



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION**

ESPECIALIZACIÓN EN ENDOPERIODONTOLOGÍA



“APEXIFICACION CON MTA, REPORTE DE UN CASO”

ALUMNO: C.D NAYELI CERVANTES GARCIA

ASESOR: C.D ÁBEL GOMEZ MORENO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

1.-Introducción	1-2
2.-Apexificación con hidroxido de calcio	3-5
a).-El MTA en endodoncia.....	6-7
b).-Ventajas y desventajas del MTA en apexificaciones.....	8
c).-Conclusiones.....	9
3.-MTA: generalidades y usos en endodoncia	10
a).-Composición química.....	11
b).-Radiopacidad.....	12
c).-Manipulación.....	13
d).-Tiempo de endurecimiento.....	13
e).-Resistencia compresiva.....	13
f).-Solubilidad.....	14
g).-Erosion.....	14
h).-Microfiltración.....	14-16
i).-Citotoxicidad.....	16-17
j).-Indicaciones: terapia en pulpas vitales.....	17-18
k).-Apexificación.....	18-20
l).-Reparación en perforaciones dentales.....	20-22
m).-Obturación retrograda.....	22-23
n).-Otros usos.....	23-24
ñ).-MTA blanco.....	24
o).-Conclusiones.....	24-25
4.-Caso clínico	26-32
5.-Bibliografía	33-36

INTRODUCCIÓN

El cierre apical fisiológico o apicogénesis es un proceso normal donde se conforma totalmente el diente, con lo cual éste madura al originar la llamada constricción apical o UCDC (unión cemento-dentina-conducto), que no es más que el punto de unión de la dentina y el cemento dentro del conducto radicular, punto importante desde el punto de vista endodóntico, porque delimita la confinación del material de obturación, siendo por tanto la parte más estrecha del conducto radicular, conformando dos conos unidos por sus vértices: el cono dentinario o conducto dentinario propiamente dicho, que está orientado hacia oclusal de la cavidad pulpar, rodeado totalmente en su periferia por los conductillos dentinarios y el otro cono es el cementario, que se orienta hacia apical y está rodeado totalmente por cemento radicular, donde se insertan las fibras del ligamento periapical.

Es importante definir y aclarar varios conceptos que son mencionados en la literatura consultada con relación al cierre apical, creando algún grado de confusión, como por ejemplo apicogénesis y apicoformación, que etimológicamente casi significan lo mismo, pero son utilizados por varios autores para definir diferentes procesos; así se tiene que el primero; **apicogénesis**, según Canalda y Brau (2001), se refiere a la conservación de la vitalidad pulpar hasta que la raíz pueda completar su formación, en tanto que el segundo; **apicoformación**, se refiere a la inducción o formación del ápice en presencia de necrosis pulpar, y otro término, **apexificación**, que es inglés (ápex significa ápice), es empleado como sinónimo de apicoformación por autores como Mondragón (1995). La Sala (1983), utiliza este término indistintamente para cualquier caso de inducción de cierre apical, mientras que Cohen y Burns (1988), lo utilizan cuando hay inducción apical por la pulpa viva y apexificación en presencia de necrosis. Weisleder y Benítez (2003), introducen un nuevo término que es maturogénesis para referirse a este último proceso.

Para evitar confusión en la terminología, el glosario de términos endodónticos de la American Association of Endodontists (**AAE**) de 2003: define el término de:

Apicogénesis: Como un procedimiento terapéutico, aplicado a una pulpa vital y diseñado para permitir y facilitar el desarrollo radicular y cierre apical fisiológico.

Apexificación: Como un método para inducir una barrera calcificada en una raíz con ápice abierto ó la continuación del desarrollo o cierre apical de una raíz incompleta en dientes con necrosis pulpar.

Al erupcionar los dientes permanentes, se ha desarrollado del 60 al 80 % del depósito de dentina y longitud radicular. El esmalte de los dientes erupcionados recientemente no presentan una máxima incorporación de fluoruro y por ello son más susceptibles a desarrollar caries. Por lo que son más vulnerables a desarrollar patología pulpar.

Cuando la pulpa de un diente inmaduro cesa en su proceso fisiológico, la vaina radicular de Hertwig normalmente termina en su función de formación del ápice radicular. En los jóvenes, las pulpas de dientes anteriores son muy susceptibles al trauma pero en los dientes posteriores la causa principal es la caries avanzada.

Cuando los dientes inmaduros sufren caries o traumatismo se puede producir una alteración pulpar que conlleva la detención del desarrollo de estos dientes, cuyos conductos presentarán unas paredes paralelas o divergentes en el tercio apical. Esto supone un desafío endodóntico y restaurador, ya que la forma apical divergente hace casi imposible limpiar y conformar el conducto y, sobre todo, obturarlo correctamente. Gracias a la técnica de inducir la formación de una barrera apical (**Apexificación**) empleando hidróxido de calcio se han conseguido innumerables éxitos mediante la obtención de un cierre apical. Sin embargo la susceptibilidad de estos dientes a fracturas hace que el pronóstico del tratamiento sea menos favorable. Esto puede deberse al efecto proteolítico del hidróxido de calcio. Desde hace unos años se realizan Apexificaciones mediante el empleo de MTA como tapón apical. Las propiedades de este material, así como los resultados obtenidos en los tratamientos, hacen del MTA un material idóneo para tratamientos de apexificación. Además esta técnica permite reducir el tiempo de tratamiento necesario para una apexificación clásica con hidróxido de calcio.

Las lesiones traumáticas y la caries pueden dar lugar a innumerables formas de patología dentaria: luxaciones, fracturas coronarias sin complicación pulpar, fracturas coronarias con afectación pulpar, fracturas radiculares, reabsorciones, avulsiones, o exposición pulpar avanzada por caries, entre otras.

El principal objetivo en la terapéutica endodóntica es la obturación completa del espacio del conducto radicular. Un factor esencial para conseguir este objetivo es obtener un buen tope o barrera apical; pues gracias a esto se obtiene una condensación correcta del conducto radicular que conduce al éxito. Sin embargo, cuando los dientes inmaduros han sufrido una alteración que provoca daño pulpar con pérdida de vitalidad, lleva a la detención de desarrollo radicular de estos dientes; lo que hace que el conducto presente unas paredes paralelas o divergentes en el tercio apical y que el cierre apical, con el desarrollo anatómico del foramen no se realice. Esta circunstancia conduce a la imposibilidad de que el material de obturación quede delimitado por el espacio pulpar. El cese del desarrollo radicular causado por trauma, caries o por una afectación pulpar presentan un desafío endodóntico y restaurador, ya que la forma apical divergente hace casi imposible limpiar y conformar el conducto y, sobre todo, obturarlo correctamente.

APEXIFICACIÓN CON HIDRÓXIDO DE CALCIO

La técnica de inducir la formación de una barrera o tope apical, llamada apexificación fue presentada por Káiser¹ y Frank² en 1964, empleando hidróxido de calcio. Gracias a esta técnica se han conseguido innumerables éxitos, por la obtención de un cierre apical y evitándose así la cirugía en estos jóvenes pacientes. Muchos materiales y técnicas se han empleado con éxito, sin embargo el hidróxido de calcio ha sido el material de elección más utilizado.

Se han escrito múltiples artículos y presentado innumerables casos durante todos estos años, destacando los de Andreasen, que describe en todas sus publicaciones y libros de texto; los de Cvek; y algunos trabajos de Heithersay³ y de Webber⁴. En los casos que presentan se observa la formación de una barrera apical que permite la obturación y sellado del conducto. Hay, por tanto, unos resultados muy gráficos y alentadores, con éxitos que conllevan la desaparición de la sintomatología y de la patología periradicular; visualizándose radiográficamente una barrera calcificada apical. Esto permite calificar esta técnica de fácil de realizar y con muy buenos resultados. Pero, a pesar de los éxitos conseguidos con el hidróxido de calcio, la técnica de apicoformación con este material presenta varias desventajas, como son las múltiples citas necesarias en un largo periodo de tiempo, la colaboración del paciente, el resultado impredecible de formación de una barrera apical, problemas estéticos, gastos, y sobre todo, alta solubilidad del material a los fluidos, susceptibilidad a microfiltraciones coronarias y a fracturas de estos dientes debilitados.

Una alternativa a las múltiples citas ha sido el emplear una barrera artificial apical que impida la sobre obturación, como fosfato tricálcico⁵, un tapón de dentina⁶, hidróxido de calcio, cemento de fosfato cálcico⁷, etc. Y aunque se solucionan muchos problemas, la posibilidad de fracturas radiculares a menudo limita el pronóstico.

Varias teorías se han elaborado para explicar cómo se desarrolla el tope o barrera apical, pero el mecanismo exacto de acción sigue siendo desconocido; aunque todos los investigadores coinciden que el desbridamiento del espacio pulpar es un factor crítico para conseguir una apicoformación.

Sin duda lo más desalentador es que estos dientes son susceptibles a fracturas, ya que las frágiles paredes del conducto radicular pueden quedar tan débiles que no soportan las fuerzas normales de la masticación.

Según Cvek⁸, un trauma sobre la dentición en desarrollo es mucho más frecuente en los dientes del grupo maxilar y con frecuencia pueden conducir a necrosis pulpar y al posterior cese del desarrollo radicular, por lo tanto, el profesional se tropieza con la dificultad del tratamiento endodóntico, además del problema de restaurarlo al tener unas paredes dentinarias delgadas.

El tratamiento de apexificación en estos dientes es predecible con un gran número de éxitos, sin embargo las finas paredes dentinarias en la unión cemento-dentina, hacen que sean propensos a fracturas por un trauma secundario, por ejemplo, al morder o por un ligero traumatismo, haciendo más difícil restauración.

Los estudios de Cvek han mostrado que a pesar de conseguir el tratamiento con éxito, hay aproximadamente entre un 28 a un 77 por ciento de estos dientes que pueden fracturarse durante o después del tratamiento, dando la impresión a muchos clínicos que este tratamiento tiene un pobre pronóstico; sin embargo el autor afirma que el pronóstico de estos dientes necróticos e inmaduros, dependerá, en gran manera, del estado de desarrollo en el momento de la muerte pulpar.

Cvek⁸ clasificó el desarrollo radicular en cuatro estadios, por estimación radiográfica de la anchura del foramen apical y del largo de la raíz.

Los resultados muestran que a los cuatro años de terminar el tratamiento, hay fracturas cervicales en:

- 1.- Un 77 por ciento en estadio 1 (conducto ancho, divergente apertura apical y largo de la raíz menor que la mitad del largo final).
- 2.- El 53 por ciento en estadio 2 (conducto ancho, apertura apical divergente, largo de raíz la mitad del largo final).
- 3.- Del 43 por ciento en estadio 3 (conducto ancho, apertura apical divergente, largo de raíz dos tercios del largo final).
- 4.- Un 28 por ciento en estadio 4 (foramen apical abierto, raíz casi completamente formada)

Ante estos hallazgos, el autor concluía mencionando que la aparición de fracturas cervicales en más de la mitad de los dientes con formación radicular inmadura tratados endodónticamente, podría ser debida a la acción del hidróxido de calcio. De todos es sabido que el hidróxido de calcio es una medicación muy efectiva en el tratamiento de complicaciones pulpares y periodontales después de un traumatismo o por caries, gracias a su capacidad de evitar el desarrollo bacteriano y de cicatrizar el tejido duro.

Sin embargo se ha visto que este material posee un efecto proteolítico muy fuerte⁹; por tanto, la posible razón de la alta incidencia de fracturas cervicales radicales en dientes

que han sido tratados con una técnica de apicoformación con hidróxido de calcio (además de presentar unas paredes radiculares finas propias de los diente en desarrollo) podría deberse al efecto adverso del hidróxido de calcio sobre la dentina, que la hace progresivamente más frágil, aumentando cuanto más tiempo están en contacto dentina e hidróxido de calcio¹⁰.

Este efecto proteolítico al igual que disuelve los restos pulpares en una semana, también afecta la dentina de alrededor, haciéndola con el tiempo (meses, años) más frágil¹¹. Es importante conocer la relación entre el tiempo y sus efectos, por lo que el uso del hidróxido de calcio solo deberá limitarse a unas pocas semanas¹².

EL MTA EN ENDODONCIA

Desde 1993 se está empleando un nuevo material en Endodoncia, el Mineral Trióxido Agregado (MTA), para sellar perforaciones de la cámara pulpar, el sistema del conducto radicular y los espacios periradiculares. Los principales componentes del MTA son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato, además de otros óxidos minerales, los cuales son responsables de las propiedades físicas y químicas del agregado. La hidratación del polvo da lugar a un gel coloidal que solidifica en una estructura dura que fragua en menos de 4 horas y que tiene una fuerza de compresión igual a la de la amalgama. Las características del MTA dependen del tamaño de las partículas, la relación polvo-agua (3 a 1), la temperatura ambiente, y de la presencia de humedad y de aire entre las partículas¹³. Los primeros estudios sobre las aplicaciones del MTA se realizaron con el sellado de perforaciones laterales y sobre la capacidad de sellado como material de obturación. Desde entonces los estudios hechos sobre el MTA han sido innumerables: En 1995 se investigó su filtración; adaptación marginal; biocompatibilidad; citotoxicidad y mutagenicidad, entre otros¹⁴. En 1996 se estudio la respuesta de los tejidos periradiculares al material; efectos sobre la pulpa del perro; la influencia sobre el cierre apical; como material de recubrimiento pulpar; reacción de los tejidos óseos; y se describe el primer caso de Apicoformación (Tittle y cols.)¹⁵. En 1997 se estudia su potencial osteogénico; la filtración ante bacterias anaerobias; la formación de un puente dentinario en recubrimientos; tiempo de fraguado y retención; citotoxicidad sobre el ligamento periodontal; y es descrito por Shabahang y Torabinejad su aplicación y resultados en Apicoformación¹⁶. Un par de años después en el congreso de la AAE de 1999, Green y cols., muestran la similitud en propiedades entre el cemento Pórtland y el MTA, compuestos por los mismos ingredientes, ya que ambos tienen unos efectos similares sobre las células pulpares y favorecen el depósito de dentina de reparación después de una lesión pulpar¹⁷.

Funteas y cols. Afirman que no hay diferencias significativas entre los 14 elementos que componen el cemento Pórtland y el MTA con excepción del Bismuto presente en el MTA¹⁸.

Presentado en dos colores gris y blanco, adquiere gran popularidad en Estados Unidos y se extiende en todo el mundo, empleándose, sobre todo, como material de retroobturación en cirugía perirradicular y en las perforaciones iatrogénicas. Pero también se comienza a aplicar en lesiones traumáticas de los dientes, en la terapia de la pulpa vital, recubrimientos y pulpotomías en Odontopediatría; como barrera artificial en dientes con ápice abierto; en los casos de fracturas radiculares cuando la pulpa del fragmento coronario presenta necrosis pulpar, con el mismo objetivo que en la apicoformación, el conseguir una barrera artificial contra la que obturar¹⁹.

Por tanto, desde el año 1999 se vienen realizando apexificaciones mediante el empleo del MTA como tapón apical. La técnica de empleo de apicoformación con MTA más acertada es la descrita por Bakland que consiste en un tratamiento combinado de hidróxido de calcio y de MTA²⁰. Sin embargo la mas difundida, utilizada y documentada es la reportada en el Manual de

Traumatismos Dentarios de Andreasen et al, publicado en el año 2003. La técnica, paso a paso, es la siguiente:

- 1.- Una vez hecho el diagnóstico de necrosis pulpar y ápice abierto, se anestesia la zona y se aísla el diente con el dique de goma. A continuación se realiza la cavidad de acceso, que tendrá por característica ser de igual tamaño o mayor que la cámara pulpar y el conducto
- 2.- Se extirpa el tejido pulpar hasta el nivel apical, pudiendo aparecer una ligera hemorragia procedente de tejido periapical sano. Se irrigan abundantemente la cámara y el conducto radicular con hipoclorito sódico (en una proporción en agua del 50 por ciento o menor)
- 3.- Se comienza a preparar y conformar el conducto con limas manuales, hasta el largo de trabajo, conseguido previamente con medios radiológicos. Esta preparación deberá hacerse de forma conservadora, nunca agresiva ni violenta, para preservar la mayor cantidad posible de estructura dentinaria de la raíz.
- 4.- El empleo del hipoclorito sódico favorece la desinfección del conducto y cuando consideramos que este objetivo se ha conseguido, se seca con puntas de papel del 100 al 140, de manera suave, medidas al largo de trabajo. Una vez seco y sin secreciones, se coloca en el interior del conducto una mezcla de hidróxido de calcio, ya sea preparando el polvo con Agua destilada e introducido con léntulos, limas manuales, o mediante una jeringuilla que contiene este preparado comercial y que suele estar mezclado con metilcelulosa como vehículo. A continuación se coloca una bolita de algodón y se sella la cavidad con varios milímetros de una obturación temporal (Cavit, oxifosfato de zinc, ionómero de vidrio o composite).^{21, 22}

El hidróxido de calcio deberá estar en el interior del conducto entre un mínimo de 2 semanas a un máximo de 4 semanas. Como se ha reportado por varios autores, el hidróxido de calcio tiene un gran efecto desinfectante y antimicrobiano, y reduce la inflamación de los tejidos periapicales.

5.- En la siguiente cita, se irriga el conducto con hipoclorito sódico, varias veces, intentando eliminar el hidróxido de calcio, ayudándonos mediante un limado circunferencial con limas manuales medidas al largo de trabajo. Se seca el conducto con puntas de papel. A continuación se prepara la mezcla de MTA con agua destilada o solución anestésica, de tal forma que sea homogénea y manejable. La consistencia del material puede controlarse eliminando el exceso de humedad con una gasa seca. El transporte del material de la loseta a la cámara pulpar puede hacerse mediante un porta-amalgamas para llevarlo e introducirlo en el conducto.

6.- El MTA se condensa en el conducto con la ayuda de puntas de papel o atacadores de gutapercha, correctamente medidos con topes de goma a 4-5 milímetros del largo de trabajo para evitar la extrusión del material. Se van condensando pequeñas porciones del MTA en el conducto de una forma suave y firme, depositándolo en su parte apical hasta conseguir entre 4 - 5 mm de tapón apical.^{23, 24} Posteriormente conviene comprobar la situación y colocación del MTA mediante

radiografías periapicales y, en caso de que su adaptación no sea la correcta, el MTA puede lavarse con solución salina y limas, repitiéndose de nuevo el proceso. En determinadas ocasiones si el foramen apical del diente inmaduro es de una anchura que pueda favorecer la posible sobreobturación con MTA, sería aconsejable, antes de poner el MTA, crear un tope con un material reabsorbible de fosfato tricálcico o hidroxapatita o matriz colágena que favorezca la condensación del MTA sin que haya salida abundante a los tejidos periapicales.

7.- Una vez conseguido el objetivo de obtener un tapón apical de 4-5 mm, para favorecer el fraguado del MTA, que es un material hidrófilo, se coloca una bolita de algodón humedecida en el interior de conducto-cámara pulpar y se sella con un material de obturación temporal (Cavit, oxifosfato de zinc o composite). El fraguado del MTA se puede conseguir a partir de las 4 horas.^{25, 26}

8.- Cuando el MTA ha fraguado, a las 4-6 horas, el tratamiento puede terminarse. Se elimina la bolita de algodón y se confirma, de forma no agresiva, el fraguado y dureza del MTA. A continuación se puede obturar el conducto con cemento sellador y gutapercha termoplástica o mediante la técnica de obturación preferida. En esa misma cita se restaura el diente con un material compuesto. La obturación ideal sería la realizada mediante un grabado interno del conducto y un material compuesto desde el tercio medio del conducto (en largo) hasta la cavidad de acceso coronario, para así conseguir fortalecer el diente y hacerlo más resistente a la fractura.^{27, 28}

Ante esta situación surge una pregunta: ¿Podemos llamar apexificación al empleo de MTA como material de barrera apical? La respuesta es sí. Es aconsejable su uso y, aunque todavía es pronto para confirmarlo, puede estar indicado en la mayoría de dientes necróticos con ápice abierto, e incluso con una morfología apical extraña.

De este modo, el MTA es una alternativa al largo tratamiento de la apicoformación convencional con hidróxido de calcio, porque: En primer lugar, la barrera apical que se consigue tiene una buena capacidad de sellado y favorece la formación de un tejido apical duro de gran consistencia y con el mismo grado de inflamación que el hidróxido de calcio o la proteína osteogénica-1. En segundo lugar, en directa aposición con el MTA hay formación de hueso y cemento y un tejido periapical mínimamente inflamado, como vemos en los cortes histológicos de los trabajos de Shabahang y cols.^{29,30}

Numerosos han sido los trabajos sobre el MTA en apexificación y revisando algunos de ellos, tenemos los realizados en la Universidad de San Antonio, en Texas; -en los que se obtiene un tapón de MTA de al menos de 4 mm, no se emplea gutapercha en la obturación, y si un grabado interno del conducto y un sistema de poste de resina reforzado. Gracias a esta técnica se reduce el tiempo de tratamiento y mejora el pronóstico a largo plazo.³¹ En otras publicaciones, se aconseja la condensación manual, como el método preferido para la colocación del MTA; y que el polvo de MTA que sobra de un paquete abierto puede emplearse pero teniendo en cuenta que en un ambiente con humedad elevada este material fraguará con mayor rapidez.³²

Para Fridland y cols., la presencia excesiva de líquido hace la mezcla difícil de manejar y de compactar. Por tanto, la relación agua-polvo recomendada por el fabricante (3 a 1) sería la mejor proporción, aunque en ocasiones esta mezcla toma el aspecto como de sopa. Este problema puede resolverse cubriendo la mezcla con una gasa húmeda y esperando hasta obtener la consistencia adecuada.³³

También se ha recomendado por Stowe y cols., el reemplazar el agua por gluconato de clohexidrina al 12 por ciento para aumentar la actividad antimicrobiana del ProRoot MTA.³⁴

En otros estudios hechos por Arch y cols., se ha visto que el MTA tiene la capacidad de sellar el ápice de manera excelente; y que además tiene capacidad osteogénica y muy buena biocompatibilidad.³⁵

En estudios más recientes, Apaydin et al., muestra que no hay diferencias significativas en la cantidad de cemento o hueso formados según sea MTA recién preparado o fraguado.³⁶

Bullock y cols., refieren que durante su empleo hay que evitar la contaminación con saliva, ya que el MTA no contaminado filtra menos; y si hubiera filtración, ésta ocurriría en la interfase dentina-MTA y no a través del MTA.³⁷

Para Matt y cols., al comparar el MTA blanco y el gris en aplicaciones de una o dos visitas, encontraron que el MTA gris filtraba menos que el blanco y que el empleo en dos citas, mostraba menor filtración que si se hacía en una sola sesión. Su recomendación era, que 3-5 mm de barrera apical de MTA gris, empleando una técnica en dos sesiones en casos de ápice abierto se obtendrían mejores resultados.³⁸ Pero para conseguir las mejores propiedades y su fraguado al hidratarse, era necesario conseguir en el conducto un pH alcalino, de aproximadamente 9, favoreciendo así el aumento de su dureza; mientras que con un pH 5, que afectaría las propiedades físicas y al fenómeno de la hidratación.³⁹

Para Lawley y cols., si se coloca el MTA mediante ultrasonidos, seguido de un material compuesto, se conseguirá un mejor sellado del MTA (de 4 mm), reduciéndose además la posibilidad de fracturas ya que la resistencia obtenida es mayor que con la obturación de gutapercha y cemento sellador.⁴⁰

Sarkar y cols., han demostrado que el MTA en un ambiente oral simulado no es un material inerte, es bioactivo; ya que en contacto con un fluido tisular sintético se disuelve liberando todos sus componentes catiónicos y provoca la precipitación de hidroxiapatita en su superficie y en los fluidos de alrededor. Además parece que se une químicamente a la dentina cuando se coloca contra ésta, posiblemente por la reacción-difusión controlada entre la superficie de apatita y la dentina.⁴¹

Los éxitos clínicos del MTA en la técnicas de sellado, biocompatibilidad y actividad dentinogénica, son debidos, según los autores, a las reacciones físico-químicas mencionadas.

Ventajas y desventajas del MTA en apexificaciones.

Entre las ventajas tenemos:

- La apicoformación en una sola cita puede reducir el tiempo de tratamiento entre la primera cita y la restauración final.
- El sellado apical favorece la regeneración ósea.
- Menos fracturas, ya que una restauración de composite puede colocarse inmediatamente en el interior del conducto radicular, con o sin gutapercha. ⁴²⁻⁴⁶

Entre las desventajas:

- Dificultad para prepararlo, manejarlo e introducirlo en el conducto radicular, sobre todo en los dientes largos y estrechos.
- Posibilidad de sobre-obturación.
- Factor económico.⁴²⁻⁴⁶

Al comparar los materiales, podemos observar las diferencias entre el hidróxido de calcio y el MTA como materiales empleados en tratamientos de apicoformación. ⁴²⁻⁴⁶

PROPIEDADES	Ca (OH)₂	MTA
Filtración	Si	No
Facilidad de manejo	No fragua	Lento (4 Horas)
Barrera calcificada apical	Si (basada en evidencia)	Si (in vitro y casos clínicos)
Costo del material	Bajo	Elevado
No de sesiones -costo	Elevado	Bajo
Retiro del material	Si- fácil	No
Complicaciones	Pérdida de control-evaluación paciente Grosor del tapón apical Sobreobturación	

Conclusiones.

- La apexificación con MTA puede potencialmente eliminar el largo proceso de la apicoformación clásica con hidróxido de calcio.
- Una técnica en dos visitas es mejor que una sola, ya que permite colocar un algodón humedecido que da humedad adicional a la dada por los tejidos periapicales. Esto permite que el MTA alcance sus propiedades más óptimas.
- No es necesario obturar con gutapercha después de la apicoformación, ya que se puede colocar un material compuesto directamente contra la barrera apical de forma más rápida, y acelerar así el proceso de restauración del diente; reduciéndose el número de fracturas.
- El MTA permite la formación de una barrera apical con buena capacidad de sellado, y además en directa aposición con el MTA hay formación de hueso y cemento y un tejido periapical mínimamente inflamado.
- Es aconsejable seguir las recomendaciones del fabricante al mezclar el MTA para evitar la disminución de sus propiedades.

MTA: GENERALIDADES Y USOS EN ENDODONCIA

Un material llamado mineral trióxido agregado (MTA) ha sido investigado como un compuesto potencial que sella el camino de las comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente. Este material fue desarrollado en la universidad de Loma Linda, y ha sido evaluado en estudios tanto in vitro como in vivo. En una serie de estudios, los resultados obtenidos han sido excelentes, demostrando buenas características, como pH alcalino y adaptación.¹

El MTA es un polvo que consiste en partículas hidrofílicas que endurece en presencia de humedad. La hidratación del polvo con agua destilada crea un gel coloidal con un pH de 12.5 que solidifica para formar una estructura dura y resistente.¹

El MTA es un material que ha sido usado alrededor de todo el mundo, con muchas aplicaciones clínicas tales como, barreras apicales en dientes con ápices inmaduros, reparación de perforaciones radiculares, en obturaciones retrógradas y en recubrimiento pulpar directo. Además puede ser el único que consistentemente permite regeneración del ligamento periodontal, aposición de tejido parecido al cemento y formación ósea.²

Composición química.

El principal componente de este material son los silicatos tricálcicos, el aluminio tricálcico, el óxido tricálcico y el óxido de silicato. El óxido de bismuto ha sido adicionado para brindarle al material radiopacidad. Pruebas electrónicas del MTA muestran que el fósforo y el calcio son los iones presentes en este material, al igual, estos iones también son los principales componentes de los tejidos duros del diente, por lo que el MTA es biocompatible cuando esta en contacto con estos tejidos y células.^{1, 3}

3 CaO-SiO₂ (Silicato tricálcico)

Bi₂O₃ (Óxido de bismuto)

2 CaO-SiO₂ (Silicato bicálcico)

3 CaO-Al₂O₃ (Aluminato tricálcico)

3 CaO-Al₂O₃-Fe₂O₃ (Aluminoferrato tricálcico)

CaSO-2H₂O (Sulfato de calcio dihidratado o Gypsum)

Radiopacidad.

Una de las características ideales de los materiales de obturación es que debe ser más radiopaco que las estructuras que lo rodean cuando es colocado en las cavidades de obturación retrógrada. Se ha determinado la radiopacidad de materiales de obturación retrógrada, encontrando que la amalgama es el material más radiopaco (10mm equivalentes al espesor del aluminio). La radiopacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14mm, IRM 5.30, Super-EBA 5.16mm, MTA 7,17mm y la dentina 0.70mm., por lo que el MTA es más radiópaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible sobre las radiografías.³

Manipulación.

El MTA debe ser preparado inmediatamente antes de su uso. El polvo de MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente 1gr por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta o en papel con una espátula de plástico o metal. La mezcla se lleva con un instrumento de metal o plástico a su sitio de utilización. Si el área de aplicación es muy húmeda esta puede ser removida con una gasa o algodón. El MTA requiere humedad para fraguar; al dejar la mezcla en la loseta o en el papel se origina la deshidratación del material adquiriendo una contextura seca.^{1,3}

Tiempo de endurecimiento.

La hidratación del MTA resulta en un gel coloidal que solidifica en menos de 3 h, las características del agregado depende del tamaño de la partícula, de la proporción polvo liquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido.³

La amalgama ha sido el material que muestra tiempo de endurecimiento más corto y el MTA el más largo. Es considerado que el material utilizado ya sea para sellado de perforaciones, o como obturación retrógrada, endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad sin sufrir una contracción significativa. Esta condición puede permitir una estabilidad dimensional en el material después de su colocación y además disminuye el tiempo que esté sin fraguar en contacto con el tejido vital; sin embargo, en términos generales a mayor rapidez de fraguado del material, más rápido se contrae. Este fenómeno puede explicar porque el MTA tiene significativamente menos pigmentación y filtración bacteriana que otros materiales, ya que al tener un tiempo de endurecimiento mayor que otros materiales con los que es comparado (amalgama, IRM, Super- EBA), hace que sufra menor contracción y de allí sus óptimas cualidades de sellado.^{1,2,3}

Resistencia compresiva.

La resistencia compresiva es un factor importante para considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soporte cargas oclusales. Debido a que los materiales de obturación apical no soportan una presión directa, la resistencia compresiva de estos materiales no es tan importante, como en los materiales usados para reparar defectos en la superficie oclusal.^{1, 2, 3, 4}

La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 Mpa, la cual es comparable a la del IRM y SuperEBA, pero significativamente menor que la amalgama, que es de 311 Mpa.^{3,4}

Solubilidad.

Los materiales comúnmente utilizados para selle de perforaciones y de obturación retrógrada están normalmente en contacto con el fluido del tejido periapical hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o el cemento. En términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad de estos materiales (IRM, SuperEBA, Amalgama y MTA) concluyen que no se evidencian signos relevantes de solubilidad en agua para el SuperEBA, la amalgama y el MTA, mientras que si se observan para el IRM.^{3,4,5}

Erosión.

La erosión de los materiales de obturación puede ocurrir ya sea por ácidos generados por bacterias, ácidos presentes en la comida y bebidas o por fuerzas mecánicas. Los materiales de obturación retrógrada están normalmente en contacto con los fluidos tisulares periapicales hasta que ellos se cubren con tejido conectivo fibroso o cemento. Clínicamente la biocompatibilidad de estos materiales con un buen sellado pueden generar poca o ninguna respuesta inflamatoria en los tejidos periapicales y conllevan a la formación de tejido conectivo fibroso y/o cemento que cubra la porción apical de la raíz.^{4,5}

Microfiltracion.

Cuando un tratamiento no quirúrgico fracasa en la reparación de una lesión periapical de origen endodóntico o el retratamiento esta contraindicado, el tratamiento quirúrgico es necesario. Este tratamiento consiste en la exposición del ápice involucrado, apicectomia, preparación de la cavidad y la obturación retrógrada de ésta. Las cavidades deben ser obturadas con sustancias biocompatibles que prevengan la filtracion de potentes contaminantes a los tejidos periapicales.⁵

El principal objetivo de un material de obturación retrógrada es proveer un sellado apical que prevenga el movimiento de bacterias y la difusión de productos bacterianos a los tejidos periapicales. Varios autores han propuesto que un material de obturación retrógrada ideal debe ser fácil de manipular, radiopaco, dimensionalmente estable, no

absorbible, insoluble, adhesivo a la dentina, no tóxico y biocompatible. Muchas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada en cirugía endodóntica, pero ninguno de ellos ha sido universalmente aceptado como el mejor.

Las técnicas de radioisótopos y de penetración por tinción han sido las más frecuentemente utilizadas como métodos para la evaluación de calidad de selle de varios materiales de obturación. A pesar de la popularidad y de la fácil realización de los estudios de filtración por tinción tienen varias desventajas como: el tamaño de las moléculas de la mayoría de las partículas de tinción son más pequeñas que las bacterias, los estudios de filtración por medio de tinción miden el grado de filtración en un plano, haciendo imposible evaluar el total de la filtración, y comparado con las condiciones clínicas, los estudios de tinción *in vitro* son estáticos y no reflejan la interacción dinámica entre los conductos radiculares y los tejidos periapicales.^{5,6}

Debido a las insuficiencias inherentes de los estudios de filtración por tinción y de radioisótopos y a la ausencia de correlación entre la filtración bacteriana y a las moléculas de tinción y de isótopos, los estudios de filtración bacteriana han sido recomendados para medir el potencial de los materiales de obturación retrógrada.⁷

En un estudio *in vitro* se determinó el tiempo necesario para que el *Staphylococcus epidermidis* penetre 3 mm de espesor en la amalgama, Super-EBA, IRM y MTA cuando se utilizan como materiales de obturación retrógrada. La mayoría de las muestras que fueron obturadas con amalgama, Super-EBA, o IRM comienzan a filtrar desde los 6 hasta los 57 días. En contraste la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el período experimental (90 días). El análisis estadístico de los datos no mostró diferencias significativas entre la filtración de amalgama, Super-EBA, e IRM. Sin embargo, el MTA filtró significativamente menos que los otros materiales de obturación. La capacidad selladora del MTA es probablemente debida a su naturaleza hidrofílica y su poca expansión cuando endurece en un ambiente húmedo.⁷

Posteriormente otro estudio determinó el tiempo necesario para la penetración de la bacteria *Serratia marcescens* en diferentes materiales de obturación retrógrada. Encontrando que el MTA filtra menos rápido que el Super-EBA, este último se comportó mejor que el IRM y la amalgama fue la que presentó mayor filtración en menor tiempo.⁸

La técnica de filtración de fluidos permite evaluar la capacidad de un material de resistir la microfiltración, cuando se somete a cambios de presión. La medición de los fluidos filtrados refleja la totalidad de la filtración acumulada en la interfase restauración - dentina y en consecuencia aporta información con valor cuantitativo. Este método es considerado actualmente confiable para determinar la capacidad de sellado de los materiales de obturación apical. Este método utiliza presiones positivas que ayudan a eliminar los problemas causados por el aire atrapado o fluidos en los estudios de filtración de colorantes. No es destructivo por lo cual permite la repetición de las medidas en las mismas muestras.⁹

Se evaluó la microfiltración del MTA y amalgama con alto contenido de cobre en dientes con obturación retrógrada con el método de filtración de fluidos por un período de 24 semanas, donde el sistema causó movimiento en cuatro posibles puntos de los dientes:

- a) A través de la interfase entre el material de obturación y la estructura dentaria.
- b) Entre el material de obturación propiamente dicho.
- c) A través de la estructura dentaria (túbulos dentinales o cemento), y a través de varios puntos de conexión entre el sistema de microfiltración y el diente. Se encontró que el grupo sellado con amalgama obtuvo una alta conducción de fluidos, mayor que el grupo sellado con MTA después de 4 semanas. Posiblemente concluyendo que entre la estructura dentaria y la amalgama después de este período de tiempo se encuentran áreas significativas de filtración por donde bacterias y sus subproductos pueden escapar.¹⁰

Otro estudio evalúa la microfiltración por medio del sistema de filtración de fluidos en varios materiales de obturación retrógrada in vitro. Las muestras fueron divididas en dos grupos control y cinco grupos experimentales. Los materiales estudiados fueron: amalgama, IRM, resina, Super-EBA y MTA. Los resultados mostraron que la amalgama microfiltró significativamente más que el Super-EBA, la resina y el MTA, pero no se encontraron diferencias significativas en los otros tres grupos. Ningún material fue capaz de proveer un selle resistente a la filtración. Aunque no existe evidencia absoluta que un selle hermético sea necesario para el éxito clínico, la pregunta es qué tanto movimiento de fluidos es significativo. Los espacios grandes que permitan la filtración de bacterias es obviamente indeseado. También se debe tener consideración por los espacios pequeños que puedan permitir la filtración de toxinas bacterianas y nutrientes de microorganismos. Por esta razón un selle apical que sea impermeable a pequeñas moléculas debe ser lo ideal por conseguir, y el método de filtración de fluidos utilizado en este estudio puede permitir la detección de pequeños espacios por los cuales pueden pasar pequeñas moléculas.⁶⁻¹¹

Se han utilizado otras técnicas como el microscopio monofocal y el microscopio electrónico de barrido (SEM) para evaluar la adaptación y la capacidad selladora de los diferentes materiales de obturación retrógrada.¹¹

Se realizó un estudio in vitro para comparar la habilidad del sellado del MTA, amalgama libre de Zinc y el Super-EBA, utilizando colorante fluorescente de rodamina B con microscopio monofocal. Los resultados indican que aquellas cavidades obturadas con MTA presentan un menor grado de filtración del colorante encontrando casos donde el colorante no penetró en absoluto. Las cavidades obturadas con Super-EBA filtran menos que las obturadas con amalgama; sin embargo, el colorante no sólo penetró en la unión entre el Super-EBA y las paredes dentinales, sino que se incorporó dentro del material.⁷⁻¹¹

Citotoxicidad.

Una variedad de sistemas de evaluación están disponibles para determinar la citotoxicidad de los materiales dentales en cultivos de poblaciones celulares. Las pruebas de permeabilidad monitorean la integridad de las membranas celulares por la inclusión o exclusión de colorantes vitales, o por la liberación de cromo radioactivo. La replicación de estas pruebas indirectamente demuestran la habilidad de las células para proliferar por medio de la medición de la incorporación de nucleótidos análogos que han sido marcados o son detectados por inmunoensayo durante la síntesis de DNA. Los cambios en el citoesqueleto celular o de la superficie celular son observados por estudios morfológicos. Finalmente las pruebas funcionales típicamente evalúan la habilidad de las células para proveer la energía necesaria para las actividades anabólicas, o los productos finales de tales actividades. La mayoría de los estudios que evalúan la citotoxicidad de los materiales de obturación retrógrada utilizan la prueba de MTT para medir la actividad de la deshidrogenasa mitocondrial. Esta consiste en un sustrato amarillo que produce un producto azul oscuro en mitocondrias activas, por lo tanto esta reacción solamente ocurre en células metabólicamente activas.¹²

La decisión de usar una prueba particular esta basado en la naturaleza química del material que va a ser evaluado. Por ejemplo, si un material no causa un cambio en la permeabilidad de las membranas celulares, una prueba de permeabilidad es menos apta para determinar la citotoxicidad de una manera válida. Ya que el MTA es una sustancia hidrofílica al liberar componentes iónicos, esta puede ser más apta para interferir con las actividades enzimáticas intracelulares que influyan en la permeabilidad de la membrana. Por lo tanto el MTT es una prueba adecuada para este material.¹² En estudios realizados con el fin de evaluar la citotoxicidad de varios materiales de obturación retrógrada como son: la amalgama, Super-EBA y MTA, este último mostraba que no afectaba la actividad de la deshidrogenasa mitocondrial y que causaba una pequeña pero estadísticamente significativa reducción de la proliferación celular.¹³ De igual manera estudios comparativos muestran que el material más citotóxico en un material recién preparado es la amalgama, y el menos citotóxico en esta condición es el MTA, por el contrario en la evaluación a las 24 horas la amalgama disminuye su citotoxicidad y el MTA la aumenta, disminuyéndose nuevamente de forma significativa a largo plazo.¹³

Indicaciones:

Terapia en pulpas vitales.

El procedimiento del recubrimiento pulpar se basa principalmente sobre la capacidad del tejido pulpar para repararse. Varios factores afectan este proceso incluyendo, la edad, la condición periodontal y el estadio de formación radicular. Factores durante el procedimiento tales como el tamaño de la exposición, su naturaleza (traumática, mecánica o bacteriana) y la contaminación microbiana del sitio han sido descritos como determinantes en el éxito del recubrimiento pulpar.¹⁴ La reparación de las exposiciones pulpares no dependen del material de recubrimiento, pero sí está relacionado con la capacidad de estos materiales para evitar la filtración bacteriana, y por otro lado también depende de las condiciones de asepsia en las que se realiza este tipo de procedimientos. En algunos estudios, el MTA ha demostrado

prevenir la filtración bacteriana, además de tener un alto grado de biocompatibilidad, por tal motivo ha sido usado como material de recubrimiento pulpar en pulpas expuestas mecánicamente en monos. Los resultados de estos estudios demuestran que el MTA estimula la formación de un puente de dentina adyacente a la pulpa. La dentinogénesis del MTA puede ser debida a su habilidad selladora, biocompatibilidad, alcalinidad o posiblemente otras propiedades asociadas a este material.¹

Un puente dentinal puede ser un signo de reparación o de irritación, y es conocido que la presencia de bacterias es un factor determinante en la inhibición de la reparación de las exposiciones pulpares. Desafortunadamente el hidróxido de calcio no se adhiere a la dentina y pierde su capacidad de selle. Defectos en los puentes de dentina bajo el recubrimiento con hidróxido de calcio puede actuar como vías para la microfiltración. Este material también tiene la tendencia a disolverse con el paso del tiempo.¹⁴

Cuando se utiliza el MTA se forman puentes delgados, encontrándose una capa odontoblástica, además presenta muy pocas veces hiperemia, y menos microfiltración cuando es comparado con el material más usado en estos casos como es el hidróxido de calcio.¹⁴ El recubrimiento pulpar con MTA produce cambios citológicos y funcionales de las células pulpares, resultando en la producción de dentina reparativa sobre la superficie de una pulpa expuesta mecánicamente. El MTA ofrece un sustrato biológicamente activo para las células pulpares, necesario para regular los eventos dentinogénicos. El efecto inicial del MTA sobre la superficie de la pulpa expuesta mecánicamente es la formación de una capa de estructuras cristalinas. Esta reacción inmediata indica la estimulación de la actividad biosintética de las células pulpares por el recubrimiento, pero no puede ser caracterizada como una inducción directa de la formación de dentina reparativa. Una nueva matriz de formas atubulares con inclusiones celulares son observadas debajo del material a las dos semanas. Al evaluarlo bajo microscopio electrónico de barrido se encontraron fibras colágenas, las cuales están en contacto directo con la capa cristalina superficial. La dentinogénesis reparativa se obtiene claramente a las tres semanas del recubrimiento, asociada con una matriz fibrodentinal. Por lo tanto el MTA es un material efectivo para el recubrimiento pulpar directo, ya que favorece la formación de un puente de tejido duro durante el proceso de reparación, teniendo en cuenta que el procedimiento sea realizado bajo una total asepsia.¹⁵

El procedimiento clínico recomendado para los recubrimientos pulpares directos y pulpotomías en dientes con ápices inmaduros es el siguiente: después de anestésiar y aislar con tela de caucho, lavar la cavidad y el sitio de la exposición pulpar con NaOCl diluido. En casos de pulpotomías, la pulpa coronal debe ser removida con una fresa larga de diamante con refrigeración continua. El sangrado en el sitio de la exposición puede ser controlado con una mota de algodón impregnada con NaOCl., mezclar el polvo del MTA con agua estéril y colocar la mezcla en la cavidad de acceso con un porta-amalgama plástico grande. Colocar la mezcla contra el sitio de la exposición con una mota de algodón húmeda, luego poner una mota de algodón seca sobre el MTA y rellenar el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Con el consentimiento del paciente rellenar toda la cavidad con MTA, colocando una gasa húmeda entre el diente tratado y el diente antagonista, e indicarle al paciente que evite masticar por ese lado de 3 a 4 horas. Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser usado como material de obturación permanente, debe ser removido una semana después de 3 a 4 mm del MTA y se coloca la restauración definitiva final sobre

el MTA. Hacer un seguimiento de la vitalidad pulpar, clínica y radiográficamente de 3 a 6 meses según sea necesario. El tratamiento de conductos podrá o no realizarse, dependiendo de su necesidad.¹

Apexificación.

Varios materiales han sido utilizados como medicamentos intraconducto para la formación de tejido duro o como un tope apical para prevenir la extrusión de materiales de obturación en dientes con ápices abiertos.¹

El hidróxido de calcio se ha convertido en el material de elección para la apexificación. Se han realizado estudios donde se evaluaron los efectos del hidróxido de calcio en incisivos de monos con formación radicular incompleta y se reportó que los dientes con formación radicular incompleta tienen un pH en los rangos fisiológicos normales, mientras que los dientes con formación radicular completa tienen un pH en un rango de 10.0 a 12.2. El alto pH del hidróxido de calcio puede inducir la actividad de la fosfatasa alcalina, y la presencia de una alta concentración de calcio puede incrementar la actividad de la fosfatasa calcio dependiente. A pesar de su popularidad para los procedimientos de apexificación, la terapia con hidróxido de calcio tiene algunas desventajas inherentes que incluyen la variabilidad en el tiempo del tratamiento, cierre apical impredecible, dificultad para el seguimiento de los pacientes, y el fracaso en el tratamiento. Por lo que continúa la búsqueda para encontrar procedimientos y materiales que puedan permitir el cierre apical continuo en dientes con ápices inmaduros. Las proteínas morfogenéticas (BMP's) han sido recientemente usadas para promover la formación de hueso. Se ha examinado histológicamente la extensión de la actividad osteogénica en implantes que contienen un portador de colágeno con diferentes cantidades de proteína osteogénica-1 (OP-1). Y se encontró que inducen formación de hueso en una forma dosis dependiente. Otra alternativa de tratamiento a largo plazo para el procedimiento de apexificación es el uso de una barrera artificial que permite la obturación inmediata del conducto.¹⁶

Se realizaron estudios para comparar la eficacia de la OP-1, hidróxido de calcio y MTA para la inducción de formación de la raíz, donde el MTA fue usado como tope apical en premolares inmaduros de perros que fueron infectados a propósito y luego desinfectados con hidróxido de calcio. Los resultados mostraron que el MTA induce la formación de tejido duro más frecuentemente, y su uso fue asociado a menor inflamación que con los otros materiales. Basados en estos resultados el MTA puede ser utilizado como una barrera apical en dientes con ápices inmaduros.¹⁶

Otra técnica utilizada para procedimientos de apexificación ha sido la combinación de la colocación de una barrera de MTA con la subsiguiente adhesión interna contra la barrera, que pueda disminuir el tiempo del tratamiento y aumentar el pronóstico a largo tiempo. Los fabricantes recomiendan que se debe colocar de 3-5mm de espesor de MTA en el ápice para los procedimientos de apexificación. En este estudio se evaluaron las propiedades del material en dos espesores diferentes, una siguiendo las especificaciones (4mm) y otra considerablemente menor (1mm), por dos razones: la primera, la colocación a través de una cavidad de acceso con mínima resistencia en el ápice puede hacer el espesor un reto para el control. Y segundo, la cantidad colocada como una barrera va a determinar la profundidad máxima de adhesión que puede alcanzar cuando es internamente colocado en la raíz. Entre más grande el espesor de la barrera presente,

menor la longitud de la raíz disponible para la adhesión. Los resultados mostraron que el espesor de MTA no tiene ningún impacto en la filtración pero si ejerce un impacto significativo en el desplazamiento de la resistencia.¹⁶

Antes de la colocación del MTA se recomienda que los conductos sean medicados con hidróxido de calcio por 1 semana, con la subsiguiente remoción utilizando hipoclorito de sodio e instrumentando los conductos, y se evaluaron los efectos de los remanentes del hidróxido de calcio a lo largo de las paredes en la capacidad selladora de la gutapercha y el cemento sellador, encontrando una disminución significativa en la filtración de colorantes en los conductos medicados con hidróxido de calcio. Estos autores deducen que el hidróxido de calcio reacciona para formar carbonato cálcico proporcionando una disminución en la permeabilidad, pero con el tiempo el carbonato cálcico reabsorbible puede crear espacios en la interfase material-dentina. Sin embargo la medicación con hidróxido de calcio no tiene un efecto significativo en la filtración con el MTA o en el desplazamiento de la resistencia. Asumiendo que los remanentes de hidróxido de calcio en las paredes con ápices abiertos no afectan las propiedades del MTA.¹⁶

El procedimiento clínico recomendado en la utilización del MTA en dientes permanentes con necrosis pulpar y ápices con formación radicular incompleta es el siguiente: después de anestesiar, aislar con tela de caucho, y preparar un acceso adecuado, el sistema de conductos radiculares, se debe desinfectar instrumentando e irrigando con NaOCl. Para desinfectar el conducto radicular, se introduce el hidróxido de calcio como medicamento intraconducto por una semana. Después de irrigar el conducto radicular con NaOCl y eliminar el hidróxido de calcio, se seca con puntas de papel, se mezcla el polvo del MTA con agua estéril y se lleva la mezcla con un porta-amalgama grande al conducto. Posteriormente, se condensa el MTA hacia el ápice de la raíz con condensadores o puntas de papel, creando un tapón apical de MTA de 3 a 4 mm. y se verifica su extensión radiográficamente. Si la obturación de la barrera apical falla en el primer intento se debe lavar el MTA con agua estéril y repetir el procedimiento. Colocar una torunda de algodón húmeda en el conducto y cerrar el acceso preparado de la cavidad con un material de obturación temporal por lo menos de tres a cuatro horas. Obturar el resto del conducto con gutapercha o con resina en dientes con paredes delgadas como está indicado, y sellar la cavidad de acceso con una restauración definitiva. Evaluar y valorar la cicatrización apical clínica y radiográficamente.¹

Reparación en perforaciones dentales.

Las perforaciones dentales pueden ocurrir durante el procedimiento endodóntico o en la preparación para postes y también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radiculares. La reparación de la perforación después de un procedimiento accidental o como consecuencia de una reabsorción interna puede ser realizada intracoronalmente o mediante un procedimiento quirúrgico. Materiales como el Cavit, oxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio, amalgama, gutapercha, e hidroxiapatita han sido usados para reparar perforaciones.¹

El MTA ha sido utilizado experimentalmente para reparar perforaciones de furcacion en

dientes de perro. Se observó que en ausencia de contaminación la respuesta del tejido fue caracterizada por una ausencia de inflamación y por la formación de cemento en la mayoría de los dientes estudiados. Igualmente algunos autores han reportado resultados en casos clínicos de dientes humanos en la reparación de perforaciones de furcación con MTA, y observaron que este material permite la reparación de hueso y la eliminación de síntomas clínicos.¹⁸

El procedimiento clínico recomendado para la reparación intracoronal de perforaciones radiculares es el siguiente: después de anestésiar, colocar la tela de caucho y localizar el sitio de la perforación, el área se lava con NaOCl diluido. En caso de perforaciones por largo tiempo contaminadas, el NaOCl se debe dejar en el sistema de conductos radiculares por un par de minutos, para desinfectar el sitio de la perforación. Luego se completa la instrumentación y obturación de los conductos con gutapercha y sellador hasta el sitio de la perforación, luego mezclar el MTA con agua estéril y colocarlo en el lugar de la perforación con un porta- amalgama y empacarlo contra el sitio con un empacador o con una mota de algodón. Luego de reparar la perforación con MTA, colocar una mota de algodón húmeda sobre el MTA y sellar la cavidad de acceso con un cemento temporal. Después de tres o cuatro horas, remover el cemento temporal y la torunda de algodón y colocar el material de obturación radicular permanente en la raíz y/o en la preparación de la cavidad de acceso. Cuando el MTA se usa en perforaciones, con alto grado de inflamación, el material permanece suave al examinarlo en una segunda cita. Esto se debe a la presencia de un pH bajo, el cual previene un fraguado adecuado del MTA. En estos casos, se elimina el MTA y se repite el procedimiento. Se evalúa la cicatrización de tres a seis meses.¹

Respecto a lo anterior en cirugías apicales, o reparación de perforaciones es típica la presencia de un área de inflamación, la cual puede tener un pH normal de 7.4 o un pH ácido por debajo de 5.0. En un pH ácido se puede afectar la adhesión de un material, incrementar la solubilidad de éste, o inhibir las reacciones deseadas ante éste. Si la infección o la inflamación persisten, puede ocurrir la erosión del material utilizado ocasionado por las bacterias o por la presencia de este ambiente ácido. Por lo tanto la capacidad selladora de un material puede ser directa o indirectamente afectado por estos cambios físicos.¹⁹

Se ha demostrado que la amalgama presenta una mayor solubilidad en un ambiente ácido que en uno neutro, ya que en un ambiente con pH de 2.5 hay mayor liberación de mercurio comparado con un pH de 7.0.²⁰ De igual manera otros materiales como el Super-EBA o los ionómeros muestran mayor desintegración cuando se encuentran en pH ácidos.²⁰

Sin embargo en un estudio en el que se evalúa la capacidad de selle de diferentes materiales (amalgama, MTA, Super-EBA, Geristore) durante 24 horas a pH de 5.0 y de 7.4, se encontró que el MTA y el Super-EBA no presentan filtración significativa ya sea en un pH neutro o ácido, mientras que materiales como la amalgama y el Geristore muestran mayor filtración en un pH neutro, sin ser estadísticamente significativa la diferencia con un pH ácido, lo que muestra que los materiales no son afectados relevantemente por el pH presente.¹⁹

En perforaciones apicales, la mezcla de MTA se debe llevar a la porción apical del conducto; se puede utilizar una pistola tipo "Messing" ,o con un porta amalgama pequeño y empacarlo con condensadores pequeños, o puntas de papel. Es necesario un

tapón apical de 3 a 5 mm, para prevenir filtración coronal y extrusión del material de obturación hacia los tejidos periapicales. Después de inducir un tapón apical, colocar una mota de algodón mojada contra éste y cerrar el acceso de la cavidad con un material de obturación temporal, luego remover la mota de algodón cuatro horas después y obturar el resto del conducto con gutapercha y sellador. En casos con perforación apical grande y bastante humedad, el establecimiento del tapón apical y la obturación del sistema de los conductos radiculares se puede lograr en una sesión.¹

En reparación de perforaciones por reabsorción interna, el procedimiento clínico recomendado es el siguiente: después de anestésiar y preparar la cavidad de acceso, el conducto radicular debe ser completamente limpiado y desinfectado debido a la presencia de tejido de granulación y comunicación entre el conducto radicular y el periodonto, usualmente se encuentra hemorragia abundante en estos casos. El uso de NaOCl durante la limpieza y preparación y la colocación de hidróxido de calcio entre citas reducen el excesivo sangrado. Después de lavar el Hidróxido de Calcio del conducto con NaOCl o alcohol en la siguiente cita, obturar el tercio apical con técnica de obturación lateral con gutapercha y sellador. Posteriormente, colocar la mezcla de MTA en el defecto y condensarlo con la ayuda de condensadores y motas de algodón. Colocar una bolita de algodón húmeda sobre el MTA y cerrar la cavidad de acceso con un material de obturación temporal. Luego de tres a cuatro horas, remover el cemento temporal y el algodón y colocar el material de obturación permanente en la cavidad de acceso y evaluar la cicatrización de tres a seis meses.¹

Cuando la reparación de las perforaciones fracasan después del abordaje intraconducto o si la perforación es inaccesible por medio de la cavidad de acceso esta indicado el abordaje quirúrgico de estos errores. El procedimiento clínico recomendado es el siguiente: después de levantar un colgajo y localizar el sitio de la perforación, el defecto debe ser modificado con una fresa pequeña. Como el MTA no fragua, sino después de 3 a 4 horas, es fundamental controlar por completo la hemorragia antes de hacer cualquier intento de reparar el área perforada. La presencia de excesiva de humedad en el campo operatorio hace que el material sea muy suave y difícil de controlar. Después de mezclar el polvo del MTA con agua estéril, se coloca en la cavidad preparada y se condensa con un condensador, luego remover el exceso con una cucharilla o con una gasa húmeda. No lavar el área después de colocar el MTA en el sitio de perforación. Se sutura el colgajo en su lugar y se evalúa la cicatrización.¹

Obturación retrógrada.

Numerosas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada. La principal desventaja de estos materiales incluye su poca capacidad para prevenir el egreso de irritantes de los conductos radiculares infectados a los tejidos periapicales, la ausencia de una completa biocompatibilidad con los tejidos vitales, y su incapacidad para promover la regeneración de los tejidos periapicales a su estado normal.¹

El sistema de adhesión a un ligamento periodontal funcional, consiste en un cemento sano, ligamento periodontal y hueso. La capacidad de permitir la regeneración de este sistema es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, en apexificaciones, selle de perforaciones, obturación retrógrada, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y el tejido periapical. Estudios histológicos han reportado que nuevo cemento puede ser formado adyacente a pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos periodontales. Estos materiales incluye el MTA.²¹ Una verdadera regeneración requiere la interacción entre osteoblastos, fibroblastos y cementoblastos, y estos últimos son el tipo de célula más apropiados para estudiar los efectos de los materiales endodónticos sobre la cementogénesis. En un estudio se demostró que el MTA se adhiere a células cementoblásticas, factores de crecimiento, mRNA, y expresión de proteínas involucradas en un proceso de mineralización. Estos resultados soportan que el MTA es un material cementoconductor ya que permite la expresión de genes y proteínas involucradas con el proceso de la cementogénesis.²²

Algunas reacciones de los tejidos periapicales han sido descritos cuando es utilizado el MTA como material de obturación retrógrada: tanto tejido blando como delgadas capas de tejido duro han sido observados en contacto con el MTA. A la primera semana, se observa células poligonales y basofílicas con núcleo largo y pocas fibras colágenas alrededor o muy cerca de la superficie del MTA. Fibroblastos y fibras colágenas paralelas se observan a las dos semanas. De 3 a 5 semanas las raíces con MTA tienen una cápsula fibrosa, con delgadas capas de tejido duro.²² En este mismo sentido, cuando el MTA es comparado con otro tipo de materiales, se encuentran tanto ventajas como desventajas de cada uno de estos, dentro de los cuales se pueden mencionar: la amalgama, el cual ha sido el material más utilizado, que aunque ha tenido buenos resultados clínicos, su uso es controversial, es un material radiopaco, que brinda un buen sellado marginal, estabilidad dimensional, es resistente a la compresión, no reabsorbible, e insoluble, pero por otro lado se corroe, es tóxico, no bacteriostático, libera mercurio, y el tipo de adaptación que brinda es mecánico;²³ otro tipo de material es el Super EBA, al cual se le brinda propiedades como su alta resistencia compresiva y tensil, su pH neutro, tiene una baja solubilidad, y se adhiere a la dentina, pero posee muchas desventajas como su alta sensibilidad a la humedad, irrita los tejidos periapicales, solubilidad parcial en fluidos orales, reabsorbible, sensibilidad de la técnica de manipulación.²⁴ El IRM y el ionómero de vidrio son materiales con efecto antibacterial, sensibles a la contaminación por sangre o saliva, en donde su plasticidad y rigidez impiden su condensación dentro de la cavidad^{25,26}. Por último, las resinas compuestas se han usado en combinación con adhesivos, las cuales han reportado la formación y adherencia de fibras del ligamento periodontal, a pesar de esto, es necesario la presencia de un campo totalmente seco para su colocación, condición difícil de lograr durante una cirugía endodóntica. Por lo anterior, el MTA ha demostrado comparativamente, ser un material con propiedades superiores, aunque todos los

materiales presentan cierto grado de citotoxicidad, ventajas y desventajas, por lo que la elección del material quedará a criterio del profesional según el caso a tratar.

En una serie de estudios in vitro y in vivo se muestra la biocompatibilidad del MTA en cultivos de osteoblastos. En respuesta al material el crecimiento celular fue favorable, y la expresión de Interleuquina (Il) 6, e Il-8 sugiere que puede promover la cicatrización a través de la estimulación del metabolismo óseo. La presencia de Il-8 ha sido mostrada para estimular la angiogénesis, la cual es necesaria para la cicatrización del tejido conectivo. De igual manera el factor de crecimiento transformante b1 (TGF-b1) influencia el desarrollo, remodelado y regeneración de las células; por otro lado una glicoproteína: la osteopontina es expresada y localizada en la superficie radicular durante la cementogénesis. Con respecto a lo anterior, se ha encontrado una marcada inmunoreactividad tanto para el TGF-b1 y la osteopontina en respuesta a la presencia de MTA cuando es utilizado como material de obturación retrógrada.²⁷

Otros usos.

Ya que el MTA provee un selle efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabolitos como endotoxinas, puede ser utilizado como selle coronal (3-4mm) después de completar la obturación de los conductos radiculares y antes de realizar blanqueamientos intracoronales. Se introduce la mezcla del MTA de 3 a 4 mm de espesor en la cavidad preparada, se coloca una mota de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Después de 3 o 4 horas, se remueve el material de obturación temporal y se podrá obturar permanentemente cuando esté indicado. Como material de obturación temporal, se coloca una mota de algodón en la cámara pulpar, y se rellena el resto de la cavidad de acceso con MTA colocando una gasa húmeda entre la superficie oclusal del diente y el diente adyacente. Se le debe informar al paciente que no debe morder por ese lado de 3 a 4 horas y posteriormente remover los excesos de MTA con una fresa redonda en la próxima cita.¹

Para la reparación de una fractura vertical, se debe remover el material de obturación del diente y se deben unir las superficies internamente con resina. Después de levantar un colgajo o de extraer el diente para un reimplante intencional se debe hacer una cavidad sobre toda la superficie de la fractura con una fresa pequeña bajo irrigación constante. Se debe colocar el MTA sobre la superficie, se debe cubrir con una membrana reabsorbible y luego suturar el colgajo. Para mejorar el pronóstico en estos casos el paciente debe ser instruido para seguir una higiene oral meticulosa. A pesar del éxito en algunos casos en la reparación de fracturas verticales, el uso de MTA en casos donde el MTA este en contacto directo con la cavidad oral por un período largo de tiempo es impredecible. Esto es debido al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido.¹

MTA blanco.

Una de las desventajas del MTA gris puesto en una cavidad de obturación retrógrada, es que este material puede comprometer aparentemente la estética de los dientes tratados. Por este motivo se ha introducido recientemente el MTA blanco, intentando eliminar la

pigmentación de los dientes y de los tejidos adyacentes. Teniendo en cuenta esta ventaja el MTA blanco ha sido utilizado para ofrecer un sobresellado al piso de la cámara pulpar, por ejemplo en casos de conductos preparados para núcleo, ofreciéndose un mejor sellado contra la penetración microbiana. La fórmula de este material resulta fácilmente manipulable y compactado dentro de los conductos radiculares. Por lo tanto ha demostrado que no existe pigmentación en ninguno de los dientes tratados con este nuevo material confirmando la capacidad estética que brinda.²⁸

En un estudio realizado para analizar la reacción del tejido conectivo subcutáneo a tubos de dentina con MTA blanco mostró los siguientes resultados: numerosas granulaciones se observaron cerca de la apertura del tubo y generalmente en contacto con el material. Adyacente a la granulación se encontraron áreas extensas de tejido irregular, como un puente de tejido, y se encontró una estructura en el interior de las paredes de los túbulos dentinales. Esta estructura formó una capa que fue observada en diferentes profundidades.²⁹

Por otra parte, en un estudio realizado recientemente, se utilizaron cultivos de osteoblastos celulares primarios, para determinar su reacción ante materiales como son el Pro-Root gris, y el MTA blanco, durante un período de 6, 9 y 13 días con exposición a cada uno de estos materiales. Los resultados sugieren, que el número de células en la superficie de cultivo aumentaron para todas las muestras en todos los períodos de tiempo, excepto para el MTA blanco, donde no se observaron osteoblastos en la superficie del cultivo al término de 13 días. De igual manera, el artículo concluye la necesidad de realizar más estudios, con el fin de evaluar el tipo de comportamiento del MTA blanco, ya que en la actualidad existe muy poca información acerca de este nuevo producto.²

CONCLUSIONES

- En cuanto a procedimientos de recubrimiento pulpar directo, en donde los estudios muestran una respuesta pulpar reparativa ante el MTA, es bien conocido que esta misma respuesta puede presentarse ante cualquier otro material, o aún en ausencia de éste, siempre y cuando se cumpla con la condición de encontrarse en un medio libre de contaminación, durante y posterior a realizar el procedimiento. Por lo que la respuesta de reparación de la pulpa no va a depender del material, sino del ambiente propicio para que se produzca, y el MTA puede favorecer esta condición.
- El MTA se ha considerado como el material ideal actualmente para el manejo de apexificaciones, realizando una barrera apical, con la consiguiente obturación del conducto con gutapercha. Esto nos brinda procedimientos más cortos, ya que es posible realizar endodoncias en una sola cita aún en dientes con ápices inmaduros, evitando procedimientos tan engorrosos como son las terapias con hidróxido de calcio, en donde la predecibilidad de éxito es incierta.
- Para el éxito de las perforaciones, al igual que en procedimientos de recubrimiento pulpar directo, lo más importante es el manejo de la microfiltración. Los estudios evaluados en el presente artículo acerca de este material tanto en perforaciones y como material de obturación retrógrada, muestran que es el único material que consistentemente favorece la regeneración del ligamento periodontal, la aposición de material parecido al cemento y la formación ósea.
- Con respecto al MTA blanco, se aconseja para el manejo de recubrimientos pulpares directos, ya que al tener un componente menor de hierro, favorece la estética, previniendo la pigmentación dental, desventaja que muestra el MTA original.

CASO CLINICO

Paciente masculino de 11 años, estudiante, originario del estado de México que acude a la clínica del **posgrado de Endoperiodontología**, remitido por su dentista general.

La madre del paciente refiere el inicio de un tratamiento de conductos en el diente 46, seis meses atrás sin concluir. Se le realizó historia clínica, serie radiográfica y durante el tiempo que se realizaba el tratamiento de conductos del diente 46, sufrió un traumatismo y se fracturo coronalmente el diente 11 y 21, lo llevaron de urgencia a un consultorio particular y el dentista le realizó inmediatamente, desgaste protésico en ambos dientes para corona total.

Quirúrgicos, traumáticos, toxico-manías, alérgicos y crónicos-degenerativos negados.

Clínicamente, el diente 46 se encontró asintomático, presentó una curación provisional. El diente 11 presentaba sintomatología dolorosa a la percusión y tallado para una corona total, sin presencia de provisional y con obturación provisional. El diente 21 está asintomático y tallado para corona total sin provisional y con obturación provisional.



Además de inflamación moderada en el margen gingival de las caras palatinas del diente 11 y 21.

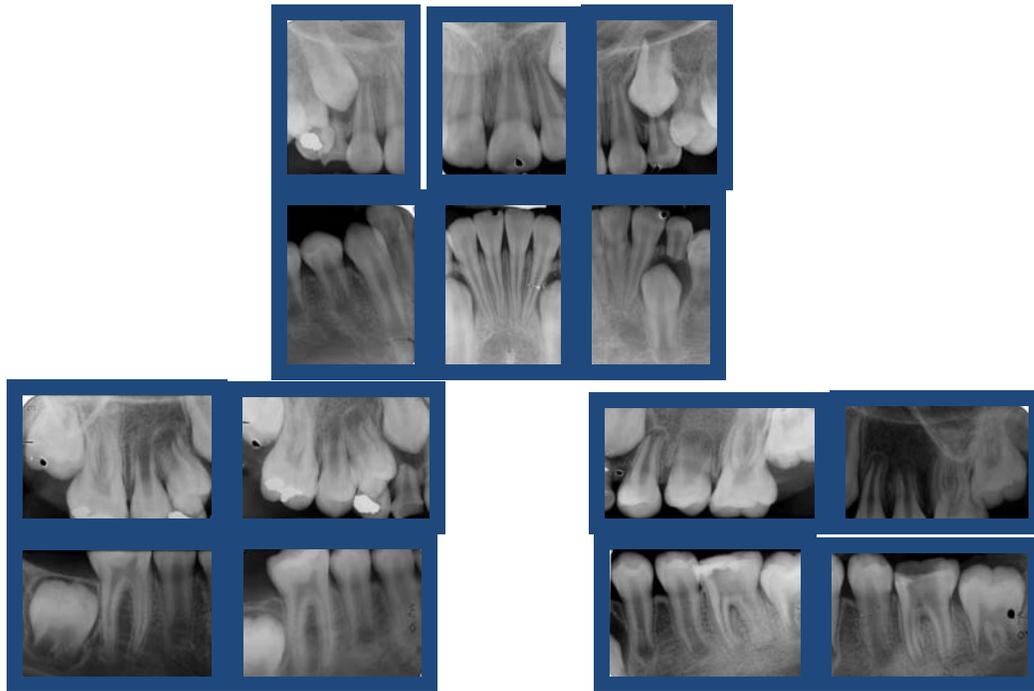
Se observó cambio de coloración en el diente 21.



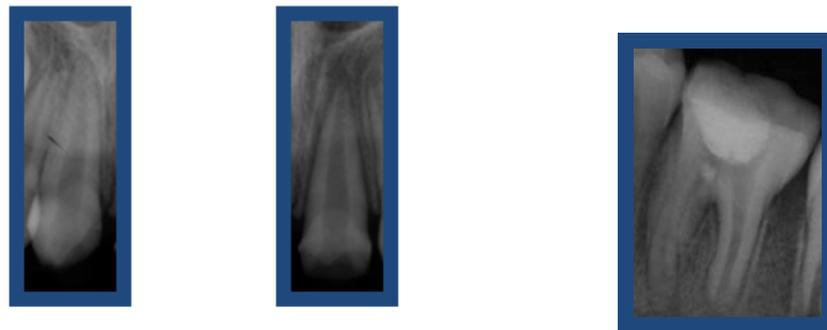
En la serie radiográfica, se observo ligero aumento del espacio del ligamento periodontal y una zona radiolucida a nivel apical, en el diente 11.

En el diente 21, se observo ensanchamiento del espacio del Ligamento periodontal y desarrollo incompleto del ápice radicular.

En el diente 46, se observa una zona radiopaca en la corona y en el piso de la cámara pulpar, espacio del ligamento periodontal ensanchado, zona radiolucida a nivel periapical, con ápices inmaduros.



Se realizaron diferentes angulaciones de los dientes afectados.



Las pruebas de sensibilidad realizadas, resultaron negativas para los dientes 21 y 46. Y positivas a la percusión horizontal y vertical del diente 11.

La valoración periodontal reportó profundidades al sondeo de 2 y 3 mm. generalizado, excepto en los dientes que están erupcionando, además de presencia de materia alba y ligero cambio de coloración en margen gingival.



Diagnostico:

Enfermedad gingival leve generalizada.

Enfermedad gingival moderada localizada en dientes 21 y 22.

Periodontitis apical crónica del diente 11, 21 y 46.

En el plan de tratamiento se estableció de inicio;

Fase I periodontal:

Realizar, Control Personal de Placa.

Tratamiento de conductos (necropulpectomia tipo II) en los dientes 11, 21 y 46 con apexificación en los dientes 21 y 46.

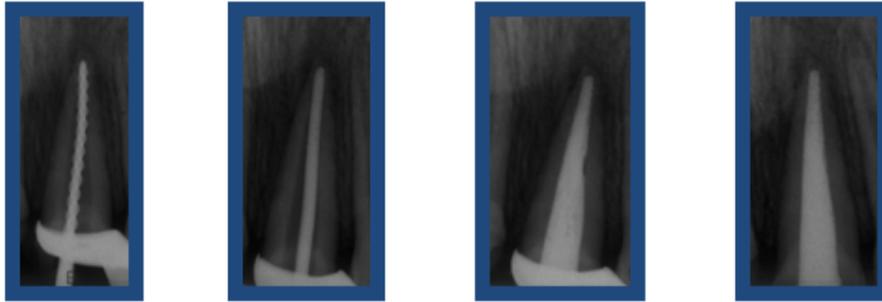
Revalorar resultados.

Fase III:

Remisión a Odontopediatria y prótesis.

Tratamiento:

El tratamiento de conductos del diente 11 se realizó mediante instrumentación corono-apical, utilizando limas Flex-R de la tercera serie. Irrigando abundantemente con hipoclorito de sodio al 5.25 %, Clorhexidina al 12% en la última irrigación y medicación intraconducto con Hidroxido de Calcio puro.



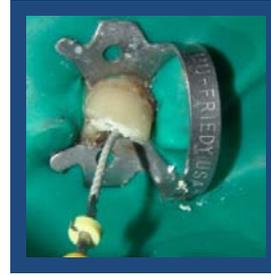
El tratamiento de conductos se realizo en dos citas y se sello con gutapercha y cemento a base de hidróxido de calcio, con técnica mixta de obturación, primero por impresión de conducto y se termino con el uso de gutacondensador. No se presentaron complicaciones durante el tratamiento.



El tratamiento de conductos del diente 21, se realizo mediante instrumentación corono-apical, utilizando limas Flex-R de la tercera serie. Irrigando abundantemente con hipoclorito de sodio al 5.25%, posteriormente se procedió a colocar MTA Angelus a nivel del ápice para obtener un tope apical.



Primero se seco el conducto radicular con puntas de papel para posteriormente llevar el MTA a nivel apical tratando de no dejarlo sobre las paredes del conducto.



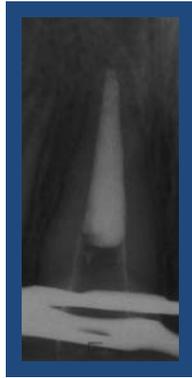
El tratamiento de conductos se realizó en dos citas.



En la segunda cita se obturo el conducto por técnica de cono seccionado.



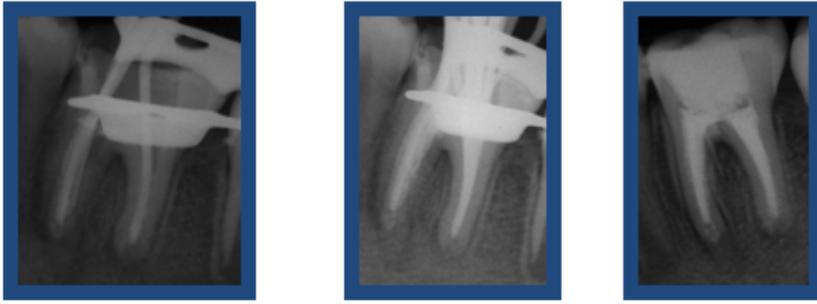
Se utilizo el acarreador de calor para termocondensar.



El tratamiento de conductos del diente 46 se realizó mediante instrumentación corono-apical, utilizando limas Flex-R. Irrigando abundantemente con hipoclorito de sodio al 5.25 %, posteriormente se colocó MTA Angelus a nivel del ápice para obtener un tope apical.



El tratamiento de conductos se realizó en dos citas, en la segunda cita se obtuvo por condensación lateral. No se presentaron complicaciones durante el tratamiento.

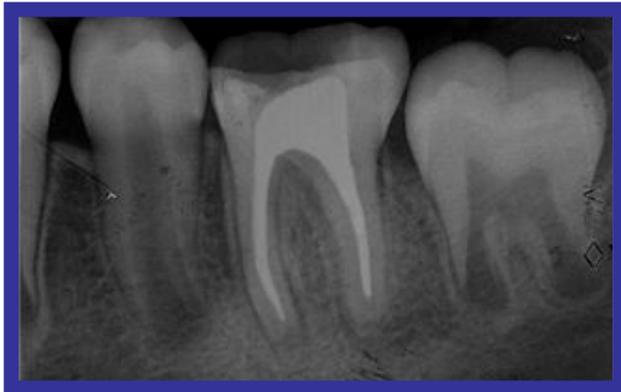


Al termino de los tratamientos de conducto se restauraron los dientes 11, 21 con composite.

Revaloración a los 6 meses.



Revaloración a los 2 años



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Kaiser JH. **Management of wide-open canals with calcium hydroxide. Presentation at the American Association of Endodontics.** Washington DC, Abril 17, 1964.
- 2.- Frank Al. **Therapy for divergent pulpless tooth by continued apical formation.** *J Am Dent Assoc*, 72: 87, 1966.
- 3.- Heithersay GS. **Calcium Hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology.** *J Br Endod Soc*, 1975, Julio, 8(2), 74-93.
- 4.- Webber RT. **Traumatic injuries and the expanded endodontic role of Calcium Hydroxide.** In: Gerstein H.(ed.) *Techniques in clinical endodontics*, Philadelphia, WB Saunders Co, 1983, pp. 172-258.
- 5.- Coviello. **A preliminary clinical study on the use of tricalcium phosphate as an apical barrier.** *J Endod*, 1979, Junio, 5(1), 6-13.
- 6.- Pitts. **A histological comparison of calcium hydroxide plugs and dentin plugs used for the control of Gutta-percha root canal filling material.** *J Endod*, 1984, Julio, 10(7), 283-293.
- 7.- Goodell. **Linear dye penetration of a calcium phosphate cement apical barrier.** *J Endod*, 1997, Marzo, 23(3), 174-177.
- 8.- Cvek M. **Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with Calcium Hydroxide and filled with Gutta-percha. A restrospective study.** *Endod Dent Traumatol*, 1992, Abril, 8(2), 45-55.
- 9.- Andersen M et al. **In vitro solubility of human pulp tissue in Calcium hydroxide and Sodium hypochloride.** *Endod Dent Traumatol*, 1999, Junio 8(3), 104-108.
- 10.- Andreasen JO. **Controversies and challenges in the management of luxated teeth.** *AAE Annual Session 2001*.
- 11.- Andreasen JO et al. **Long term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fractures.** *Dent Traumatol*, 2002, 18, 134-137.
- 12.- Maroto M, Barbería E, Planells P. **Estudio clínico del agregado Trióxido Mineral en pulpotomías de molares temporales: estudio piloto a 15 meses.** *RCOE*, 2004, 9(1): 23-30.
- 13.- Andreasen JO et al. **Traumatic Dental Injuries. A manual.** Ed. Blackwell-Munksgaard, 2nd edition, 2003.
- 14.- Lee SJ et al. **Sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate for repair of lateral perforations.** *J Endod* 1993, Nov 19(11): 541-544.
- 15.- Torabinejad M et al. **Sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate when used as a root and filling material.** *J Endod*, 1993, Dic 19(12):591-595.
- 16.- Tittle et al. **Presentation at the American Association of Endodontics.** 1996.
- 17.- Shabahang and Torabinejad. **Presentation at the American Association of Endodontics.** 1997.
- 18.- Green DB et al. **MTA vs Portland cement:two biocompatible filling materials.** *J Endod*, Abril 1999, 25 (4), Abs# 40: 308.
- 19.- Funteas UR et al. **A comparative analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement.** *Aust Endod J* 2003, Abril 29(1): 43-44

- 20.- Bakland L. In: *Ingle JI Endodontics, 5th Ed., 2002.*
- 21.- Bystrom A et al. **The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals.** *Endod Dent Traumatol*, 1985, Oct, 1(5), 170-175.
- 22.- Sjogren et al. **Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis.** *Int Endod J*, 1997, Sept, 30(5), 297-306.
- 23.- Katebzadeh J et al. **Histological periapical repair after obturation of infected root canals in dogs.** *J Endod*, 1999, Mayo, 25(5), 364-8.
- 24.- Shabahang S, Torabinejad M. **Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate.** *Pract Periodontics Aesthetic Dent* 2000, Abril 12(3):315-320.
- 25.- Torabinejad M, Chivian N. **Clinical applications of mineral trioxide aggregate.** *J Endod* 1999, Marzo 25(3):197-205.
- 26.- Katebzadeh J et al. **Strengthening immature teeth during and after apexification.** *J Endod*, 1998, Abril, 24(4), 256-259.
- 27.- Shabahang S et al. **A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate in dogs.** *J Endod* 1999, Junio 25(1):1-5.
- 28.- Witherspoon D, Ham K. **One visit apexification: Technique for inducing root-end barrier formation in apical closures.** *Pract Proced Aesthet Dent*, 2001, Agosto 13(6): 455-460.
- 29.- Hachmeister DR et al. **The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification.** *J Endod* 2002, Mayo 28(5):386-390.
- 30.- Aminosharae A et al. **Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques.** *J Endod* 2003, Octubre 29(10): 679-682.
- 31.- Winick MS, Hicks ML. **Effect of storage in the setting time of MTA.** *J Endod* 2003; Abril 29 (4);3: 285.
- 32.- Fridland M, Rosado R. **Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratio.** *J Endod* 2003, Diciembre 29(12):814-817.
- 33.- Stowe TJ et al. **Effects of Chrorhexidine Gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate.** *J Endod*, 2004, Junio, 30(6): 429-431.
- 34.- Arch et al. **Interaction effects of MTA with simulated biological environments.** *J Endod* 2003, Apr 29(4), 40: 308
- 35.- Cotti E et al. **Bacterial penetration of MTA in simulated apexification cases.** *IADR*, 2002 , 158.
- 36.- Apaydin ES et al. **Hard tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material.** *J Endod* 2004, Junio 30(1):21-24.
- 37.- Bullock AM et al. **Contamination of MTA as root-end-filling material: a bacterial leakage model.** *J Endod* 2004, Abril, 30 (4), 28: 261.
- 38.- Bozeman TB et al. **A model for studying core leakage of MTA.** *J Endod* 2004, Abril 30(4),29:262.
- 39.- Matt GD et al. **Comparative study of white and gray MTA simulating a 1-or-2-step apical barrier technique.** *J Endod* 2004, Diciembre 30(12): 876-879.
- 40.- Lee YI et al. **Effects of various pH environments on the hydration behavior of MTA.** *J Endod* 2004, Abril 30 (4), 48: 285.

- 41.- Lawley et al. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. J Endod 2004, Marzo 30(3): 167-172.
- 42.- Steinig TH et al. The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. Aust Endod J 2003, Abril 29(1):34-42.
- 43.- Camp J. Personal communication. M/S Norwegian Sun, Alaska, July 2004.
- 44.- Miñana M. Utilización del agregado trióxido mineral (MTA) como barrera apical en dientes con el ápice abierto. Endodoncia 2000, Jul-Sep 18(3):131-139.
- 45.- Sarkar NK, Caicedo R et al. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. J Endod. 2005 Feb;31(2):97-100.
- 46.- Beslot A, Lasfargues JJ. Mineral Trioxyde Aggregate MTA. Matériau d'apexification? Inf Dent 2004, 86 (35): 2263-2273.
- 47.-Torabinejad, M., Chivian, N. *Clinical applications of mineral trioxide aggregate.* J of Endod. 1999;25(3): 197-205