three cases. *Int Endod J* 2012;45:1165- 1176.

Olson AK, Goering AC, Cavataio RE, Luciano J (1991) The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *International Endodontic Journal* 24, 28–35.

Orafi I, Worthington HV, Qualtrough AJE, Rushton VE (2010) The impact of different viewing conditions on radiological file and working length measurement. *International Endodontic Journal* 43, 600–7.

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, 40, 1250–1254.

Pinar Erdem A, Sepet E (2008) Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dental Traumatology* 24, e38–41.

Pindborg JJ. Clinical, radiographic and histologic aspects of intra-alveolar fractures of upper central incisors. *Acta Odontol Scand* 1956;13:41–7.

Raghavendra, S. S., Jadhav, G. R., Gathani, K. M. y Kotadia, P. (2017). Bioceramics in endodontics - a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(3 Suppl 1), S128–S137.

Rafter, M. Apexification: A review. *Dent. Traumatol.* 2005, 21, 1–8.

Ree M, Schwartz RS. Long-term success of nonvital, immature permanent incisors treated with a mineral trioxide aggregate plug and adhesive restorations: a case series from a private endodontic practice. *J Endod* 2017;43:1370-77.

Ricucci D, Langeland K (1998) Apical limit of root canal instrumentation and obturation. Part 2. A histological study. *International Endodontic Journal* 31, 394–409.

Rodríguez-Lozano FJ, López-García S, García-Bernal D, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, et al. In Vitro Effect of Putty Calcium Silicate Materials on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Appl Sci* 2020, Vol 10, Page 325 [Internet]. 2020 Jan 1

Rosenberg D (2003) The paper point technique, Part 1. *Dentistry Today* 22, 80–6.

Rossmeisl R, Reader A, Melfi R, et al. A study of freeze-dried (lyophilized) cortical bone used as an apical barrier in adult monkey teeth. *J Endod* 1982;8:219–26.

Rossmeisl R, Reader A, Melfi R, et al. A study of freeze-dried dentin used as an apical barrier in adult monkey teeth. *Oral Surg* 1982;53:303–10.

Rule DC, Winter GB. Root growth and apical repair subsequent to pulpal necrosis in children. *Br Dent J* 1966;120:586–90.

Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, Cross IA (2008) A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children- a pilot study. *Dental Traumatology* 24, 79–85.

Shabahang S, Torabinejad M. Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12:315–20.

Schumacher JW, Rutledge RE. An alternative to apexification. *J Endod* 1993;19:529–31

Seltzer S, Bender IB, Ziontz M. The dynamics of pulp inflammation: correlation between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. Part I. *Oral Surg* 1963;16:846–71.

Sheaffer JC, Eleazer PD, Scheetz JP, Clark SJ, Farman AG (2003) Endodontic measurement accuracy and perceived radiograph quality: effects of film speed and density. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 96, 441–8.

Siqueira J, Rocas I (2008) Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics* 34, 1291–301.

Simon, S., Rilliard, F., Berdal, A. y Machtou, P. (2007). The use of mineral trioxide aggregate in onevisit apexificat. *International Endodontic Journal*, 40(3), 186–197.

Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K (1990) Factors € affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics* 16, 498–504.

Sjogren U, Figdor D, Spangberg L, Sundqvist G (1991) The anti- € microbial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *International Endodontic Journal* 24, 119–25.

Selden HA. Apexification: an interesting case. *J Endod* 2002;28:44–5.

Stein TJ, Corcoran JF (1992) Radiographic “working length” revisited. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 74, 796–800.

Steiner J, Dow P, Cathey G (1968) Inducing root end closure of non-vital permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children* 35, 47–54.

Steinig TH, Regan JD, Gutmann JL. The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. *Aust Endod J* 2003;29: 34–42.

Stewart DJ. Root canal therapy in incisor teeth with open apices. *Br Dent J* 1963;114:249–54.

Tabiyar, K.; Logani, A. The Apical Extent of Mineral Trioxide Aggregate Apical Barrier Does not Influence the Treatment Outcome in a Nonvital Immature Permanent Anterior Tooth: A Split-Mouth Clinical Study. *Eur. Endod. J.* 2021, 6, 44–49.

Tamse A, Kaffe I, Fishel D (1980) Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 50, 563–5.

Tidmarsh B (1987) Radiographic interpretation of endodontic lesions- a shadow of reality. *International Dental Journal* 37, 10–5.

Trope M. Treatment of immature teeth with non-vital pulps and apical periodontitis. *Endod Topics* 2006;14:51-59.

Trope, M. Treatment of the Immature Tooth with a Non-Vital Pulp and Apical Periodontitis. *Dent. Clin. N. Am.* 2010, 54, 313–324.

Van Hassel H, Natkin E (1970) Induction of root end closure. *Journal of Dentistry for Children* 35, 57–9.

Van Pham, K.; Tran, T.A. Effectiveness of MTA apical plug in dens evaginatus with open apices. *BMC Oral Health* 2021, 21, 566.

Wang X, Sun H, Chang J. Characterization of Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>/CaCl<sub>2</sub> composite cement for dental application. *Dent Mater* [Internet]. 2008 Jan [cited 2021 Apr 15];24(1):74-82.

Witherspoon DE, Ham K. One-visit apexification: technique for inducing root end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13:455–60.

Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, et al. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008;34:1171–6.

Xu Dong, Xin Xu. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering* 2023, 10, 354.

Yang S-F, Yang Z-P, Chang K-W. Continuing root formation following apexification treatment. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:232–5.

Yassen GH, Chin J, Mohammedsharif AG, Alsoufy SS, Othman SS, Eckert G (2012) 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. *Dental Traumatology*, 28, 296–301.

Yusuf H (1982) The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 54, 566–74.