



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**CONSIDERACIONES ACTUALES ACERCA DEL  
MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

***CIRUJANA DENTISTA***

P R E S E N T A:

**GUADALUPE VIRIDIANA GONZÁLEZ MEJÍA**

TUTOR:

**C.D. ENRIQUE GERARDO CHÁVEZ BOLADO**

MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*Dedico esta tesina con todo amor y cariño a los seres más importantes en mi vida por su apoyo y comprensión en todo momento.*

**Ma. Elena Mejía González.  
José Manuel González Díaz.**

*A mis hermanas y a mis primos por contar con su amistad, cariño, compañía y ayuda incondicional.*

**Yazmín, Norma, Alfredo y Carlos**

*Mi gratitud a mi tía **Juanita**, quien me ha apoyado en los momentos difíciles, gracias por todo.*

*Al **Dr. Enrique Chávez Bolado** por sus valiosas sugerencias durante el desarrollo de este trabajo.*

**A mí querida escuela por brindarme la oportunidad de tener una formación académica.**

## INDICE

Introducción	4
1. MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Características.....	7
1.2.1. Composición.....	7
1.2.2. Propiedades físico-químicas y biológicas....	8
1.2.2.1. Valor de pH.....	8
1.2.2.2. Radioopacidad.....	9
1.2.2.3. Tiempo de endurecimiento.....	9
1.2.2.4. Resistencia a la compresión.....	10
1.2.2.5. Solubilidad.....	10
1.2.2.6. Adaptación marginal.....	11
1.2.2.7. Punto de fusión.....	12
1.2.2.8. Microfiltración .....	12
1.2.2.9. Manipulación.....	14
1.2.2.10. Biocompatibilidad.....	17
2. APLICACIONES CLÍNICAS.....	20
2.1. Recubrimiento pulpar directo.....	20
2.2. Pulpotomías.....	22
2.3. Apexificación.....	26
2.4. Perforaciones radiculares.....	33
2.5. Obturaciones retrógradas.....	37
2.6. Barrera durante el blanqueamiento dental.....	41
2.7. Otros usos.....	43
3. CONCLUSIONES.....	46
4. BIBLIOGRAFÍA.....	47

## Introducción

Los materiales dentales han sido parte importante en el diario evolucionar de la Endodoncia y gracias a los grandes adelantos tecnológicos y bioquímicos, se ha logrado la generación de nuevos elementos que con sus propiedades físicas, químicas y biológicas pretenden coadyuvar en la recuperación y cicatrización de los tejidos endodóncicos involucrados.

El procedimiento endodóncico en la actualidad representa un gran desafío, a pesar de que día a día aparecen descubrimientos tecnológicos que facilitan este acto, se pueden encontrar casos cuya resolución no siempre es factible de lograr.

El MTA, es utilizado principalmente en obturaciones retrogradas en la realización de apicectomías y como una barrera aislante que permite la restauración de un diente cuando se ha hecho una comunicación con el periodonto. Investigaciones lo señalan como un material ideal en diferentes procedimientos odontológicos.

El agregado de trióxido mineral (MTA) ha sido estudiado ampliamente como material para sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos perirradiculares. Sus propiedades se han valorado in vitro e in vivo ampliamente en la literatura.

Se describe en este trabajo la composición, propiedades químico-físicas, ventajas y desventajas que nos proporciona y las indicaciones en diferentes problemáticas clínicas en las que ha tenido resultados según la literatura.

# 1.-MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO

## 1.1 Antecedentes

En la búsqueda del mejor material para producir un sellado adecuado de perforaciones o retro obturaciones endodónticas, se ha propuesto al Mineral Trióxido Agregado (MTA), material desarrollado en la Universidad de Loma Linda California por el Dr. Mahmoud Torabinejad presentado en la literatura endodóntica a partir de 1993, como un cemento capaz de sellar cualquier comunicación entre el espacio pulpar y los tejidos perirradiculares y de obtener una respuesta favorable en los tejidos con los que entra en contacto, llegando a inducir la regeneración de los tejidos duros<sup>1</sup>.

Fue aceptado por la FDA (Food and Drug Administration) de Estados Unidos, y en un principio se comercializó con el nombre de ProRoot-MTA de Dentsply-Maillefer (Fig.1). Se presentó inicialmente en forma de polvo de color grisáceo que debe mezclarse con agua estéril en proporciones de 3:1.

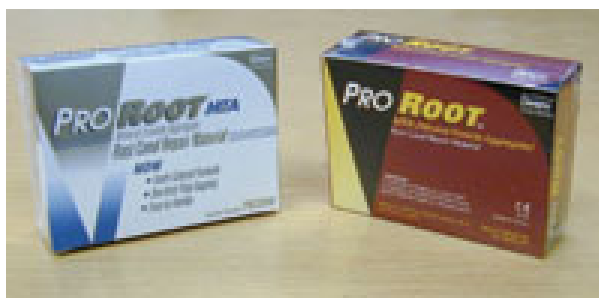


Fig. 1 Pro Root- MTA®

Actualmente la presentación de este material ha cambiado. Hoy en día el aspecto del material comercializado con el nombre de ProRoot-MTA

(Dentsply-Maillefer) es el de un polvo blanquecino. Según el fabricante, este cambio de color ha variado ligeramente su composición y no ha alterado sus propiedades principales, ya que con este cambio se pretende únicamente mejorar el aspecto estético. La diferencia entre ambos se debe a la concentración de aluminio, magnesio y hierro. El MTA® blanco no contiene aluminio ferrito, el cual le confiere el color al MTA gris. Recientemente se encuentra disponible un segundo producto comercializado como MTA: su nombre es MTA-Angelus Ángelus. Odonto-Lógica. Brasil (Fig. 2). Se trata de una mezcla de cemento Portland al 80% con óxido de bismuto al 20%.



Fig. 2. MTA- Angelus (Brasil)

Es necesario mencionar que el MTA es un derivado del cemento Portland y que comparten los mismos componentes principales como el calcio, fosfato y sílice.

Tanto el MTA® como el cemento Portland, se proponen como dos materiales muy semejantes por compartir sus principales componentes. El análisis de difracción de rayos X realizado por I. Islam en el cual se revisó a Pro Root MTA gris, MTA (fórmula del color del diente), cemento Portland ordinario y cemento Portland blanco para comparar sus principales componentes. Concluyó que los cuatro materiales probados, contenían los mismos

componentes principales. Sin embargo, el óxido de bismuto solo se encontró presente en el Pro Root MTA más no en el cemento Portland <sup>2</sup>.

El MTA, es utilizado principalmente en obturaciones retrógradas, apicectomías y como una barrera, cuando se ha hecho una comunicación con el periodonto ante diversos tratamientos odontológicos.

## 1.2 Características

### 1.2.1 Composición

En 1995 se creó la patente del MTA, la cual determina que consiste de 50–75% de óxido de calcio y 15–25% de dióxido de sílice que constituyen del 70-95%, que al mezclarse producen silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminio tricálcico y aluminio ferrico tetracálcico, al cual se le adiciona óxido de bismuto como radiopacador. En un estudio realizado por Torabinejad<sup>3</sup> se analiza su composición y propiedades físicas. Para comprobar su composición se emplea la espectrometría de dispersión de rayos X, en combinación con un microscopio electrónico de barrido. Se distinguen dos fases específicas en el material una vez fraguado: una con apariencia de cristales discretos, formada fundamentalmente por óxido de calcio, y otra con apariencia amorfa, sin cristales, con aspecto granular y formada básicamente por fosfato de calcio. La composición media de los prismas, según este estudio, es 87% calcio y 2,47% sílice (SiO<sub>2</sub>). En las áreas de estructura amorfa, encuentran 33% calcio; 49% fosfato (PO<sub>4</sub>); 2% carbono; 3% cloruro (Cl<sup>-</sup>); y 6% sílice (SiO<sub>2</sub>)<sup>4</sup>.



Según el fabricante, los componentes del polvo de MTA son los siguientes:

75%	{	3Ca SiO <sub>2</sub> (Silicato tricálcico) 3CaO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminato tricálcico) 2CaOSiO <sub>2</sub> (Silicato dicálcico) 4CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ferrito-aluminato tetracálcico)
20%	{	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de bismuto)
4.4%	{	CaSO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Sulfato de calcio dihidratado)
0.6% residuos insolubles	{	SiO <sub>2</sub> (Sílice)                      Silica cristalina CaO (Óxido de calcio) K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Sulfato de potasio) Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Sulfato de sodio)

### 1.2.2 Propiedades físico-químicas y biológicas

El mineral Trióxido Agregado (MTA), es un material que consiste en un polvo de partículas finas hidrofílicas. La hidratación del polvo resulta en un gel coloidal que solidifica a una estructura dura, en menos de 4 horas. Las características del MTA van a depender de varios factores como son: tamaño de las partículas, proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire comprimido<sup>5</sup>.

#### 1.2.2.1 Valor de pH

El pH que se obtiene en el MTA después de mezclado es de 10,2 y se

estabiliza en 12,5 a las 3 horas permaneciendo constante. Por lo tanto el MTA presenta un pH similar al cemento de hidróxido de calcio el cual es muy alcalino, aproximadamente de 12.4. Al colocar esta sustancia como material de obturación apical, probablemente, este pH puede inducir la formación de tejido duro<sup>3</sup>.

### 1.2.2.2 Radiopacidad

Una de las características ideales que debe tener un material de obturación, es que debe ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando es colocada en una preparación cavitaria. Grossman (1962), citado por Lasala (1992).

La radiopacidad del Mineral Trióxido Agregado es de 7.17mm equivalente al espesor del aluminio.

En cuanto a la radiopacidad de materiales de obturación retrógrada, se encontró 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 5.30mm, Super-EBA 5.16mm, MTA 7,17mm y la dentina 0.70mm. Por lo que el MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible en las radiografías<sup>3</sup>.

### 1.2.2.3 Tiempo de endurecimiento

El MTA es un cemento que en contacto con agua forma un gel coloidal que solidifica en una estructura rígida en 15 minutos.

La amalgama ha sido el material que muestra el tiempo de endurecimiento más corto siendo este de 4 minutos (+ 30 segundos); para Super- EBA 9 minutos (+ 30 segundos); IRM 6 minutos (+ 30 segundos) y el MTA 2 horas y

45 minutos (+ 5 minutos). El MTA® presenta el tiempo de endurecimiento más largo; se considera conveniente que el material utilizado para el sellado de perforaciones, o como obturación retrógrada, endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad sin sufrir una contracción significativa, lo que permite una estabilidad dimensional en el material, sin embargo a mayor rapidez de fraguado más rápido se contrae<sup>3</sup>.

#### 1.2.2.4 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión debe considerarse de manera importante en cualquier material que se va a colocar en una cavidad que soportar cargas oclusales. Los materiales de obturación apical no soportan una presión directa, por lo tanto la resistencia compresiva de estos no es tan importante, como en los materiales usados para reparar defectos en la superficie oclusal.

La amalgama presenta la más alta resistencia a la compresión siendo esta de 311 Megapascales(Mpa). Mientras que la fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 Mpa la cual es semejante a la del IRM y Super-EBA<sup>3</sup>.

#### 1.2.2.5 Solubilidad

La ausencia de solubilidad es una característica ideal de los materiales de obturación ya que estos normalmente se encuentran en contacto con fluidos del tejido perirradicular hasta ser cubiertos por tejido fibroso o cemento. El desgaste de los materiales de restauración puede ocurrir por los ácidos generados por las bacterias, ácidos presentes en comidas y bebidas, o por desgaste por contacto oclusal.

Los trabajos realizados respecto a la solubilidad concluyen que no se evidencian signos relevantes de solubilidad en agua para el Super-EBA, la amalgama y el MTA®, mientras que si se observan para el IRM®<sup>3</sup>.

#### 1.2.2.6 Adaptación marginal

Un material de obturación ideal debe adherirse y adaptarse a las paredes de la dentina. En este sentido, Torabinejad y cols, realizan un estudio, al evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA, el Super -EBA® y la amalgama. Los resultados revelan que excepto para las muestras obturadas con MTA, la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente muestran la presencia de brechas y vacíos entre el material de obturación y las paredes de la cavidad. El tamaño y la profundidad de las brechas varían entre la amalgama y el cemento Super-EBA®. Las cavidades apicales obturadas con amalgama, tienen un grado mas bajo de adaptación a las paredes dentinarias; por el contrario, con el MTA se observa la mayor adaptación y menor cantidad de brechas; presentando también el MTA un significativo menor grado de microfiltración<sup>4</sup>.

Por su parte, Torabinejad evalúa el posible sellado que pueda proporcionar este material revisando la capacidad de adaptación del mismo a los márgenes de las comunicaciones que se pretenden sellar con él. Para ello observa bajo microscopio electrónico de barrido los márgenes de preparaciones apicales obturadas con MTA, así como con otros materiales (amalgama, IRM, Super-EBA) para comparar su aspecto. En ninguna de las muestras obturadas con MTA detecta espacios de separación entre diente y material, o “gaps” (término con el que habitualmente se definen estos espacios) en los márgenes, por lo que concluye que la adaptación marginal de este material es mejor que la de los otros. Propone que la excelente adaptación se debe a una expansión sufrida por el material durante el fraguado<sup>6</sup>.

### 1.2.2.7 Punto de fusión

Herzog-Flores y colaboradores, demostraron, por calorimetría de barrido, que el punto de fusión del MTA es bastante estable térmicamente al menos hasta la temperatura de 100°C en donde claramente se comienza a manifestar una endotermia de fusión. El punto de fusión del material por lo tanto es de 100°C<sup>7</sup>.

### 1.2.2.8 Microfiltración

Un aspecto fundamental, a la hora de emplear el MTA® como obturador de comunicaciones con el exterior, es su capacidad de sellado, por lo que se han realizado diversos estudios respecto a la microfiltración de partículas, siendo la penetración de colorantes uno de los métodos más utilizados.

Otro estudio en el que se evalúa la filtración con tintes, sin comparar el MTA con ningún otro material es el de Kwak. En él comprueban si existe mejor capacidad de sellado al aumentar el espesor de barreras apicales de MTA de 2 a 4 mm y si es mejor obturar el resto del conducto con gutapercha inmediatamente o esperando 24 horas después de colocar el MTA. No encuentran diferencias significativas ni por efecto del espesor de MTA ni por efecto del tiempo<sup>8</sup>.

El tratamiento quirúrgico es necesario cuando un tratamiento no quirúrgico fracasa en la reparación de una lesión periapical de origen endodóntico o cuando el retratamiento está contraindicado. Este tratamiento consiste en la exposición del ápice involucrado, apicectomía, preparación de la cavidad y la obturación retrógrada de ésta. Las cavidades deben ser obturadas

idealmente con sustancias biocompatibles que prevengan el egreso de contaminantes a los tejidos periapicales<sup>1</sup>.

Debido a las insuficiencias propias 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<sup>9</sup>.

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 expansión cuando endurece en un ambiente húmedo<sup>1</sup>.

Otro estudio de filtración en el que emplean el método de transporte de fluidos es el de Lamb. En él no comparan la capacidad de sellado del MTA con la de otros materiales, sino que evalúan la filtración ocurrida con obturaciones apicales de distintos grosores de MTA, concretamente 0, 1, 2, 3 y 6 mm. Con 6mm la filtración que detectan es bastante escasa; con 3 mm es algo mayor, aunque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas; la filtración aumenta significativamente cuando el grosor de MTA es de 2 mm o menos<sup>10</sup>.

También Valois evalúa la influencia del grosor de MTA (1, 2, 3 y 4 mm), pero esta vez en retroobturaciones apicales, y mediante filtración de una solución proteica (concretamente albúmina sérica bovina al 22%), en el cual observan diferencias estadísticamente significativas en la filtración entre los grupos con distintos grosores de obturación. Específicamente, en el grupo con obturaciones de 1mm ocurrió filtración en todos los especímenes y en menos tiempo que en el resto, mientras que con 4mm de MTA sólo filtraron un 7% de los dientes y ninguno antes de 31 días. Por lo tanto, este autor considera que la eficacia selladora de las obturaciones de MTA mejora en función del espesor de material al menos hasta un grosor de 4 mm<sup>11</sup>.

#### 1.2.2.9 Manipulación

El polvo de MTA® debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente 1g. 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. Si el área de aplicación está muy húmeda se puede limpiar con una gasa o algodón. El MTA® requiere humedad para fraguar; por lo que al dejar la mezcla en la loseta o en el papel se origina la deshidratación del material adquiriendo una textura seca<sup>1</sup>.

Torabinejad y Chivian indican brevemente las pautas necesarias para un correcto mezclado y aplicación: Afirman que el MTA debe ser preparado inmediatamente antes de su uso sobre una loseta de vidrio o papel en una proporción de tres partes de polvo por una de agua. Advierten que si se deja la mezcla sobre la loseta, el material se deshidrata y adquiere una consistencia arenosa. En caso de que se seque, se puede añadir más agua. Sugieren llevar el material a la zona operatoria mediante un transportador de amalgama y empaquetarlo con ayuda de atacadores o bolitas de algodón.

Una vez colocado, excepto en caso de que el MTA se aplique con abordaje quirúrgico, aconsejan colocar un algodón húmedo sobre el material durante un tiempo mínimo de 3 o 4 horas. Después de mezclar el polvo de MTA con agua en las proporciones indicadas, el material adquiere una consistencia de pasta bastante fluida que hace difícil y engorroso su manejo. Esto ha llevado a diferentes autores a idear sistemas de aplicación del material en las cavidades con la intención de simplificar la técnica y a la vez mejorar la adaptación del material al espacio que ha de contenerlo<sup>12</sup>.

También Lawley comprueba si este nuevo sistema de aplicar el MTA con puntas de ultrasonidos resulta más efectivo y para ello compara la capacidad de sellado que se obtiene colocando el MTA manualmente y mediante ultrasonidos, sin llegar a encontrar una ventaja clara con el nuevo sistema<sup>13</sup>. Igualmente Vizgirda observa una filtración significativamente mayor cuando se obtura toda la longitud del conducto con MTA por vía ortógrada comparada con la que ocurre obturando con gutapercha y cemento sellador<sup>14</sup>.

Lo que es muy importante a la hora de manejar correctamente el material es mantener la proporción de agua-polvo adecuada. Aunque usando menos agua en la mezcla se podría obtener una consistencia más apropiada para la manipulación, esto no es aconsejable, ya que de esta manera las propiedades que adquiere el material no son las esperadas.

Fridland establece la relación existente entre la proporción agua-polvo empleada en la mezcla y la solubilidad y porosidad que adquiere el MTA a las 24 horas. Para ello emplea diferentes proporciones agua-polvo entre 0,26 y 0,33. Tanto la solubilidad como la porosidad aumentan a medida que aumenta la proporción agua-polvo en el momento de la mezcla. Cuanto mayor fue la cantidad de agua empleada en la preparación, más cantidad de



hidróxido de calcio se libera, por lo que concluyen que el mezclar el polvo de MTA con una proporción agua-polvo de 0,33 es más beneficioso que con una cantidad inferior de agua, ya que se supone que el hidróxido de calcio es el responsable de las propiedades beneficiosas atribuidas al MTA. Estos autores están de acuerdo en que la consistencia que adquiere el material al ser mezclado con esta proporción dificulta su manejo, pero proponen esperar a que adquiera una consistencia más adecuada en lugar de usar menos agua para mezclar<sup>15</sup>.

Nekoofar y cols, realizaron un estudio con el objetivo de examinar el efecto de presión de condensación del MTA en sus propiedades como son: dureza de la superficie, microestructura y fuerza de compresión, para lo cual utilizaron MTA blanco (Proo Root) mezclados y envasados en cilíndricos de policarbonato, se dividieron 6 grupos con 10 especímenes cada uno, fueron sometidos a presiones de 0,06, 0,44, 1,68, 3,22, 4,46 y 8,88 MPa, respectivamente. Se midió la dureza con la escala Vickers. Para probar la resistencia a la compresión se prepararon especímenes cilíndricos de policarbonato de 4 milímetros de diámetro y 6 milímetros de altura se dividieron en cinco grupos de 10 muestras utilizando presiones de 0,06, 0,44, 1,68, 3,22 o 4,46 MPa. La microestructura se analizó mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) después seccionar los especímenes con un bisturí. Obteniendo, que a mayor presión de condensación, de 8,88 MPa, se observan valores significativamente más bajos de dureza. Una presión de la condensación de 1,68 MPa confiere la máxima compresión; sin embargo, no fue estadísticamente diferente. Al analizar la microestructura al SEM se encontró que en los especímenes preparados con menores presiones de condensación se observan estructuras cristalinas que tienden a aparecer alrededor de microcanales. Concluyendo que la presión de la condensación puede afectar a la resistencia y dureza del MTA<sup>16</sup>.

### 1.2.2.10 Biocompatibilidad

Otro factor determinante para considerar adecuado este material es el efecto que puede tener sobre los tejidos periapicales, ya que está pensado para ser colocado en contacto directo con los mismos. Para determinar el potencial de biocompatibilidad de los materiales dentales, se han utilizado varias técnicas, tales como: a) Pruebas de citotoxicidad celular o tisular in vitro. b) Pruebas en tejido subcutáneo o implantes óseos in vivo<sup>17</sup>.

Koh y cols., investigaron la posible participación del MTA para estimular la activación de la respuesta celular. Los resultados observados en el microscopio electrónico de barrido, mostraron que el MTA permitió la adherencia de las células al material, señalando los autores una probable estimulación en la producción de citoquinas en los osteoblastos humanos<sup>18</sup>.

El comportamiento del MTA® a nivel de tejido conectivo es prácticamente de la misma forma cómo actúa el hidróxido de calcio, dado que el trióxido de calcio que forma parte del MTA®, al mezclarse con agua, se transforma en óxido de calcio, y éste al entrar en contacto con la humedad de los fluidos tisulares se transforma en hidróxido de calcio, el cual, al encontrarse en un medio húmedo se disocia en iones hidroxilo e iones calcio. Los iones calcio reaccionan con el bióxido de carbono presente en el tejido conectivo y se forma carbonato de calcio en forma de cristales de calcita. Estos cristales de calcita, a su vez estimulan a los fibroblastos para que liberen fibronectina, la que va a estimular a los fibroblastos presentes en la zona, para que se

transformen en células productoras de tejido duro (osteoblastos, cementoblastos u odontoblastos)<sup>18</sup>.

La característica de biocompatibilidad del MTA® se ha investigado de diferentes formas usando la expresión celular y crecimiento, implantación subcutánea e intraósea y contacto directo con tejido dental in vivo y se ha demostrado que el crecimiento celular es adecuado sobre el MTA creándose una capa monocelular sobre el material. Haglund mostró que el MTA (ProRoot) era citotóxico para los macrófagos y fibroblastos<sup>19</sup>.

El método más utilizado para evaluar la proliferación celular es a través de escaneo con microscopía electrónica seguido de un ensayo enzimático el cual parece ser el más confiable: mide la actividad metabólica de las células que crecen sobre el material.

Otro método de medir el crecimiento celular es utilizando la expresión de interleucina (IL) como marcador de la diferenciación celular.

La comunicación entre células inmunes e inflamatorias es mediada en gran parte por proteínas llamadas interleucinas, que promueven crecimiento, diferenciación y activación celular. Estas moléculas efectoras son producidas transitoriamente y controlan localmente la amplitud y duración de la respuesta.

Las interleucinas son proteínas solubles de bajo peso molecular mediadoras de crecimiento celular, inflamación, inmunidad, diferenciación y reparación, entre otras actividades. Además de las células del sistema inmune, las citocinas son producidas por diferentes tipos celulares durante la activación de la inmunidad innata y adquirida. Son el principal medio de comunicación intracelular ante una invasión microbiana.

El MTA induce la expresión de citocinas proinflamatorias y de células óseas y provoca adhesión celular adecuada. Se ha demostrado que el MTA induce el incremento de IL- 4 e IL-10 así como el incremento de IL-6, IL-8 y después

de estar en contacto con las células por alrededor de 6 días también IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ <sup>17</sup>.

Saidon compara el efecto que tienen sobre cultivos celulares, concretamente de fibroblastos de ratón, el MTA y cemento portland recién mezclados y después de dos semanas de fraguado. Los resultados con ambos materiales son muy similares, encontrando un área de muerte celular y desnaturalización de proteínas inmediatamente alrededor de los materiales frescos, con crecimiento celular normal más allá de esa zona<sup>20</sup>.

Thompson comprueba la capacidad de los cementoblastos humanos para crecer y adherirse sobre MTA y para producir, en presencia del material, osteocalcina, una proteína implicada en la regulación del proceso de mineralización de tejido duro. Esto indica, según el autor, que el MTA se puede considerar un material cemento-conductor<sup>21</sup>.

Yaltirik, tras implantar tubos de polietileno vacíos o rellenos con amalgama en unos especímenes, y con MTA en otros, en el tejido conectivo subcutáneo de conejos y observar la reacción ocurrida a los 7, 15, 30, 60 y 90 días, detecta reacción inflamatoria similar con MTA y con amalgama, siendo ésta significativamente más importante que con los tubos vacíos en todos los intervalos de tiempo excepto a los 90 días<sup>22</sup>.

Por otro lado Bernabé y cols., compararon la respuesta histológica del ZOE y MTA, en sus resultados determinan que a pesar de que se presenta una respuesta inflamatoria tisular, ésta fue mucho menor que la del ZOE, y el proceso de reparación de los tejidos es más efectivo con MTA<sup>23</sup>.

Por otro lado, el examen de citotoxicidad es usado para determinar la biocompatibilidad de diferentes materiales dentales y de acuerdo a esta técnica se ha evaluado el MTA<sup>23</sup>.

Yoshimine y cols, realizaron un estudio en el cual comparan la biocompatibilidad entre el MTA, 4 META-MMA-TBB Resin e IRM, los resultados encontrados en éste, mostraron que las células cultivadas con MTA y Super Bond® proliferaron significativamente entre las 6 horas y 3 días de cultivo; además en el día 21 se produjo una espesa capa de matriz directamente en la superficie de los materiales en contraste con IRM, decreció significativamente en relación al tiempo, por lo tanto el MTA y el Super Bond tiene una buena biocompatibilidad y permiten la formación de células de tejido duro para crear la capa de matriz que favorece la regeneración del tejido apical<sup>24</sup>.

## 2. APLICACIONES CLÌNICAS

### 2.1 Recubrimiento pulpar directo

La metodología del recubrimiento pulpar directo está bien establecida, en el cual la pulpa dental expuesta es cubierta con un material que la proteja de lesiones adicionales, permitiendo la cicatrización y la reparación<sup>25</sup>.

El recubrimiento pulpar con hidróxido de calcio sigue siendo un imprevisible método de tratamiento para los dientes maduros. Existe un gran número de nuevos agentes que se han probado en las últimas dos décadas como posibles opciones (por ejemplo, cerámicas de fosfato de calcio, colágenas, Mineral Trióxido Agregado (MTA), matrices y moléculas biológicamente activas<sup>25</sup>.

Por otro lado, el examen de citotoxicidad es usado para determinar la biocompatibilidad de diferentes materiales dentales y de acuerdo a esta técnica se ha evaluado el MTA<sup>23</sup>.

Yoshimine y cols, realizaron un estudio en el cual comparan la biocompatibilidad entre el MTA, 4 META-MMA-TBB Resin e IRM, los resultados encontrados en éste, mostraron que las células cultivadas con MTA y Super Bond® proliferaron significativamente entre las 6 horas y 3 días de cultivo; además en el día 21 se produjo una espesa capa de matriz directamente en la superficie de los materiales en contraste con IRM, decreció significativamente en relación al tiempo, por lo tanto el MTA y el Super Bond tiene una buena biocompatibilidad y permiten la formación de células de tejido duro para crear la capa de matriz que favorece la regeneración del tejido apical<sup>24</sup>.

## 2. APLICACIONES CLÌNICAS

### 2.1 Recubrimiento pulpar directo

La metodología del recubrimiento pulpar directo está bien establecida, en el cual la pulpa dental expuesta es cubierta con un material que la proteja de lesiones adicionales, permitiendo la cicatrización y la reparación<sup>25</sup>.

El recubrimiento pulpar con hidróxido de calcio sigue siendo un imprevisible método de tratamiento para los dientes maduros. Existe un gran número de nuevos agentes que se han probado en las últimas dos décadas como posibles opciones (por ejemplo, cerámicas de fosfato de calcio, colágenas, Mineral Trióxido Agregado (MTA), matrices y moléculas biológicamente activas<sup>25</sup>.

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<sup>25</sup>.

Los microorganismos son el factor etiológico fundamental de la patología pulpar y periapical. Por lo tanto, cualquier exposición pulpar producida en forma mecánica o generada por un proceso carioso en dientes sin signos de pulpitis irreversible debe ser sellada<sup>12</sup>.

Tiziafas y col, indican que el uso del MTA® es un medio eficaz capaz de estimular en el tejido duro y la formación de un puente de dentina durante los primeros procesos de cicatrización de la herida<sup>25</sup>.

En un estudio realizado por Aeinehchi M. en el cual se compara al hidróxido de calcio y al MTA® como recubrimiento pulpar directo en dientes humanos revelaron que el MTA® en las muestras a una semana no mostró formación de puente de dentina, pero si existió una leve inflamación crónica en el sitio de la exposición, ligera hiperemia y necrosis así como PMN; a los dos meses se encontró un puente de dentina de máximo 0.28 mm con leve inflamación crónica, linfocitos dominando la zona inflamatoria; áreas necróticas e hiperemia solo se encontraron en una muestra, así como odontoblastos y calcificaciones; después de tres meses las muestras se encontraron con puentes de dentina de no más de 0.25mm de espesor, se registró inflamación leve crónica, encontrando presentes odontoblastos, y de igual manera hiperemia, necrosis y calcificaciones solo en una muestra, demostrando que el MTA® es superior al hidróxido de calcio al ser utilizado como protector pulpar en dientes humanos. Un puente dentinario 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. El hidróxido de calcio no se adhiere a la dentina y pierde su capacidad de sellado. Defectos en los puentes dentinarios bajo el recubrimiento con hidróxido de calcio pueden actuar como vías para la microfiltración. Este material también tiene la tendencia a disolverse con el paso del tiempo<sup>26</sup>.

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 se puede deber a su sellado, biocompatibilidad, alcalinidad o posiblemente otras propiedades asociadas a este material.

## 2.2 Pulpotomías

Una elevada proporción de lesiones cariosas profundas en dientes primarios se asocia con la exposición pulpar. La eliminación del tejido pulpar infectado (pulpotomías) es uno de los métodos de tratamiento empleados. Con el fin de mejorar el tratamiento, para fijar el tejido de la pulpa y preservar su vitalidad, la superficie de la pulpa es cubierta con un agente terapéutico. Este método es recomendado no solamente para usar en dientes primarios con pulpas inflamadas, sino también en dientes permanentes con ápices abiertos<sup>27</sup>.

La pulpotomía en dientes temporales es el tratamiento indicado en los casos en los que el proceso de caries provoca inflamación pulpar limitada a la pulpa coronal sin afectación de la pulpa radicular. El objetivo de este procedimiento clínico es la conservación de la vitalidad de la pulpa radicular del diente pulpotomizado, manteniendo así el diente asintomático para que cumpla sus funciones de masticación, estética, fonación y mantenimiento del espacio hasta el momento de su exfoliación fisiológica<sup>28</sup>.



Una amplia gama de materiales como el formocresol, glutaraldehído, sulfato férrico, óxido de zinc y eugenol, cemento de policarboxilato y el hidróxido de calcio han sido utilizados durante años en pulpotomías. Sin embargo en pulpotomías de molares primarios, los materiales más comunes son el formocresol y sulfato férrico<sup>26</sup>.

La pulpotomía es el tratamiento pulpar más frecuentemente realizado en molares temporales. El medicamento más empleado desde hace más de cien años para este tratamiento es el formocresol. Sin embargo, la aplicación de esta sustancia es controvertida ya que se ha demostrado que es un producto tóxico a nivel local y a nivel sistémico. Por ello se han investigado otros materiales sin hallar todavía ninguno que supere su rango de éxito a largo plazo<sup>28</sup>.

Se ha investigado también la utilidad del MTA® para los tratamientos en dientes temporales. En esta línea, Eidelman, comparó los efectos del MTA aplicados en pulpotomías de 17 molares temporales con los del formocresol aplicado en 15 molares durante un tiempo máximo de 30 meses. El éxito clínico y radiográfico del uso del MTA fue del 100%, superando el 93,4% hallado en el grupo del formocresol<sup>29</sup>.

Posteriormente, Agamy y cols, demostraron en un estudio clínico de 12 meses mejores resultados, con diferencias estadísticamente significativas del MTA en 24 molares temporales, con respecto al formocresol aplicado en otros 24 molares temporales<sup>30</sup>.

Maroto, realizó un estudio en el cual se muestran la técnica y los resultados a corto y largo plazo del empleo de MTA gris y blanco en pulpotomías de molares temporales. Los hallazgos muestran un nivel de éxito tanto clínico como radiográfico en todos los casos, así como la detección de formación de neodentina en los conductos pulpares<sup>28</sup>.

En todos estos estudios se ha demostrado además que el MTA ha inducido claramente la formación de dentina por parte de la pulpa radicular, tanto en forma de puentes dentinarios entre el MTA y el tejido pulpar remanente, como en estenosis de los conductos, concluyéndose que este hecho demuestra la vitalidad de la pulpa radicular y por tanto el éxito alcanzado en cuanto a los objetivos de las pulpotomías<sup>28, 29,30</sup>.

La técnica para la pulpotomía con Mineral Trióxido Agregado es la siguiente<sup>28</sup>:

1. Anestesia y aislamiento absoluto mediante dique de goma.
2. Tallado de la corona mediante instrumento rotatorio de alta velocidad y fresa 169L y selección de la corona preformada (Fig. 3 y 4).
3. Eliminación del tejido cariado con instrumento rotatorio de baja velocidad y fresas redondas (Fig. 5 y 6).



Fig. 3

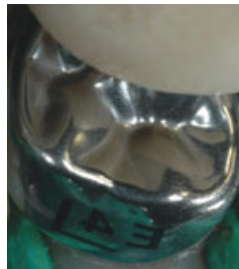


Fig. 4

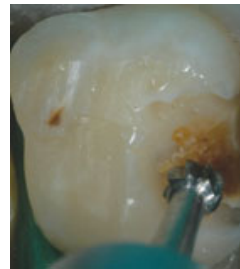


Fig. 5



Fig. 6

4. Eliminación del techo de la cámara pulpar y remoción de la pulpa cameral mediante instrumento rotatorio de baja velocidad y fresa redonda (Fig. 7 y 8)

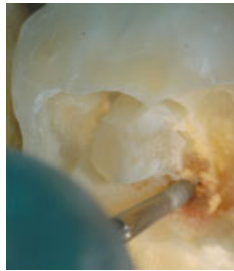


Fig. 7



Fig. 8

5. Control de la hemorragia con algodón y comprobación de la integridad del piso de la cámara pulpar (Fig. 9 y 10).

6. Mezcla del MTA con agua destilada en loseta de vidrio siguiendo las instrucciones del fabricante.

7. Transporte del material a la cámara pulpar mediante un porta-amalgama (Fig. 11).

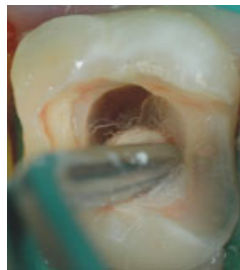


Fig. 9

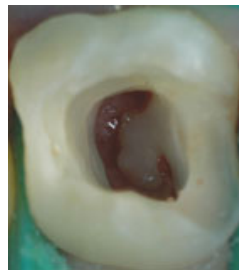


Fig. 10



Fig.11

8. Adaptación del material a la cámara pulpar mediante ligera presión con una bolita de algodón húmeda (Fig. 12 y 13).

9. Debe colocarse una bolita de algodón húmedo sobre el MTA, con el fin de proporcionarle humedad.

10. Sellado de la cámara pulpar con cemento de ionómero de vidrio (Fig. 14 y 15).

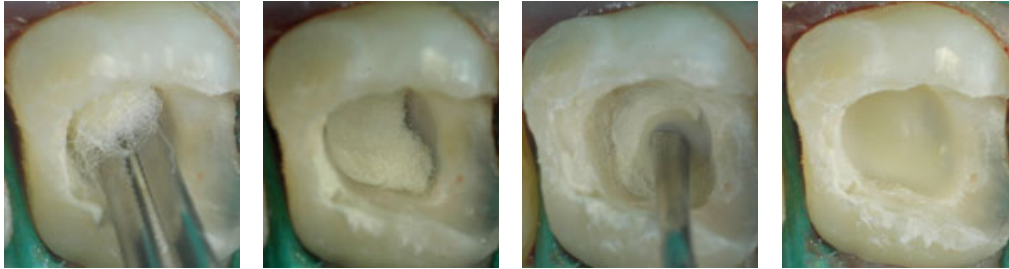


Fig.12

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

11. Adaptación y cementado de la corona metálica preformada seleccionada con cemento de ionómero de vidrio y limpieza del contorno (Fig. 16).



Fig. 16 Cementación de la corona.

Antunes y cols, evaluaron la reacción del tejido pulpar, al aplicar MTA en pulpotomias de dientes primarios, adicionándole cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), compuesto que se agrega para acelerar el tiempo de fraguado del material, concluyendo que las propiedades biológicas del MTA no presentan cambios, por lo que el tejido pulpar responde favorablemente<sup>31</sup>.

### 2.3 Apexificación

Uno de los propósitos del tratamiento endodóncico es obturar completamente el sistema de conductos radiculares con el fin de prevenir la reinfección. En

dientes con desarrollo incompleto de la raíz como consecuencia de necrosis pulpar a través de un trauma o caries, la ausencia de la constricción natural al final del conducto radicular hace más difícil el control de los materiales de obturación. Debido a la falta de la constricción apical una alternativa al tratamiento estándar del conducto radicular recomendada es la apexificación o cierre apical<sup>32</sup>.

La apexificación puede ser definida como un método para inducir una barrera calcificada en una raíz con un ápice abierto o la continuación del desarrollo del ápice. El objetivo de este tratamiento apical es obtener una barrera para impedir el paso de bacterias y toxinas a los tejidos periapicales. Técnicamente, esta barrera también es necesaria para permitir la compactación de los materiales de relleno<sup>33</sup>.

Son diversos los materiales que han sido utilizados como medicamento intraconducto para este propósito.

El hidróxido de calcio ha sido utilizado como una primera opción para la apexificación, sin embargo tiene la desventaja de que requiere de repetidos cambios en un curso de 5 a 20 meses para inducir la barrera, convirtiéndose en un tratamiento impredecible y prolongado que además requiere de un alto nivel de cooperación del paciente<sup>33</sup>.

Por esta razón el Mineral Trióxido Agregado ha sido propuesto como un material conveniente para la apexificación en un solo paso, utilizando una barrera apical siendo este una alternativa al la utilización del hidróxido de calcio<sup>33</sup>.

Las ventajas de este material son múltiples:

- La reducción en el tiempo de tratamiento.

- La posibilidad para restaurar el diente con un mínimo de demora, y, por tanto, a evitar la fractura de la raíz.
- El sellado apical favorece la regeneración ósea.
- Evita los cambios en las propiedades mecánicas de la dentina que causa la prolongada utilización de hidróxido de calcio<sup>33</sup>.

Desventajas:

- Dificultad para prepararlo, manejarlo e introducirlo en el conducto radicular, sobre todo en los dientes largos y estrechos.
- Posibilidad de sobre-obturación<sup>33</sup>.

Simons S. y col, evaluaron los resultados del uso de Mineral Trióxido Agregado (MTA) en apicoformaciones en una visita, mostrando que la formación de una barrera apical podría ser una opción al uso del MTA®, siendo más predecible, sin embargo es necesario más investigaciones respecto a la actividad biológica del MTA en contacto con las células, especialmente su posible papel en la diferenciación celular y en la reparación de la herida<sup>33</sup>.

La técnica combinando el uso del hidróxido de calcio con MTA® descrita por Andreassen(2003),citada por Cristóbal<sup>34</sup>, 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. (Fig. 17)



Fig. 17: Acceso a la cámara pulpar

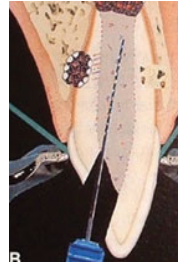


Fig. 18: Extirpación de la cámara pulpar

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 de sodio (en una proporción en agua del 50 por ciento o menor). (Fig. 18).

3. Se comienza a preparar y conformar el conducto con limas manuales, hasta la longitud de trabajo, previamente establecida 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 (Fig. 19).



Fig. 19. Conformación del conducto



Fig. 20: Colocación del hidróxido de calcio

4. El empleo del hipoclorito de sodio 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 a la longitud de trabajo. Una vez seco y sin secreciones, se coloca en el interior del conducto una mezcla de hidróxido de calcio, preparando el polvo con agua destilada e introducido con léntulos manuales (Fig. 20).

A continuación se coloca una bolita de algodón y se sella la cavidad con varios milímetros de una obturación temporal (Cavit®, oxifosfato de zinc o composite). El hidróxido de calcio deberá estar en el interior del conducto entre un mínimo de 1 o 2 semanas a un máximo de 4 semanas, el hidróxido de calcio tiene un gran efecto desinfectante y antimicrobiano, y reduce la inflamación de los tejidos periapicales.

5. A la visita siguiente, se irriga el conducto con hipoclorito de sodio, varias veces, intentando eliminar el hidróxido de calcio, ayudándonos mediante un limado circunferencial con limas manuales medidas a la longitud de trabajo. Se seca el conducto con puntas de papel (Fig. 21).



Fig. 21. Eliminación del hidróxido de calcio mediante la irrigación.



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 aunque, el Messing Gun (Fig. 22) parece el portador de elección para llevarlo e introducirlo en el conducto.



Fig. 22. Messing Gun (produits Dentaires, S.A., Vevey, Switzerland).

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 - 5mm de tapón apical (Fig. 23).

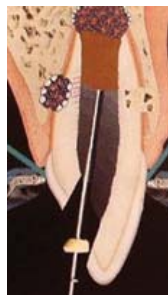


Fig. 23: Condensación del MTA.

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 sobreobtención con MTA, sería aconsejable, antes de poner el MTA, crear un tope con un material reabsorbible de fosfato tricálcico o hidroxiapatita 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, ya 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 (Fig. 24).

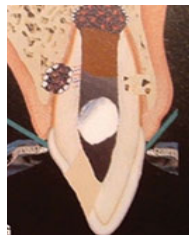


Fig. 24: Colocación de material de obturación temporal

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 endurecimiento 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 (Fig. 25).

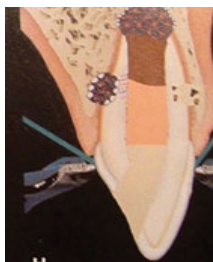


Fig. 25: Obturación definitiva del diente.

El MTA puede, por tanto, utilizarse como barrera apical en dientes con ápices inmaduros y pulpa necrótica (Fig. 26 y 27). Este material estimula la formación de tejido duro sin producir inflamación en el área adyacente al ápice de las raíces inmaduras<sup>35</sup>



Fig. 26 Radiografía preoperatoria de un incisivo con el ápice abierto y área radiolúcida apical.

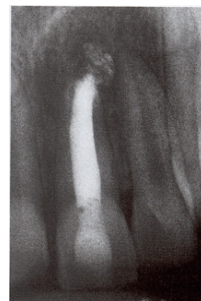


Fig. 27 Radigrafía postoperatoria después de la colocación de barrera apical con MTA y obturación con gutapercha.

#### 2.4 Perforaciones radiculares

Las perforaciones dentales pueden ocurrir por caries o durante el procedimiento endodóncico o en la preparación de postes y también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radiculares; perforaciones de conductos, perforaciones de furca, o del foramen apical pueden ocurrir afectando el pronóstico del tratamiento. En términos

generales, el pronóstico del tratamiento de las perforaciones radiculares en los tercios medio y apical es más favorable que en el tercio coronal de la raíz o en el piso de la cámara pulpar. 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<sup>36</sup>.

Los factores que afectan al pronóstico son el tamaño de la perforación, el daño al hueso y ligamento, el tiempo entre la perforación y la reparación, la habilidad para conseguir un sellado hermético, y si la perforación es supraósea o infraósea. Muchos materiales se han utilizado para la reparación de perforaciones como son la gutapercha, la amalgama de plata, el ionómero de vidrio, el composite, el Super EBA® (Harry J. Bosworth, EE.UU.), el Cavit® (ESPE, Seefeld, Alemania) o el hidróxido de calcio<sup>36</sup>.

El MTA fue evaluado experimentalmente para reparar perforaciones de furca 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<sup>31,32, 5</sup> han reportado resultados en casos clínicos de dientes humanos en la reparación de perforaciones de furca con MTA, y observaron que este material permite la reparación de hueso y la eliminación de síntomas clínicos<sup>36</sup>.

Main realiza un estudio clínico a largo plazo en el que evalúa la evolución de un total de 16 casos de perforaciones radiculares reparadas con MTA al menos un año después del tratamiento, y en todos ellos observa ausencia de imágenes radiolúcidas alrededor de la perforación<sup>37</sup>.

Pineda y cols, realizan un estudio clínico en el que evaluaron la evolución de 9 casos de perforaciones radiculares reparadas con MTA y en un periodo de

60 días después del tratamiento se observa radiográficamente tejidos óseos circundantes en proceso de reparación avanzado, concluyendo que el cemento MTA usando en obturaciones retrógradas, así como en perforaciones a consecuencia de accidentes durante el tratamiento endodóncico estimula el proceso de reparación y cicatrización de los tejidos circundantes<sup>5</sup>.

En el caso de una perforación en la furca se realiza el siguiente procedimiento:

1. Después de anestesiar y aislar una vez localizado el sitio de la perforación, debe lavarse el área con hipoclorito de sodio diluido. En caso de perforaciones que tienen largo tiempo de estar expuestas, existe la posibilidad de que se encuentren contaminadas, por lo que el hipoclorito de sodio se deberá dejar en el sistema de conductos radiculares por un par de minutos, a fin de desinfectar el sitio de la perforación.
2. Se hará el acceso de manera normal (Fig. 28) para luego proceder a completar la instrumentación y obturación de los conductos con gutapercha y sellador hasta el sitio de la perforación.
3. Posteriormente, se deberá mezclar el MTA con agua estéril y colocarlo en el lugar de la perforación con un porta amalgama (Fig. 29), se coloca una bolita de algodón húmedo sobre el MTA para luego obturar la cavidad de acceso con un cemento temporal (Fig. 30)<sup>1</sup>.
4. Después de 3 a 4 horas se remueve el sellado temporal y la bolita de algodón y se coloca el material de obturación permanente en el conducto y en la cavidad de acceso<sup>12</sup>.
5. Cuando el MTA se coloca en perforaciones con un alto grado de inflamación, se debe valorar en una segunda sesión y si el MTA no ha fraguado, debido al bajo pH, en este caso se lava completamente el MTA y se repite el procedimiento<sup>12</sup>.

6. Control (3 a 6 meses)<sup>12</sup>.



Fig. 28 Acceso    Fig. 29 Colocación del MTA    Fig. 30 Obturación coronaria

En el caso de una perforación en el tercio apical de la raíz: El MTA se debe de colocar para formar un tapón apical de tres a cinco milímetros para prevenir la filtración coronal o una extrusión de material en los tejidos periapicales. Se coloca con un porta-amalgamas muy pequeño. Después se coloca una bolita de algodón húmeda, y se sella la apertura con un provisional. En la siguiente cita (mínimo tres o cuatro horas después) se obtura el resto del conducto con gutapercha y cemento sellador. Al final, se coloca un material de obturación permanente<sup>12</sup>.

En la reparación de una reabsorción interna perforante: Primero se procede a la limpieza y conformación del conducto. Se utiliza NaOCl durante la preparación, e hidróxido de calcio entre citas, para así ayudar a limpiar el defecto y a la vez disminuir el sangrado. En la siguiente cita, se retira el hidróxido de calcio, y obtura con gutapercha y cemento el conducto, excepto el defecto, en el que se debe colocar el MTA. Para que fragüe el MTA, se coloca encima una bolita de algodón húmeda. En la siguiente cita, se elimina la bolita de algodón, y procede a la obturación permanente<sup>36</sup>.

Meire, presenta un caso clínico de reabsorción interna el cual reparo con la técnica descrita y después de un seguimiento de dos años, se observa radiográficamente la reparación completa del hueso alveolar así como el

reestablecimiento del ligamento periodontal. La utilización de MTA en este caso evita la necesidad de intervención quirúrgica así como un tratamiento prolongado con hidróxido de calcio<sup>38</sup>.

Para conseguir un buen sellado, es importante siempre comprobar la dureza del MTA antes de la colocación del material de obturación permanente<sup>12</sup>.

## 2.5 Obturaciones retrógradas

Durante varios años, se ha relacionado al tratamiento no quirúrgico como un tratamiento conservador y al tratamiento quirúrgico como tratamiento radical, pero hay que tener en cuenta que el tratamiento quirúrgico, nos permite mantener los órganos dentarios en boca<sup>39</sup>.

El objetivo de realizar una obturación retrograda es conseguir un cierre hermético y biocompatible en el ápice que impida la filtración de posibles agentes irritantes del conducto radicular hacia los tejidos perirradiculares.

Propiedades ideales de los materiales de retroobtusión propuesta por I. L. Grossman<sup>40</sup>:

- Deben ser bien tolerados por los tejidos periféricos.
- Deben adherirse (es decir, crear una fijación ideal) a la estructura dental.
- Deben ser dimensionalmente estables.
- Resistentes a la disolución.
- Deben favorecer a la cementogénesis.
- Ser bactericidas o bacteriostáticos.
- No deben ser corrosivos.
- Electroquímicamente inactivos.
- No deben teñir el diente ni las estructuras perirradiculares.
- Accesibles y manejables.

- Deben permitir un tiempo de funcionamiento adecuado y un ajuste rápido.
- Ser radiopacos.

Numerosas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada. La principal desventaja de estos materiales incluye su poca capacidad para prevenir la filtración de irritantes a 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. El sistema de adhesión a un ligamento periodontal funcional, consiste en un cemento sano, ligamento periodontal y hueso<sup>38</sup>.

En la mayor parte de los casos es posible tener éxito con el tratamiento de conductos convencional, ya que los tejidos periradiculares cicatrizan a niveles predecibles después de eliminar los factores etiológicos y prevenir una contaminación posterior, sin embargo en ocasiones es necesario el tratamiento quirúrgico como tratamiento único o complementario a la terapia endodóncica, para eliminar los factores causales de la patología dental<sup>41</sup>.

La capacidad de permitir la regeneración de este sistema es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, en apexificaciones, sellado de perforaciones, obturación retrógrada, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y el tejido periodontal. Estudios histológicos han reportado que pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos periodontales inducen cementogénesis. Entre estos materiales se incluye el MTA®<sup>1</sup>.

Se ha demostrado que la capacidad del MTA para conseguir un sellado o cierre hermético es superior a la de la amalgama o que incluso a la de Super-EBA®; además la contaminación con sangre no lo modifica adversamente.



En contacto con el tejido perirradicular, el MTA forma tejido conjuntivo y cemento, causando la aparición de bajos valores de inflamación. El mecanismo de formación de cemento encima del MTA es poco claro, posiblemente éste activa a los cementoblastos para que produzcan una matriz de formación de cemento. A su vez esto podría estar causado por su capacidad de conseguir un cierre hermético, por su alto pH o bien por la liberación de sustancias que provocan una activación de los cementoblastos para que depositen una matriz donde pueda tener lugar la cementogénesis<sup>39</sup>.

La utilización de Mineral Trióxido Agregado en obturaciones retrogradas tiene muchas ventajas<sup>39</sup>:

- Es el menos tóxico de los materiales de obturación
- Tiene una excelente biocompatibilidad.
- Es hidrófilo
- Es razonablemente radiopaco.

Desventajas.

- Difícil manipulación.
- Largo tiempo de fraguado.

Chong presenta un estudio clínico prospectivo en el que se compara la evolución de tratamientos quirúrgicos periapicales retroobturados con IRM® y MTA®. Con ambos materiales obtiene resultados favorables, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre uno y otro, aunque con el MTA® obtiene mayor frecuencia de curación en los dos periodos post-quirúrgicos estudiados. El hecho de no encontrar diferencias significativas entre los materiales y los buenos resultados obtenidos indican, según el autor, que el material no es el principal factor del que depende el éxito del tratamiento endodóncico quirúrgico. Otros aspectos como la correcta selección del caso y una técnica quirúrgica adecuada también

influyen determinantemente en el porcentaje de éxito que se puede obtener con estos tratamientos<sup>39</sup>.

Técnica de colocación del MTA:

1. Una vez realizada la cavidad con la punta ultrasónica o fresa quirúrgica (Fig. 31), se debe colocar una bolita de algodón estéril en la cripta ósea, de manera que quede solamente expuesta la superficie radicular reseca (lo que hace más fácil retirar el exceso de MTA después de la compactación). Tras la colocación del MTA, la cripta ósea no debe irrigarse (dado que la irrigación eliminaría el material).



Fig. 31 Preparación de la cavidad

2. Para preparar el MTA, se mezcla una pequeña cantidad de líquido (agua estéril) y polvo hasta adquirir consistencia. La mezcla de MTA es un agregado granuloso y suelto, por lo que no se pega muy bien ni a si mismo ni a ningún tipo de instrumento.
3. El material no puede ser llevado a la cavidad con cualquier instrumento, si no que es necesario transportarlo con un instrumento ,Messing Gun, un portador de amalgama o bien con algún portador diseñado especialmente
4. Una vez colocado el MTA en la retropreparación, se compacta mediante unos bruñidores y microcondensadores. Debe compactarse con suavidad o saldrá de la cavidad.

5. A continuación se utilizará una bolita de algodón estéril para limpiar con suavidad la superficie reseca y para retirar de la cavidad el exceso de MTA.
6. Finalmente debe examinarse nuevamente la zona de retroobtusión (Fig. 32).



Fig. 32 Se observa el MTA colocado.

## 2.6 Barrera durante el blanqueamiento dental

Tanto antes como después del tratamiento endodóncico, la pérdida de la vitalidad de la pulpa dental puede causar el oscurecimiento y la desaparición de la transparencia de la coro. En caso de traumatismos agudos, en ocasiones se debe a hemorragia interna intradentaria. Otras causas son la filtración de toxinas a partir de la pulpa necrótica, manchas debidas a medicamentos, cementos, postes metálicos o deshidratación del órgano dentario<sup>39</sup>.

El blanqueamiento interno de los dientes puede causar resorción externa radicular. Ningún material es capaz de prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Debido a que el MTA provee un sellado efectivo en contra de la penetración de colorantes y bacterias, y de sus metabolitos como endotoxinas, se puede utilizar como material de barrera coronaria después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno<sup>1</sup>.

Procedimiento:

Coloque 3 ó 4 mm de una mezcla densa de MTA en la cavidad preparada. Coloque una bolita de algodón húmeda sobre la mezcla y rellene el resto de la cavidad con un material de obturación temporal, después de 3 o 4 horas se debe retirar el material temporal y el algodón y colocar el material de obturación permanente en la cavidad de acceso.

Se realizó un estudio con la finalidad de comparar la efectividad del MTA, IRM, y fosfato de zinc ( $ZnPO_4$ ) como barreras de aislamiento para prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Los resultados muestran que el Fosfato de zinc ( $ZnPO_4$ ) presentó significativamente mayor filtración que el IRM o el MTA y éste último tuvo la menor filtración entre los materiales estudiados. Basados en estos resultados, el MTA se puede utilizar como una barrera de aislamiento para el blanqueamiento interno<sup>42</sup>.

Es importante resaltar que el MTA presenta una composición química que puede provocar pigmentación de la estructura dentaria, por lo que se recomienda utilizarse en el espacio del conducto y cámara que se encuentren por debajo del margen gingival o de la cresta ósea<sup>43</sup>

En cuanto a esta aplicación, existe un estudio in vitro de Loxley en el cual encuentra que el MTA no es el material más idóneo para ser empleado como aislante bajo determinadas sustancias oxidantes, ya que en presencia de perborato sódico este material ve deterioradas sus propiedades físicas. A diferencia del MTA, en el citado estudio concluyen que el IRM es más estable y adecuado para ser empleado bajo sustancias oxidantes<sup>44</sup>.

## 2.7 Otros usos

El MTA también es utilizado como material de obturación coronario sobre la obturación de gutapercha de los conductos radiculares, ya que el MTA provee un sellado efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabolitos como endotoxinas, puede ser utilizado como sellador coronal (3-4mm) después de completar la obturación de los conductos radiculares. Se introduce la mezcla del MTA de 3 a 4 mm de espesor en la cavidad preparada, se coloca una torunda de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal<sup>1</sup>.

Otra indicación puede ser la reparación de una fractura vertical. Una fractura vertical es una separación de los fragmentos orientados longitudinalmente a la raíz y que, a su vez se extiende desde el conducto radicular hasta el periodonto. La fractura radicular vertical produce una pérdida ósea alveolar que viene determinada por el trayecto de la misma. Cuando el diente presenta un tratamiento previo de conductos su diagnóstico resulta complicado y muchas veces requiere de la visualización directa de la fractura vertical para confirmar el diagnóstico y establecer el plan de tratamiento. En muchas circunstancias el diagnóstico certero solo se puede obtener con la inspección clínica de la superficie radicular en la exposición quirúrgica de la misma<sup>39</sup>.

La fractura vertical se presenta comúnmente en dientes posteriores no vitales que contengan elementos de anclaje intrarradicular como pernos, sin embargo pueden ocurrir fracturas verticales espontáneas en dientes no tratados endodóncicamente y en estos casos las características clínicas pueden aparecer como una lesión endodóncica periodontal combinada, presentándose como síntoma principal dolor durante la masticación. Pueden manifestarse además sensibilidad a los estímulos térmicos, inflamación gingival y absceso periodontal o trayecto fistuloso<sup>45</sup>.

Las fracturas verticales pueden extenderse en toda la longitud de la raíz y abarcar el área del surco gingival. Como resultado del crecimiento bacteriano en el espacio de la fractura, el ligamento periodontal adyacente será asiento de una lesión inflamatoria que producirá la destrucción de fibras de tejido conectivo y de hueso alveolar<sup>44</sup>.

Algunos autores proponen remover el material de obturación del diente y 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 no puede usar el diente tratado al menos durante 12 semanas. A pesar del éxito en algunos casos en la reparación de fracturas verticales, el uso de MTA en casos donde está en contacto directo con la cavidad oral por un período largo de tiempo es impredecible. Esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido. A pesar de esto, se han descrito casos clínicos en la literatura de reparación de fracturas verticales (Fig. 33, 34, 35 y 36)<sup>12</sup>.



Fig. 33 Radiografía preoperatorio de molar con lesión periradicular y fractura vertical.



Fig.34 Colocación del MTA en el socavado en toda la extensión de la fractura



Fig. 35 Radiografía postoperatoria



Fig. 36 Radiografía control 9 meses después

### 3. CONCLUSIONES

El MTA, es un material dental novedoso y varias investigaciones han demostrado su eficacia en la práctica odontológica, por lo que su aplicación en Endodoncia, teniendo en cuenta sus características particulares, podría revolucionar en muchos aspectos el plan de tratamiento de las diferentes lesiones.

Puede ser empleado en pulpotomías, apexificaciones, como barrera durante el blanqueamiento, reparación de perforaciones dentarias, entre otros. Al tener este espectro de usos, el MTA se convierte en un material idóneo a utilizar en la práctica endodóncica actual.

Las propiedades del MTA se han valorado ampliamente tanto in vitro como in vivo, pero todavía no existen estudios ni resultados a largo plazo. A corto plazo este material resulta muy prometedor.

Las últimas investigaciones realizadas concluyen que el MTA presenta propiedades biológicas deseables en un material de retroobtusión, muchas de las cuales no se han podido encontrar en otros materiales con los que se ha comparado, por esto se recomienda su uso en procedimientos quirúrgicos endodóncicos.

Todas sus características han hecho que algunos investigadores le den el título de material ideal, sin embargo hay otro grupo de investigadores que todavía se abstienen de considerarlo como tal, pues hacen referencia al factor tiempo como el único que podría confirmar o desacreditar tal aseveración.



Aunque los materiales dentales distan de ser perfectos, ya que no existe aquel que sea libre de producir algún grado de inflamación, se sabe que a pesar de presentar algunas desventajas, estas son hasta cierto punto justificables, pues son más los beneficios que se obtienen al aplicarlos.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

---

- 1 Ensaldo FE. et al. Mineral trióxido agregado. Episteme No.3 Año 1, Enero-Marzo 2005.
- 2 Islam I, Chng HK, Yap AUJ. X-ray diffraction analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Int Endod J.* 2006; 39: 220–225.
- 3 Torabinejad M, Hong C U, Mc Donald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root end filling material. *J Endod* 1995;21:349-53.
- 4 Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;19(11):541-4.
- 5 Pineda MME, et al. Clinical use of mineral trioxide aggregate (MTA) in periapical lesions and the treatment of root perforations. *Odontol. Sanmarquina* 2007; 10 (1): 21- 24.
- 6 Torabinejad M, Smith WP, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995; 21(6):295-9.
- 7 Herzog-Flores D, et al. Análisis fisicoquímico del mineral trióxido agregado (MTA) por difracción de rayos X calorimetría y microscopía electrónica de barrido. *ADM* 2000, Vol. 57, No. 4 Julio-Agosto pp. 125-131.
- 8 Kwak KI, Park DS. The effect of obturation timing and thickness of mineral trioxide aggregate matrix on sealing ability. *J Endod.* 2000;26(9):557.
- 9 Torabinejad M, Rastegar A, et al. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root end filling material. *J. Endod* 1995;21(3):109-12.
- 10 Lamb EL, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(6):732-5.

- 
- 11 Valois CR, Costa ED. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(1):108-11.
- 12 Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999; 25(3):197-205. (*Endodoncia.* 1999; 17(3):159-71).
- 13 Lawley GR, Schindler WG, Walker WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *J Endod.* 2004;30(3):167-72.
- 14 Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod.* 2004; 30(2):103-6.
- 15 Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod.* 2003;29(12):814-7.
- 16 Nekoofar MH, Adusei G, Sheykhrezae MS, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PMH. The effect of condensation pressure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 40, 453–461, 2007.
- 17 Camilleri J, Pitt Ford T.R, Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J.* 2006; 39,747-54.
- 18 Koh ET, Mc Donald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1998; 24: 543-547.
- 19 Haglund R, He J, Jarvis J, Effects of root-end filing materials on fibroblasts and macrophages in vitro. *Oral surg Oral Med Oral Patol Oral Radiol Endod* 2003; 95, 739-45.
- 20 Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 95(4):483-9.

- 
- 21 Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2003;29(6):407-12.
- 22 Yaltirik M, Ozbas H, Bilgic B, Issever H. Reaction of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod*. 2004; 30(2):95-9.
- 23 Bernabe´ PFE, Gomes-Filho JE, Rocha WC, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J*. 40, 758–765, 2007.
- 24 Yoshimine y, Ono M, Akamine a. In Vitro Comparison of Biocompatibility of Mineral Trioxide Aggregate, 4 META/MMA-TBB Resin, and Intermediate retorative material as Root-end-Filling Materials.
- 25 Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J*.2002; 3 : 245–254.
- 26 Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report”. *Int Endod J*. 2003; 36: 225-231.
- 27 Barbería LE. *Terapia pulpar en Odontopediatría 2ª ed*. Masson, Barcelona España 2001: 255-268.
- 28 Maroto ME, Barberia LE, Vera G V, Salasar VL, Contrastada experiencia clínica, a largo plazo, en el uso del agregado trióxido mineral en pulpotomías de dientes temporales *Gaceta dental: Industria y profesiones*, ISSN 1135-2949, N°. 177, 2007, 76-89.
- 29 Eidelman E, Holan G, Fucks AB. Mineral trioxide aggregate vs. Formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001; 23: 15-18.
- 30Agamy HA, Bakry NS, Mounir MF, Avery DR. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and Formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent* 2004; 26: 302-309.

- 
- 31 Antunes BE, et al. Mineral Trioxide Aggregate with or without Calcium Chloride in Pulpotomy. *J Endod* 2008;34:172–175.
- 32 Pace R, et al. Apical Plug technique using mineral trioxide aggregate: results from a case series, *Int Endod J.* 2007 ;40, 478-484.
- 33 Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J.* 2007, 40, 186– 197.
- 34 Cristóbal C. B, Magaña G.M, Peix S.M, Miñana L.R. Apexificación con hidróxido de calcio vs tapón apical de MTA *Gaceta dental: Industria y profesiones*, Madrid 2005, *Gaceta dental*, ISSN 1135-2949, N°. 159. 58-79.
- 35 Mina GM. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE*. [online]. 2002, vol. 7, no. 3 [citado 2008-04-02], pp. 283 289. disponible en: <[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1138123X200200400006&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138123X200200400006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1138-123X.
- 36 Holland R O, et al. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J. Endod* 2001. Sao Paulo, Brazil. 27(4):281-4.
- 37 Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: A long-term study. *J Endod.* 2004; 30(2):80-3.
- 38 Meire M, De Moor R. Mineral Trioxide Aggregate Repair of a Perforating Internal Resorption in a Mandibular Molar. *J Endod* 2008; 34: 220 –223.
- 39 Alister JP, Aracena S, Hernandez S, Almeida A y Olate S. Evaluación de la cicatrización periapical en cirugías apicales utilizando MTA (Mineral Trioxide Aggregate). Caso- control. *Int. Odontostomat.* 2007. 1(1); 59-62.
- 40 Cohen S, Burns R. *Vías de la Pulpa*. 8ª ed. Elsevier Scirvier, Barcelona España. 2002, pp. 679-722.
- 41 Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J.* 2003;36(8):520-6.

---

42 Tang, H. M. Morrow, J. D et al. Endotoxin leakage of four root-end filling materials. J. Endod.1997, 23(4):259.

43 Instructivo Pro Root MTA, Tulsa Dental.

44 Loxley EC, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC 3rd. The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003; 95(4):490-4.

45 El invitado Carlos Bóveda disponible en:

5[http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_14.htm](http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_14.htm).