



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**MINERAL DE TRIÓXIDO AGREGADO APLICACIONES EN
ODONTOLOGÍA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ENRIQUE DÍAZ ALTAMIRANO

**TUTORA: MTRA. MARÍA TERESA DE JESÚS GUERRERO
QUEVEDO**

ASESORA: C.D. MARÍA ALICIA VALENTI GONZÁLEZ

MÉXICO, D.F.

2008



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.

A DIOS:

Por permitirme llegar a este momento, por darme salud, fe, y poner en mi camino a personas tan valiosas, así como darme fuerzas para seguir adelante.

A MIS PADRES:

Les doy gracias por ser quienes han cuidado siempre de mí con desvelos, sacrificios, siempre brindándome lo mejor de cada uno y estando a mi lado en todo momento dándome su apoyo incondicional, con todo su amor. Los amo, y estoy muy orgulloso de ustedes, y todos los días le doy gracias a Dios por tenerlos.

A DANIELA.

Por su apoyo incondicional, y por ayudarme siempre.

A MI FAMILIA

Por su apoyo incondicional y estar conmigo en las buenas y en las malas.

GRACIAS A LA UNAM, y a todos los profesores que es parte de mi preparación.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 5 |
| 2. Objetivo | 6 |
| 3. Antecedentes | 6 |
| 4. Generalidades | 7 |
| 2.1 Tipos | 8 |
| 2.2 Manipulación | 9 |
| 5. Propiedades físicas y químicas | 10 |
| 5.1. Ph | 11 |
| 5.2. Radiopacidad | 12 |
| 5.3. Resistencia a la compresión | 12 |
| 5.4. Solubilidad | 13 |
| 5.5. Capacidad de sellado | 13 |
| 5.5.1. Microfiltración de partículas no bacterianas | 14 |
| 5.5.2. Microfiltración bacteriana | 14 |
| 5.5.3. Adaptación marginal | 15 |
| 5.5.4. Resistencia al desplazamiento | 15 |
| 5.6. Biocompatibilidad | 16 |
| 5.6.1 Actividad antimicrobiana | 18 |
| 5.6.2 Respuesta inmunologica y celular | 19 |
| 5.6.3 Citotoxicidad | 19 |
| 5.6.4 Mutagenicidad | 20 |
| 6. Indicaciones y Aplicaciones | 21 |
| 6.1. Aplicaciones de dientes permanentes vitales | 21 |
| 6.1.1. Recubrimiento pulpar directo | 21 |
| 6.1.1.1. Procedimiento clínico de un recubrimiento pulpar directo | 22 |
| 6.1.2. Pulpotomía y Apicogénesis | 23 |
| 6.1.2.1. Procedimiento clínico pulpotomía parcial. | 23 |

| | |
|--|----|
| 6.2. Aplicaciones en dientes permanentes con pulpa necrótica | 25 |
| 6.2.1. Apicoformación | 25 |
| 6.2.1.1. Procedimientos clínicos en la apicoformación | 26 |
| 6.2.2. Retro obturación apical | 28 |
| 6.2.2.1. Procedimiento clínico para obturaciones apicales a retro | 29 |
| 6.2.3. Reparación de lesiones en furca | 29 |
| 6.2.4. Reparaciones de perforaciones radiculares | 30 |
| 6.2.4.1 Procedimiento clínico de reparaciones de perforaciones radiculares | 31 |
| 6.2.5. Reparaciones de reabsorciones radiculares | 34 |
| 6.2.5.1 Procedimiento clínico de reparación quirúrgica de perforaciones. | 34 |
| 6.2.6. Barrera en blanqueamiento interno | 36 |
| 6.2.6.1 Procedimiento clínico de barrera en blanqueamiento interno | 36 |
| 6.3. Aplicaciones en dientes temporales | 37 |
| 6.3.1. Recubrimiento pulpar en dientes temporales | 37 |
| 6.3.1.1. Procedimiento clínico de recubrimiento pulpar en dientes temporales | 38 |
| 6.3.2. Pulpotomía | 39 |
| 6.3.2.1 Procedimiento clínico de pulpotomía en dientes temporales | 40 |
| 6.3.3. Apicogenesis | 41 |
| 7. Ventajas y Desventajas | 41 |
| 8. Casos clínicos | 42 |
| 9. Conclusiones | 48 |
| 10. Referencias Bibliográficas | 49 |

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda en las últimas décadas para agentes biocompatibles que puedan inducir *in vivo*, los mecanismos de reparación de pulpa han producido una variedad de materiales.

Entre éstos, el material más prometedor es el Mineral de Trióxido Agregado que fue desarrollado en la Universidad de Loma Linda por Lee, Monsef y Torabinejad en la década de 1990.

Los principales componentes de este material son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, y óxido de silicato. Además el producto contiene pequeñas cantidades de otros óxidos minerales, responsables de las propiedades físicas y químicas del agregado.

Dentro de las principales ventajas de éste mineral, encontramos que impide la microfiltración, es biocompatible, y promueve la regeneración de los tejidos cuando se pone en contacto con la pulpa dental o tejidos perirradiculares. Puede aplicarse en procedimientos como recubrimiento pulpar, apexificación, reparación de perforaciones de la raíz quirúrgicamente y no quirúrgicas, así como en obturaciones retrogradas en los diferentes dientes.

2. OBJETIVO:

El objetivo de este trabajo es dar a conocer las propiedades físicoquímicas del Mineral de Trióxido Agregado así como sus aplicaciones en odontología, ventajas y desventajas, resaltando sus cualidades como material alternativo de recubrimiento pulpar y regenerador de tejidos duros.

3. ANTECEDENTES

Los materiales dentales han sido parte importante en el diario evolucionar de la odontología. gracias a grandes adelantos tecnológicos y bioquímicos, se ha logrado una generación de nuevos materiales biocompatibles con mejores propiedades físicas, químicas y biológicas capaces de inducir *in vivo* los mecanismos de reparación de la pulpa .¹

Muchos materiales se han utilizado para sellar las vías de comunicación entre el sistema radicular y la cavidad oral, así como los tejidos perirradiculares. Estos incluyen la amalgama, el óxido de zinc-eugenol a base de cementos tales como Super-EBA y el IRM, Cavit , compuesto de resinas, y los cementos de ionómero de vidrio. Las principales desventajas de estos materiales incluyen la microfiltración, diversos grados de toxicidad, y la sensibilidad a la presencia de humedad.²

Desde principios de los años noventa, un nuevo material denominado Mineral Trióxido Agregado o MTA ha sido investigado como potencial compuesto para sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente. Desde que fue

¹ Aul K, Seltzer and bender´s Dental pulp, Ed. Quintessence Books, 2002.

² Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001] Disponible en: dirección: http://www.carlosboveda.com/Odontologos_folder/odontoinvitadoold/odontoinvitado7.ht visitado el 25 de agosto de 2008

descrito por primera vez en la literatura especializada en 1993 por Lee, Monsef y Torabinejad, este material ha sido investigado y empleado en múltiples y diversas intervenciones quirúrgicas y no quirúrgicas en el ámbito odontológico. El MTA fue aprobado por la Food and Drug Administration Americana en 1998.^{3,4}

³ Simon S, The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study, *International Endodontic Journal*, 40, 186–197, 2007.

⁴ Torabinejad M, Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate, *The American Association of Endodontists* VOL. 25, No. 3, MARCH 1999,197-205.

4. GENERALIDADES

El comportamiento del Mineral de Trióxido Agregado (MTA) a nivel de tejido conectivo es prácticamente el mismo que el del hidróxido de calcio. El trióxido de calcio 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 estar en 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 a su vez estimulan a los fibroblastos para que liberen fibronectina, la que estimula a los fibroblastos presentes en la zona, transformándose en células productoras de tejido duro (osteo, cemento u odontoblastos).^{3, 4.}

¹ Simon S, The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study, *International Endodontic Journal*, 40, 186–197, 2007.

² Torabinejad M, Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate, *The American Association of Endodontists VOL. 25, No. 3, MARCH 1999*, 197-205.

³ Campos I, Evaluación de la Biocompatibilidad del Cemento Pórtland Implantado en Tejido Conectivo Subepitelial de Ratas, *Revista ADM, Vol. LX (2) pp45-5.*

⁴ Silva Herzog-Flores D, Análisis Físicoquímico del Mineral de Trióxido Agregado (MTA) por Difracción de Rayos X Calorimetría y Microscopía Electrónica de Barrido, *Revista ADM. Vol. LVII, No. 4 julio-agosto pp125-131. 2000.*

4.1. TIPOS

El Mineral de Trióxido Agregado es comercializado por Maillefer-Dentsply® (Ballaignes, Suiza) bajo el nombre ProRoot MTA®, en dos preparados: en color gris y el más estético, el color blanco.

El de color blanco, está compuesto principalmente de silicato tricálcico, óxido de bismuto, el 20% de óxido de bismuto, y el 5% de yeso en peso, y su presentación comercial, es en sobres herméticamente sellados que contienen un gr. de polvo de MTA y unas pipetas con agua estéril, para su mezcla. Ambos tipos son esencialmente el 75% del cemento conocido como Pórtland (Utilizado en las construcciones).^{5,6,7.}

El ProRoot® MTA Blanco (ver Figura 1) se recomienda en:

- Recubrimientos pulpares.
- Apicogénesis.
- Pulpotomías.
- Apexificaciones.
- Obturación de raíces con resorción interna y/o perforaciones.



Figura 1. ProRoot® MTA Blanco.

⁵ Kheng H, Properties of a New Root-End Filling Material, JOE — Volume 31, Number 9, September 2005, pp 665-668.

⁶ Al-Hezaimi K, Antibacterial Effect of Two Mineral Trioxide Aggregate (MTA) reparations Against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* *In Vitro*. JOE Volume 32, Number 11, November 2006. pp1053-1056.

⁷ Minana M, El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia, RCOE, [online], 2002, vol. 7, no. 3, pp. 283-289.

El ProRoot[®] original MTA gris (ver Figura 2), se recomienda para:

- Apexificaciones
- Cirugía retrograda
- Obturación de raíces con resorción internas y/o perforaciones



Figura 2. ProRoot[®] original MTA gris.

4.2. MANIPULACIÓN

El Mineral de Trióxido Agregado debe prepararse inmediatamente antes de utilizar. El polvo del MTA, viene en sobres herméticamente sellados; luego de abrir, debe guardarse en recipientes con tapas de cierre hermético, que lo proteja de la humedad. El polvo (figura 3 y 4) se mezcla con agua estéril en una proporción de 3:1; en caso de que la mezcla sea muy seca puede añadirse agua hasta conseguir una consistencia pastosa, en una loseta de vidrio con ayuda de una espátula de plástico o metal.



Figura 3. Polvo de MTA (ProoRoot[®]).



Figura 4. MTA con el equipo de Mezcla y colocación.

¡Error!

Marcador no definido.

La mezcla puede llevarse en un transportador de plástico o metal (ver Figura 4) a la zona operatoria. Como el Mineral de Trióxido Agregado requiere de humedad para fraguar, el dejar la mezcla en una loseta de vidrio o de papel dará lugar a una deshidratación del material y por consiguiente una mezcla seca y arenosa. **¡Error! Marcador no definido.**

5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El Mineral de Trióxido Agregado es un es un polvo compuesto por trióxidos combinados con otras partículas minerales hidrófilas, que se cristalizan en presencia de agua. Los principales componentes de este material son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, y óxido de silicato (ver tab,1). Además, el producto contiene pequeñas cantidades de otros óxidos minerales, responsables de sus propiedades físicas y químicas, por ejemplo el óxido de bismuto, que ha sido añadido al compuesto para hacerlo más radiopaco.^{1,2.}

La hidratación del polvo da lugar a un gel coloidal con un pH medio de 12,5 que solidifica formando una estructura dura. El tiempo de fraguado del cemento hidratado es de 4 horas aproximadamente, y parece ser no reabsorbible.³ Las características del agregado dependen del tamaño de las partículas de la relación polvo-agua y de la temperatura.^{¡Error! Marcador no definido..}

¹ Cohen S, Vías de la pulpa, Harcourt, Madrid España, pp 616, 2001.

² Camilleri J, Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material, International Endodontic Journal, 39, 747–754, 2006.

³ Bergenholtz G, Text book of endodontology. Blackwell. Iowa, USA pp 77, 2003.

| | |
|------|--|
| 75% | Silicato tricálcico. (3CaOSiO ₂) Aluminato tricálcico. (3CaO-Al ₂ O ₃) Silicato dicálcico. (2CaO-SiO ₂) Silicato aluminato férrico tetracálcico. (4CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃) |
| 20% | Óxido de bismuto. (Bi ₂ O ₃) |
| 4.4% | Sulfato de calcio dihidratado. (CaSO ₄ -2H ₂ O) |
| 0.6% | Residuos insolubles: sílica cristalina, óxido de calcio sulfato de potasio y calcio. |

Tabla 1. Componentes del Mineral de Trióxido Agregado¹⁰.

Recientemente se ha llegado a la conclusión de que el cemento Pórtland, un material de uso común en la industria de la construcción, es un compuesto con características químicas muy similares al MTA. Tanto el Mineral de Trióxido Agregado como el cemento Pórtland tienen entre sus componentes: fosfato calcio y silicio, a excepción del óxido de bismuto, que ha sido agregado al MTA, para darle mayor radiopacidad. También tiene disminuida la cantidad de yeso, así como la diferencia entre el tamaño y distribución de las partículas, por lo demás el análisis microscópico y de difracción de Rayos X, muestran que ambos materiales son semejantes. ¡Error! Marcador no definido..

5.1. PH

En cuanto al pH los autores mencionan que el Mineral de Trióxido Agregado presenta un pH inicial de 10.2 y al cabo de casi tres horas, su pH se torna altamente alcalino alcanzando cifras de hasta 12.5, después de lo cual se mantiene constante.

El Mineral de Trióxido Agregado presenta un pH similar al del cemento de Hidróxido de Calcio por lo que también éste material puede inducir a la

formación de tejido duro. ¡Error! Marcador no definido., ¡Error! Marcador no definido., ¡Error! Marcador no definido.,4.

5.2. RADIOPACIDAD

Dentro de su composición se ha incluido el óxido de bismuto para dar mayor radiopacidad que es de 7.17 mm la cual es una característica ideal para un material de obturación, haciéndolo más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando es colocado en una preparación cavitaria, tomando en cuenta que la dentina tiene una radiopacidad de 0.7mm. Además el óxido de bismuto, proporciona suavidad a la mezcla del cemento, lo que da por resultado una masa más homogénea y de fácil manipulación.¹

Comparado con otro material de obturación retrograda, como la amalgama, éste es menos radiopaco ya que es de 10mm, la gutapercha es de 6.14mm, el IRM es de 5.30mm, el Super-EBA de 5.16mm. Al ser más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina es fácilmente distinguible en las radiografías. ¡Error! Marcador no definido..

5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia compresiva es un factor importante por considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soporta cargas oclusales. La resistencia a la compresión del Mineral de Trióxido Agregado a los 21 días es de alrededor de 70 MPa, que es comparable con la del IRM 60Mpa y el Super EBA 65 MPa, pero significativamente

⁴ Islam I, Comparison of the Physical and Mechanical Properties of MTA and Portland Cement, JOE — Volume 32, Number 3, March 2006. Pp193-197.

menor que el de la amalgama, que es de 311 MPa. ¡Error! Marcador no definido.,
¡Error! Marcador no definido..

5.4. SOLUBILIDAD

La falta de solubilidad es una de las características ideales en un material de obturación, el desgaste de los materiales de obturación puede ocurrir por los ácidos generados por la bacterias, ácidos presentes en la comida y bebidas, o por desgaste por contacto oclusal.

Los materiales comúnmente utilizados para el sellado de perforaciones y de obturación retrograda están normalmente en contacto con el fluido periapical hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o el cemento. ¡Error! Marcador no definido..

5.5. CAPACIDAD DE SELLADO

En una obturación retrograda, tan importante es la falta de solubilidad, como el proveer un sellado apical que prevenga el movimiento de bacterias y la difusión de productos bacterianos a los tejidos perirradiculares. Éste material tiene una gran capacidad de sellado como material de obturación apical y de reparación en perforaciones del diente (ej. furca); ha sido probado, mediante técnicas como el grado de penetración de colorantes, radioisótopos, bacterias, medios electroquímicos y técnicas de filtración de partículas. ¡Error! Marcador no definido.,
¡Error! Marcador no definido..

5.5.1. MICROFILTRACIÓN DE PARTÍCULAS NO BACTERIANAS

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 un valor cuantitativo. Este método es considerado confiable para determinar la capacidad de sellado de los materiales de obturación apical.

El Mineral de Trióxido Agregado se ha mostrado superior a otros materiales de obturación en cuanto a filtración y biocompatibilidad. Diversos estudios sobre filtración bacteriana y de contraste realizados en preparaciones del extremo radicular, tanto secas como contaminadas de sangre, indican que el MTA consigue mejor sellado que la amalgama, el IRM o el Super EBA. ¡Error! Marcador no definido., 1,15.

5.5.2. MICROFILTRACIÓN BACTERIANA

A causa del predominio de microorganismos anaerobios en las infecciones de origen endodóntico, la utilización del modelo de filtración anaerobio es clínicamente relevante. En diversos estudios¹⁵ se demostró que el MTA, tiene una menor microfiltración bacteriana en comparación a las perforaciones reparadas con amalgama.

Autores como Torabinejad y cols.,⁵ consideran que la capacidad de sellado que muestra el Mineral de Trióxido Agregado se debe principalmente a algunas características de este material como su bajo nivel de contracción, favorecido por el largo tiempo de fraguado y estabilización; al hecho de no ser soluble en presencia de agua, y a su capacidad de estimular la reparación tisular.

5.5.3. ADAPTACIÓN MARGINAL

En cuanto a la capacidad de adaptación marginal del Mineral de Trióxido Agregado, la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha en referencia a esta cualidad, se han realizado con respecto a la utilización de este material como obturación ideal debe adaptarse y, si es posible, adherirse a las paredes de la dentina.

En este sentido Torabinejad y cols. evaluaron la capacidad de adaptación marginal del Mineral de Trióxido Agregado, el Super EBA y la amalgama. Los resultados mostraron que excepto para las muestras obturadas con MTA, la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente mostraron presencia de brechas y vacíos en el material de obturación y las paredes de la cavidad. Las cavidades apicales obturadas con amalgama, tuvieron un grado más bajo de adaptación a las paredes dentinarias, por el contrario el MTA que observó la mayor adaptación y menor cantidad de brechas, presentando también el Mineral de Tritóxido Agregado un grado de microfiltración significativo.^{¡Error! Marcador no definido..}

5.5.4. RESISTENCIA AL DESPLAZAMIENTO

⁵ Torabinejad M, Histologic assessment of Mineral Tri oxide Aggregate as a root-end filling in monkeys. Journal of Endodontics, 23(4):225-8, 1997.

En un estudio realizado por Sluyk y cols.²¹ donde se evaluaron las propiedades de sellado y retención del MTA cuando este se utiliza como material de reparación en perforaciones de furca se evidenció una alta resistencia al desplazamiento a las 72 horas de haber sido colocado, mayor a la mostrada a las 24 horas de su colocación. Lo que nos indica que, la reacción inicial continúa mejorando la resistencia al desplazamiento. ¡Error! Marcador no definido..

5.6. BIOCOMPATIBILIDAD

Biocompatibilidad es la capacidad de un material para llevar a cabo con una adecuada respuesta en una aplicación específica. Esto significa que el tejido del paciente que entre en contacto con los materiales no deben sufrir de cualquier acción tóxica, irritante, inflamatoria, alérgica, genotóxica, o ser carcinogénica.⁶

La respuesta del huésped a los materiales en contacto con el tejido es compleja y depende de muchos factores. La resorción ósea y la subsecuente formación dependen de la interacción de los osteoblastos y osteoclastos y cada uno depende del otro para activarse. La interacción de estas células esta gobernada por hormonas, factores de crecimiento y citoquinas. ¡Error! Marcador no definido.

La biocompatibilidad del material ha sido investigada en diversas maneras, utilizando células de expresión y de crecimiento, la implantación subcutánea e intraóseas y en contacto directo en los tejidos dentales *in vivo*.

La biocompatibilidad del material podría deberse a la reacción de subproductos como el hidróxido de calcio.² También, el que el calcio y el fósforo sean los principales iones en éste material y que también sean los

⁶ Araki D, Biocompatibility In Vitro Tests of Mineral Trioxide Aggregate and Regular and White Portland Cements, JOE — Volume 31, Number 8, August 2005 pp 605-7.

principales componentes del tejido duro, se podría pensar que ésta es una de las causas que justifican su biocompatibilidad.¹

Para comprobar su biocompatibilidad, Wucherpfennig realizó un estudio, en el cual fueron cultivadas células semejantes a los osteoblastos (MG63) en presencia de MTA como cemento Pórtland. Los cultivos de 4 y 6 semanas mostraron que ambas sustancias estimulan la formación de una matriz en forma similar. También realizó estudios en ratas adultas, en donde colocó cemento Portland o MTA como recubrimiento pulpar directo después de una exposición pulpar estéril, se obtuvieron los especímenes para el análisis histológico a 1, 2, 3 y 4 semanas, donde se confirmó que ambos materiales tienen un efecto similar en las células pulpares; la aposición de dentina de reparación se observó en algunos casos, tanto al inicio como a las dos semanas después de producir las lesiones. **¡Error! Marcador no definido..**

Koh y cols. Investigaron la posible participación del Mineral de Trióxido Agregado para estimular la activación de la respuesta celular. Los resultados observados en el microscopio electrónico de barrido, mostraron que el Mineral de Trióxido Agregado permitió la adherencia de las células al material, señalando los autores una probable estimulación en la producción de citoquinas en los osteoblastos humanos. **¡Error! Marcador no definido..**

Torabinejad y cols.⁷ evaluaron la reacción del tejido óseo al super EBA y Mineral de Trióxido Agregado, colocándolos en mandíbulas de cobayos. Los materiales fueron colocados en tubos de teflón, implantándolos por 60 días en el hueso. El estudio mostró que ambos materiales son biocompatibles, aunque la reacción del tejido al Mineral de Trióxido Agregado fue menor que la del super EBA.

⁷ Torabinejad M, Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report, J Endodon 1995; 21:569-571.

Holland y cols. Implantaron en tejido subcutáneo de ratón tubos de dentina con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o Mineral de Trióxido Agregado. Los autores mencionan que el mecanismo biológico de acción del Mineral de Trióxido Agregado es muy similar al del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en el que los iones de Ca^{++} del material se unen con el CO_2 presente en los tejidos, formando así los cristales de calcita. ¡Error! Marcador no definido.

5.6.1. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

Los microorganismos desempeñan un papel clave en el desarrollo y la progresión de la pulpa y la enfermedad periapical, así como en los fracasos del tratamiento endodóntico. El resultado del tratamiento dependerá del éxito de la eliminación de los microorganismos asociados y tejidos infectados, así como el efectivo sello de la raíz o sitio para evitar recontaminación futura. Dado que muchos de los biomateriales no pueden proporcionar un perfecto sellado, se sugirió que estos materiales también debería evitar el crecimiento bacteriano. ¡Error! Marcador no definido.

Los efectos de Mineral de Trióxido Agregado Gris y Mineral de Trióxido Agregado Blanco contra otras cepas bacterianas también se estudiaron, con resultados conflictivos. Utilizando la fórmula original de Loma Linda, encontró que MTA es eficaz contra algunos microorganismos facultativos pero no contra otras cepas bacterianas, incluyendo *Escherichia faecalis*. Por otra parte, otros investigadores informaron de que MTA, ya sea demorado o impedido el crecimiento de *E. faecalis* y que ProRoot MTA cementos mostraron en general una mayor actividad antibacterial que otros materiales a prueba. Además evaluó las propiedades antimicrobianas de Mineral de Trióxido Agregado blanco y encontró que éste inhibía el crecimiento de *E. faecalis* y *Streptococcus sanguis* y era

mezclado con clorhexidina en lugar de agua aumenta la acción antibacteriana. ⁸¡Error! Marcador no definido.

5.6.2. RESPUESTA INMUNOLÓGICA Y CELULAR

La defensa del organismo, frente a los microorganismos extraños, como virus, bacterias y otras sustancias antihigiénicas, esta mediada por una inmunidad innata y la adquirida. Las fases efectoras de ambas están influenciadas por hormonas proteínicas llamadas citoquinas que regulan la respuesta inmune. ⁸¡Error! Marcador no definido..

El Mineral de Trióxido Agregado parece ofrecer un sustrato propicio en la activación de los osteoblastos y puede estimular la formación de fosfato de calcio; que favorece la comunicación con el contenido celular. Esta fase, no presenta cristales de hidroxapatita al análisis de microscopio electrónico de barrido, lo que ocasiona un cambio en el comportamiento celular, permitiendo la adherencia de las células al material, para estimular el crecimiento óseo sobre el sustrato. ⁸¡Error! Marcador no definido., ¡Error! Marcador no definido..

5.6.3. CITOTOXICIDAD

El examen de citotoxicidad es usado para determinar la biocompatibilidad de los diferentes materiales dentales y de acuerdo a esta técnica se ha evaluado el MTA comparativamente con amalgama, IRM y super EBA. ¡Error! Marcador no definido.

⁸Abbas A, Inmunología Celular y Molecular. 2da ed. McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid. Capitulo 1 y 12, pp: 3-14; 267-295.1995

La toxicidad de un material de obturación apical se evalúa generalmente utilizando tres pasos.

1.-Se investiga el material utilizado una serie de ensayos de citotoxicidad *in vitro*.

2.-Determinar que el material no es citotóxico *in vitro*.

3.-La reacción *in vivo* del tejido blanco versus el material de prueba se debe evaluar en sujetos humanos y animales.

Los resultados de las pruebas de citotoxicidad *in vitro* pueden no correlacionarse altamente con los obtenidos *in vivo*. Sin embargo se puede asegurar que, si un material de prueba induce constantemente una fuerte reacción citotóxica en las pruebas de cultivo celular, es muy probable que también ejerza toxicidad en un tejido vivo.⁹

Osorio y cols.,⁹ realizaron un estudio en el cual se midió la citotoxicidad de algunos selladores de conductos radiculares y de los materiales de obturación apical a retro, tales como la Amalgama, MTA y Super EBA; se concluyó que la amalgama recién preparada y después de cristalizar, es menos citotóxica que los otros materiales, seguida por el MTA. Cuando fue evaluada por radiocromo, el material menos tóxico fue el MTA, seguida de la amalgama y el super EBA.

5.6.4. MUTAGENISIDAD

Kettering y Torabinejad investigaron la mutagenicidad del MTA, IRM y del super EBA, utilizando la prueba de mutagenicidad de AMES, concluyendo

⁹ Osorio R.M., Citotoxicity of Endodontic Material. J.Endod; 1998 24(2); pp91-93.

que ninguno de los materiales tiene potencial carcinogénico. **iError! Marcador no definido..**

6. INDICACIONES Y APLICACIONES ^{6, 1}

- Recubrimiento pulpar directo.
- Pulpotomías.
- Apexificaciones.
- Apicoformaciones.
- Reparaciones de perforaciones en furca y radiculares.
- Obturaciones retrogradas.
- Resorciones internas.

6.1. APLICACIONES EN DIENTES PERMANENTES VITALES

Durante el ciclo de vida de un diente, el tejido pulpar vital contribuye a la producción de dentina secundaria, dentina peritubular (esclerótica), y la dentina reparativa en respuesta a los estímulos biológicos y patológicos. Por lo tanto, el éxito pulpar es dependiente a la preservación de tejidos de la pulpa vital y la formación de puentes de dentina. ^{¡Error! Marcador no definido.}

6.1.1. RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO

El recubrimiento pulpar directo se destina a cubrir la superficie expuesta de la pulpa para mantener su vitalidad y preservar su funcionalidad y actividades biológicas: inductoras de tejido duro por la formación de células de la pulpa como un objetivo final de nivelación y el uso de materiales que han sido ampliamente aceptados. ^{¡Error! Marcador no definido.}

¹ Instrucciones de uso MTA ANGELUS

Ofrece, además, la ventaja de establecer tejido duro con menor riesgo de disolución a través del tiempo.^{2,3.}

6.1.1.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE UN RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO

El procedimiento debe comenzar por la anestesia local y el aislamiento con dique de hule. Se debe entonces eliminar completamente la caries con fresa redonda, con refrigeración y agua constante. Se debe lavar la cavidad y el sitio de la exposición con hipoclorito de sodio diluido. El sangrado profuso del sitio de exposición debe ser controlado con una torunda de algodón apenas impregnada con formol. Se mezcla entonces el polvo del MTA con agua estéril y se coloca la mezcla en la cavidad con un portamalgamas. Con una torunda de algodón húmeda, se rellena el sitio de la exposición. Se coloca otra torunda de algodón sobre el MTA y se rellena el resto de la cavidad con un material temporal. Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser utilizada como obturación permanente, una semana después, se remueven de 3 a 4 mm del material y se coloca la restauración final sobre el MTA restante.^{¡Error! Marcador no definido.}

El Mineral Trióxido Agregado (MTA) es un material alternativo en pulpa vital, se ha visto a largo plazo su capacidad de cierre y estimula a una mayor calidad y cantidad de dentina reparativa. Por lo que, el Mineral Trióxido Agregado es un buen sustituto de hidróxido de calcio en los procedimientos de la pulpa vital. ^{¡Error! Marcador no definido.,¡Error! Marcador no definido.,¡Error! Marcador no definido..}

² Asgary S, A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008 Volume xx, Number x. pp 1-6.

³ Soares J. Endodoncia técnica y fundamentos. Panamericana. Argentina 2002 pp174-176.

6.1.2. PULPOTOMÍA Y APICOGÉNESIS

En los casos donde la pulpa dental parece estar vital, pero existe una afección de la pulpa cameral, el tratamiento de elección es una pulpotomía, que puede ser apical o total. La pulpotomía parcial consiste en eliminar solamente la parte de la pulpa inflamada adyacente a la exposición pulpar, dejando un pequeño recubrimiento sobre la cavidad de la lesión, la cual cicatrizará formando una barrera mineralizada que protegerá la pulpa y que hará que este tratamiento, en principio sea definitivo, prescindiendo de un futuro tratamiento de conductos. Los productos más empleados hasta la actualidad para la pulpotomía, tanto parcial como total, han sido el formocresol y el hidróxido de calcio.³

El recubrimiento pulpar y la pulpotomía sólo se indican en los dientes con ápices inmaduros cuando la pulpa dental esta expuesta, en ausencia de signos y síntomas y cuando la vitalidad pulpar debe preservarse.^{!Error!}

Marcador no definido.

6.1.2.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO PULPOTOMÍA PARCIAL.

El diente a tratar se anestesia, aísla, se desinfecta, y se lleva a cabo una pulpotomía parcial, eliminando aproximadamente 2mm de exposición pulpar cameral con fresa a alta velocidad e irrigación. Una vez que se disminuye el sangrado por presión, se coloca el MTA directamente sobre el tejido pulpar y se condensa con un algodón húmedo. Se considera que el MTA tarda en fraguar entre 3 y 4 horas, en las cuales debe dejarse, un algodón húmedo sobre el material, retirandose previo a la obturación definitiva.

Se debe evaluar la vitalidad y la situación de la pulpa clínica y radiográficamente cada 3 a 6 meses según sea necesario.

Una de las ventajas que ofrece este tratamiento es que no es necesario retirarlo como ocurre con el hidróxido de calcio, el cual hay que retirar una vez formado el puente de dentinario, ya que éste no se reabsorbe. Además, es posible aplicar el MTA en presencia de sangrado abundante, pues esto no impide su fraguado, por lo contrario lo favorece.^{2,4,9.}

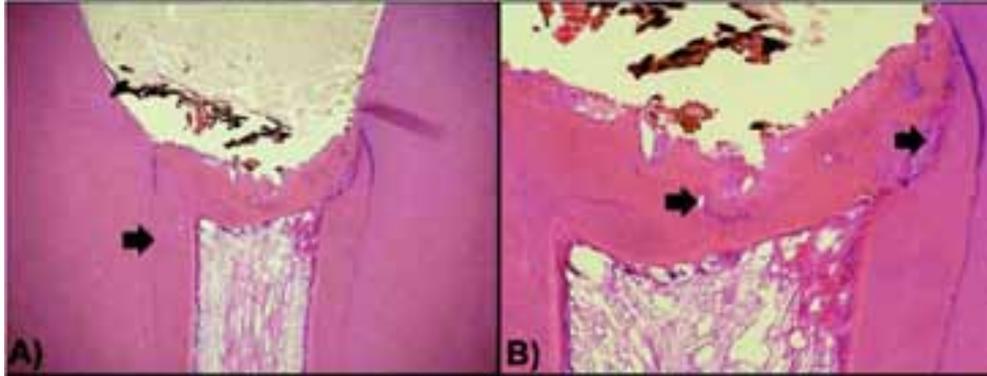


Fig. 1 Pulpotomía realizada con ProRoot® MTA con CaCl₂. Se observa en la figura A. La barrera de tejido mineralizado cerca de la dentina, formada a lo largo de las paredes, y una línea traumática de calcio (ver flecha) 40X. En B, Tejido radicular de la pulpa que presenta una capa definida de células odontoblásticas y algunos papilas dilatadas de los vasos sanguíneos congestionados (ver flechas). (hematoxilina-eosina; 200X).⁴



Figura. 2(A) Radiografía preoperatoria de un segundo premolar mandibular sintomático con caries expuesta. (B) Radiografía postoperatoria mostrando la pulpotomía con MTA restaurado. (C) Radiografía postoperatoria 2.7 años mostrando la formación de raíz (apexogenesis). El diente responde dentro de los límites normales a pruebas de vitalidad. (D) Radiografía postoperatoria a 3.4 años en la que se aprecia el éxito del tratamiento y sigue respondiendo a pruebas de vitalidad.⁵

⁴ Antunes E. Mineral Trioxide Aggregate with or without Calcium Chloride in Pulpotomy. JOE—Volume 34, Number 2, February 2008 172-175

⁵ Witherspoon D. Vital Pulp Therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives—Permanent Teeth. JOE—Volume 34, Number 7S, July 2008 pp.S25-S28

6.2. APLICACIONES EN DIENTES PERMANENTES CON PULPA NECRÓTICA.

La capacidad de aumentar la regeneración de la inserción del periodonto es una propiedad deseable de cualquier material utilizado para la apexificación, retro obturación, reparación de perforaciones, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y los tejidos perirradiculares. Informes histológicos han reportado que el MTA puede formar nuevo cemento radicular cuando se ponen en contacto con los tejidos periodontales, el origen de los precursores del funcionamiento de cementoblastos en regeneración periodontal no es totalmente conocido.^{2,4,9,6.}

6.2.1. APICOFORMACIÓN

El objetivo principal de la apicoformación es conseguir que el organismo del paciente tratado, cierre el ápice del diente cuyo desarrollo ha quedado detenido por una necrosis del paquete vasculo-nervioso que ha destruido los odontoblastos y las células de la vaina radicular de Hertwig.³²

Dado que se han destruido los odontoblastos, no se va a producir formación de dentina y, por tanto, el grosor de la pared radicular del diente va a quedar en el estado de formación al que había llegado hasta el momento de la patología. ¡Error! Marcador no definido.,^{7.}

⁶ Thomson T. Berry J. Cementoblasts Maintain Expression of Osteocalcin in the Presence of Mineral Trioxide Aggregate. JOE .VOL. 29, No. 6, JUNE 2003. pp 407-12.

Cuando no se logra la formación de una barrera apical natural, por parte del organismo, sino que la barrera es artificial, el tratamiento se domina simplemente sellado. El fin de obtener una barrera apical es, no sólo favorecer el sellado biológico de la raíz, sino también obtener un tejido duro a nivel apical para evitar la extrusión del material de obturación del conducto pulpar.⁷

Se ha visto que es posible realizar apicoformación en una sola sesión, creando un “*stop*” o barrera apical artificial, con el MTA, como un material biocompatible que permite realizar un tratamiento de conductos inmediato.⁸

Se ha observado que el Mineral de Trióxido Agregado apical induce la formación de tejido duro más frecuentemente que otros materiales, y su uso se asocia con menor inflamación. Además de que puede utilizarse como una barrera apical en dientes inmaduros con ápices abiertos.

El “tope” apical está indicado en dientes con pulpas necróticas y ápices abiertos.

6.2.1.1. PROCEDIMIENTOS CLÍNICOS EN LA APICIFORMACIÓN.

En cuanto al procedimiento clínico recomendado en la utilización del Mineral de Trióxido Agregado en dientes permanentes con necrosis pulpar y ápices incompletos, se indica que tras la anestesia, se debe colocar un dique de hule y preparar la cavidad de acceso en el diente a tratar. Después, se limpian los conductos con instrumentos de endodoncia

⁷ Itoh A, Higuche N, Minami G, Yassue T, Yoshida T, Maseki T, Nakamura H. A survey of filling methods, intracanal medications, and instrument breakage. *Journal of Endodontics* 1999;25(12):823-4.

⁸ Simon S.. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *International Endodontic Journal*, 40, 186–197, 2007.

y se irriga con hipoclorito de sodio. Para desinfectar el conducto radicular, se aconseja colocar una pasta de hidróxido de calcio en el conducto radicular durante una semana. Transcurrido este tiempo, se limpia el hidróxido de calcio del conducto radicular con NaOCl y se seca con puntas de papel. Se mezcla entonces el polvo del MTA con agua estéril y se lleva la mezcla con un porta amalgama al conducto. La condensación de la mezcla en el extremo apical de la raíz se lleva a cabo con atacadores o puntas de papel. Se coloca un tapón apical de 3 a 4 mm, comprobando radiográficamente su extensión. Si en el primer intento no se puede crear un tapón ideal, se lava con agua estéril y se repite el proceso.

Después, se coloca una torunda de algodón húmeda en el conducto y se cierra la cavidad de acceso con una restauración temporal durante 3 a 4 horas. Transcurrido este tiempo, se obtura el resto del conducto con gutapercha y se sella la cavidad con una restauración final. Por último se debe valorar la curación perirradicular clínica y radiográficamente.

En los casos clínicos publicados, se muestra en general el empleo de hidróxido de calcio de forma convencional, previa a la adaptación de Mineral de Trióxido Agregado como cierre apical, para proporcionar un efecto antiséptico en el conducto pulpar y el área perirradicular.^{2,4,9.}



Fig. 3 (A) Radiografía preoperatoria de un incisivo central superior izquierdo con el ápice abierto. (B) Colocación de 3 a 4 mm de MTA después de la instrumentación completa. (C) La obturación del resto del conducto y la preparación de la cavidad de acceso con un compuesto de resina. (D) A 6 meses del postoperatorio, radiografía inmediata después de la extracción del canino. Dr. Marshall Gomes.^{¡Error! Marcador no definido.}

6.2.2. RETRO OBTURACIÓN APICAL

Debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, la eliminación de las bacterias y el subsecuente establecimiento de la barrera efectiva para prevenir nuevamente el paso de microorganismos o sus productos a los tejidos periapicales, no siempre se logra con el tratamiento de conductos convencional o con la repetición del tratamiento de conductos. En estos casos la cirugía apical puede ser el tratamiento de elección. La realización de la apicectomía y la colocación de materiales de obturación apical en la cavidad a retro están indicadas para conseguir un buen sellado apical y evitar la penetración de irritantes desde el sistema de conductos radiculares hacia los tejidos perirradiculares y viceversa. La cirugía apical se realiza en presencia de patología perirradicular persistente, cuando el tratamiento y retratamiento fracasan (ver Fig.8).^{Error! Marcador no definido.,4,9.}



Fig. 4 (a) Radiografía preoperatoria de un segundo molar mandíbular izquierdo con tratamiento conductos, lesiones perirradiculares, y una fractura vertical que extiende al ápice de la raíz mesiobucal. (b) Fotografía clínica que demuestra el MTA en la fractura vertical (flechas) y en la preparación de la cavidad del ápice. (c) Radiografía postoperatoria después de la cirugía de la reparación de la fractura vertical con el MTA, y la de la colocación de una membrana resorbable. (d) Radiografía postoperatoria 9 meses más adelante que demuestran la resolución completa de las lesiones. No hay bolsa periodontal. Camargo L.^{Error! Marcador no definido.}

6.2.2.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO PARA OBTURACIONES APICALES A RETRO

Una vez anestesiado el paciente se realiza un colgajo mucoperiostico, se hace una osteotomía hasta localizar las raíces del diente afectado, una vez localizado el ápice a tratar se debe eliminar de 2 a 3mm del ápice radicular, preparar una cavidad apical clase I y colocar el MTA. Por otro lado, es esencial controlar la hemorragia perirradicular, una falta de control de humedad y la presencia de un exceso de sangrado durante la colocación del MTA en la cavidad a retro, hace que el MTA sea muy blando e inmanejable. Con el uso de un pequeño portaamalgamas, se coloca la mezcla de MTA en la cavidad y se condensa. Tras el relleno completo de la cavidad, se limpia la superficie de la apicectomía y la mezcla de MTA con un trozo húmedo de gasa. Como el MTA fragua en presencia de humedad, se debe crear una ligera hemorragia del ligamento periodontal y el hueso y llevar la sangre sobre la apicectomía y el MTA, posteriormente se sutura el colgajo y se valora la cicatrización en revisiones periódicas.^{2,4,9.}

6.2.3. REPARACIÓN DE LESIONES EN FURCA

La importancia del tratamiento en perforaciones de furca, es sellar la comunicación accidental entre la endodoncia y el tejido periradicular, para evitar la resorción del hueso alveolar y evitar que se lesione el ligamento periodontal.

El MTA es ampliamente utilizado para sellar perforaciones por su biocompatibilidad y sellado.

En los caso con una pulpa necrótica, la perforación suele ser evidente, porque el conducto se observa vacío. En casos vitales, la cámara pulpar debe ser regada suavemente con una solución estéril de hipoclorito de sodio, y el piso de la cámara pulpar examinado cuidadosamente para determinar el sitio de perforación. Si es posible, la perforación debe ser reparada de inmediato. El sangrado se detiene presionando un algodón húmedo durante varios minutos. El MTA se mezcla y se coloca sobre la perforación. Este material puede ser cubierto con una resina modificada con ionómero de vidrio para protegerlo. El diente se obtura temporalmente. El MTA tiene alrededor 4 horas para establecerse o fraguar. Si hay una amplia pérdida de hueso en la furca, puede ser necesario utilizar una matriz para prevenir que se introducida en el tejido periradicular. Las matrices utilizadas incluyen el colágeno y sulfato de calcio. ³



Figura 1 Perforación de furca de un premolar mandibular de un perro que fue reparado con MTA. Tenga en cuenta la formación de cemento y la falta de inflamación en el ligamento periodontal, incluso después de la extrusión de MTA en la furca.³

6.2.4. REPARACIONES DE PERFORACIONES RADICULARES

Las perforaciones radiculares pueden producirse durante la preparación y conformación de los conductos radiculares, en la colocación de postes, en

retratamientos, y también como resultado de una reabsorción interna.^{¡Error!}
Marcador no definido.

Si la perforación apical es de gran diámetro, es preferible considerar en esta zona un material como el MTA para formar una barrera estable y bien tolerada que permita una buena obturación del conducto(ver fig. 9).⁹

El fracaso de un diente con una perforación ocurre por la afección del tejido óseo y la inflamación periodontal crónica.

La reparación de la tras un accidente o como consecuencia de una reabsorción interna puede realizarse intracoronalmente o mediante abordaje quirúrgico externo. Se considera que el sellado de perforaciones radiculares debe realizarse inmediatamente tras su detección, incluso en algunos casos, antes de hacer el tratamiento de conductos, ya que el pronóstico de las perforaciones mejora en general cuanto más pronto se sellen, pues se evita así la filtración bacteriana.

El éxito de la recuperación de las perforaciones radiculares puede verse afectado por la ubicación, el tiempo que tarde en repararse la perforación, la habilidad del operador, y por las características físicas y químicas del material de reparación.²⁹

Reparación de raíces se indica después de la perforación durante la terapia de conductos, posterior preparación del conducto, o como consecuencia de la resorción interna. Esto puede lograrse a través de la cavidad de acceso o por intervención quirúrgica.^{2,4,9.}

6.2.4.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE REPARACIONES DE PERFORACIONES RADICULARES

⁹ Canalda C. Endodoncia técnicas clínicas y bases científicas, Masson, Barcelona, España, 2001.

En cuanto a la reparación intracoronal o intraconducto, se debe, anestesiarse y colocar el dique de hule, localizar la zona de la perforación, y limpiar cuidadosamente con hipoclorito de sodio diluido o clorhexidina.

Tras la instrumentación y obturación completa de los conductos con gutapercha y un sellador de conductos radiculares.

El MTA debe transportarse con un portaamalgamas al sitio de la lesión, el MTA debe tener una consistencia de pasta blanda que permita un correcto manejo. La condensación se realiza con una torunda de algodón, condensando la mezcla contra la zona dañada. Se coloca entonces una torunda de algodón húmeda sobre el MTA y se sella la cavidad con un material de obturación temporal. En una siguiente cita, se retira la obturación temporal y se coloca un material de obturación permanente en la raíz y en la cavidad.

Si al colocar el MTA en perforaciones con alto grado de inflamación, y el material continúa blando en la segunda cita, podría deberse a la presencia de un pH ácido, lo que evita un correcto fraguado del material. En estos casos se debe lavar y repetir el proceso.^{2,4,9.}

Para perforaciones apicales, se aconseja colocar el MTA, en la porción apical del conducto, con una pistola de medición o con puntas de papel. Se necesita un tapón apical de 3 a 5 mm para evitar la filtración coronal y la extrusión del material a los tejidos periapicales. Tras inducir un tapón apical, se coloca una torunda de algodón húmeda y se cierra la cavidad de acceso con un material de obturación temporal. Se retira la torunda de algodón al menos de 3 a 4 horas más tarde y se obtura el resto del conducto con gutapercha y sellador de conductos radiculares.^{2,4.}

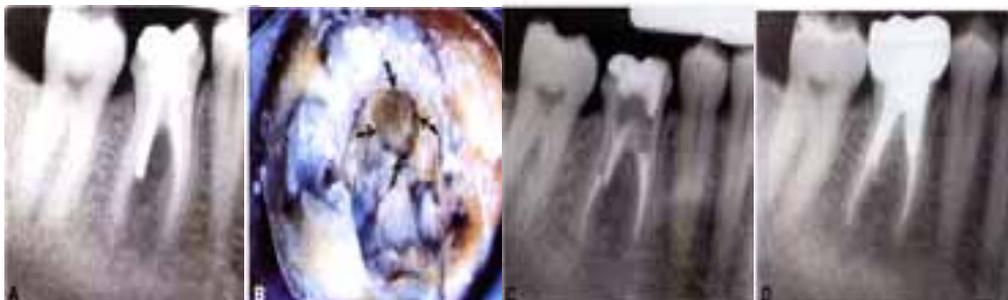


Figura. 5 Radiografía preoperatoria mandibular de un primer molar derecho con una gran perforación posterior, (B) Una fotografía clínica que muestra la presencia de pus en el sitio de perforación y la medida de que después de la eliminación de la posterior (flechas). (C) Radiografía postoperatoria que muestra el retratamiento de conducto radicular y la reparación de la perforación con MTA. (D) Radiografía postoperatoria que muestra la a de la reparación completa sitio de la perforación 2 años más tarde. Cortesía del Dr Douglas McKendry.



Figura.6 A) Radiografía preoperatoria de un incisivo central maxilar izquierdo con una sección de plata y un punto de perforación distolingual posterior. (B) Fotografía clínica de los dientes después de su rotación con fórceps y determinar el alcance de la perforación (flechas). (C) Radiografía postoperatoria después de la reparación de la perforación con MTA. (D) Radiografía posoperatoria que muestra la resolución de la lesión lateral 5 años más tarde. ¡Error! Marcador no definido.



Figura. 7 Sección histológica de un incisivo central maxilar de un mono después de la cirugía periapical y el uso de MTA como material de retrobturación que muestra la formación de cemento (C) Superficies del ápice y el MTA. Observe la presencia de normalidad del ligamento periodontal y el hueso adyacente al cemento recién formado.

6.2.5. REPARACIONES DE REABSORCIONES RADICULARES

Reparación de perforaciones como consecuencia de una resorción interna, después de la obtención de la anestesia y la preparación de la cavidad de acceso, el conducto raicular se debe limpiar y modelar completamente. En la mayoría de los casos, debido a la presencia de tejido de granulación y la presencia de comunicación entre el conducto radicular y el periodonto, se produce una hemorragia importante durante la instrumentación de estos casos.

Para reducir este exceso de sangrado, es adecuado el uso de hipoclorito de sodio durante la limpieza, configuración y la colocación de pasta de hidróxido de calcio entre citas. Así, se lava el hidróxido de calcio del conducto radicular con NaOCl en la siguiente cita y se obtura la porción apical del conducto. Se coloca entonces la mezcla de MTA en el defecto, condensándola con torundas de algodón. Es necesario dejar después una torunda de algodón húmeda sobre el MTA, y se cierra la cavidad de acceso con un material de obturación temporal. Se elimina el provisional y la torunda de algodón al menos 3 o 4 horas más tarde, y se coloca una obturación permanente en la cavidad. La cicatrización se valora en revisiones posteriores.^{2,4,9.}

6.2.5.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE REPARACIÓN QUIRÚRGICA DE PERFORACIONES.

Cuando la reparación de perforaciones o de enfoque intraconducto o si las perforaciones son inaccesibles a través de la cavidad de acceso, la reparación quirúrgica está indicada.

En esta situación el procedimiento clínico se inicia con el levantamiento de un colgajo y la localización de la zona de perforación. El defecto debe

modificarse con una fresa pequeña. Es necesario controlar totalmente la hemorragia al intentar reparar la zona perforada, pues la presencia de exceso de humedad en el campo operatorio provoca que el material se vuelva blando e inmanejable. Tras mezclar el polvo de MTA con agua estéril, se adapta la mezcla en la cavidad preparada y se condensa bien. Se remueve después el exceso con un excavador o con un trozo de gasa, finalmente se sutura el colgajo y se valora la cicatrización en revisiones posteriores(ver Fig. 11y 13).^{2,4,9.}

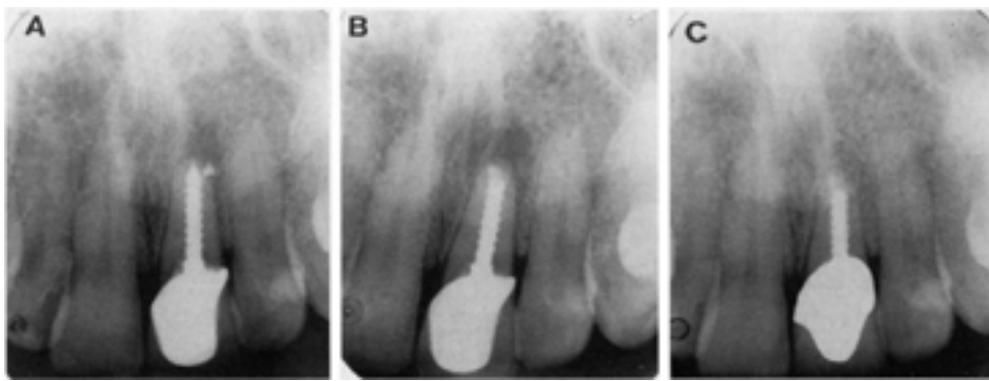


Figura. 8(A) Radiografía preoperatoria de un incisivo central izquierdo con un poste roscable grande que se extiende al agujero apical y a una lesión perirradicular. (B) Radiografía postoperatoria después de la cirugía y del uso de MTA como material de retro obturación. (C) Radiografía postoperatorio 15 meses después.³

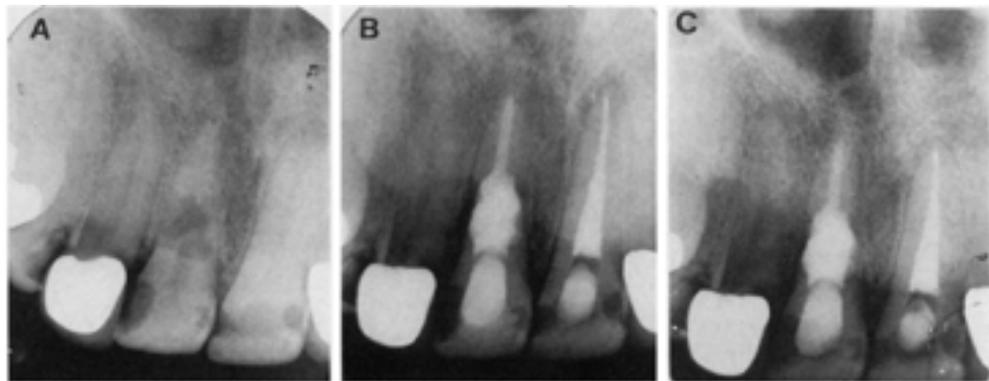


Figura. 9Radiografía preoperatoria de un incisivo central maxilar derecho con una amplia resorción de la superficie externa del diente. (B) Radiografía postoperatoria después de la limpieza y la configuración del conducto radicular, obturación de la parte apical con gutapercha, llenado del defecto con MTA y el cierre de la cavidad de acceso con una resina compuesta. (C) Radiografía posoperatoria que muestra la ausencia de patología periradicular 18 meses despues. Stropko J.⁴

6.2.6. BARRERA EN BLANQUEAMIENTO INTERNO

Se considera que el blanqueamiento interno de los dientes puede causar, en algunos casos, reabsorción externa o interna. Por ello, es recomendable utilizar algún material como tapón coronario después de una obturación completa del sistema de conductos radiculares y antes del blanqueamiento interno de los dientes teñidos. Debido a que el MTA provee un sellado efectivo en contra de la penetración de colorantes, bacterias y sus metabolitos como endotoxinas, se ha propuesto su uso como material de barrera coronaria, después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno. Hay que evitar utilizar el MTA en el diente por encima del margen gingival, porque se puede provocar la decoloración del diente. La fórmula de MTA de color blanco, es ideal para este tipo de situaciones. ¡Error! Marcador no definido.

6.2.6.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE BARRERA EN BLANQUEAMIENTO INTERNO

Para estos usos, se utiliza una mezcla de 3 a 4 mm de espesor en la cavidad preparada. Coloque una torunda de algodón húmeda sobre la mezcla y rellenar el resto de la cavidad con un material de relleno temporal. Coloque un material de relleno permanente en el acceso cavidad en menos de 3 a 4 h como se indica más adelante.

Como un material de relleno temporal, después de colocar una torunda de algodón húmeda en la cámara pulpar, rellene el resto de la cavidad con la mezcla de MTA y coloque un pedazo húmedo de gasa entre la superficie oclusal del diente a tratar y el diente antagonista. Retire el MTA con una fresa redonda en una cita posterior.^{2,4,9.}

6.3. APLICACIONES EN DIENTES TEMPORALES

Los procedimientos para preservar los dientes temporales y permanentes jóvenes siguen siendo una parte integral en la odontología.

Uno de los objetivos primordiales de la Odontología pediátrica es la preservación del espacio de la arcada, ya que una pérdida prematura de los dientes temporales puede provocar alteraciones en su longitud. Además de fomentar su estética y masticación, prevenir los hábitos linguales, facilitar el lenguaje oral y prevenir los efectos psicológicos asociados a la pérdida de dientes.^{6, 10.}

6.3.1.RECUBRIMIENTO PULPAR EN DIENTES TEMPORALES.

Se realiza en aquellos casos en que la caries está muy próxima a la pulpa y esta podría ser expuesta, si se extirpa la totalidad de la dentina cariada, las afecciones de la pulpa no deben ser irreversibles.

En los dientes permanentes jóvenes, la capacidad de respuesta de estos favorece el éxito de esta técnica. Por el contrario, la dificultad de llevar a cabo una evaluación correcta del estado pulpar es todavía mayor en los niños, por lo que no debe olvidarse que su diagnóstico deberá incluir el examen clínico, el radiológico y cualquier otra prueba que se estime conveniente.¹¹

En este procedimiento, la capa más profunda de dentina cariada remanente se cubre con un material biocompatible como el hidróxido de

¹⁰ Ingle J, Endodoncia, Mc Graw-Hill Interamerican., México D.F. 1996.

¹¹ Barbería E. Odontopediatría. 2da edición Masón, Barcelona España 2001 pp255-269.

calcio o Mineral de trióxido Agregado para evitar la exposición pulpar y traumatismo adicional al diente.

El fundamento para el recubrimiento pulpar indirecto es que las capas dentinarias profundas quedan pocas bacterias viables, y que éstas se inactivan después de de sellar la cavidad adecuadamente.

El objetivo final de este tratamiento es mantener la vitalidad pulpar al:¹²

- Detener el proceso carioso.
- Fomentar la esclerosis dentinaria.
- Estimular la formación de dentina terciaria.
- Remineralizar la dentina cariada.

6.3.1.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE RECUBRIMIENTO PULPAR EN DIENTES TEMPORALES

El procedimiento debe comenzar por la anestesia local y el aislamiento con dique de hule. Se debe entonces eliminar completamente la caries con fresa redonda, con refrigeración y agua constante. Se debe lavar la cavidad y el sitio de la exposición con hipoclorito de sodio diluido. El sangrado profuso del sitio de exposición debe ser controlado con una torunda de algodón apenas impregnada con formol. Se mezcla entonces el polvo del MTA con agua estéril y se coloca la mezcla en la cavidad con un portamalgamas. Con una torunda de algodón húmeda, se rellena el sitio de la exposición. Se coloca otra torunda de algodón sobre el MTA y se rellena el resto de la cavidad con un material temporal. Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser utilizada como obturación permanente, una semana después, se remueven de 3 a 4 mm del material y se coloca la restauración final sobre el MTA restante.^{2,4,9.}

¹² Pinkham J.R, Odontología pediátrica, tercera edición, MgGraw-Hill interamericana México, D.F. 2001,pp 368-383.

6.3.1 PULPOTOMÍA

Los microorganismos son los principales irritantes de la pulpa dental y el periodonto. Para preservar la vitalidad del tejido de la pulpa y prevenir cambios patológicos en los tejidos perirradiculares, las exposiciones mecánicas de la pulpa, y exposiciones cariosas de la pulpa en dientes inmaduros con ápices sin signos de pulpitis irreversible debe ser sellada. Además, las vías de comunicación entre el sistema radicular y el periodonto, como la perforación iatrogénica, también deben ser sellada con los materiales de restauración que eviten la filtración de bacterias. Debido a que estos materiales entran en contacto con los tejidos vitales también deben ser biocompatibles y favorecer la regeneración de los tejidos involucrados.^{2,4,9.}

La pulpotomía es un tratamiento pulpar que consiste en la extirpación de la pulpa cameral y la fijación de la pulpa radicular mediante medicamentos como el formocresol.^{11,}

Este procedimiento se basa en la premisa de que el tejido pulpar radicular es sano o capaz de cicatrizar después de la amputación quirúrgica de la pulpa cameral afectada o infectada.

Por consiguiente, esta está contraindicado en casos de: inflamación, fístula, movilidad patológica, resorción radicular externa patológica, resorción radicular interna, zonas radiolúcidas periapicales o interradiculares, calcificaciones pulpares o hemorragia excesiva del tejido radicular amputado.³⁰

El material de apósito ideal para el recubrimiento radicular debe incluir los siguientes requisitos:

- Ser bactericida
- No dañar la pulpa o tejidos circundantes
- Fomentar la cicatrización de la pulpa radicular
- No interferir con el proceso fisiológico de resorción radicular.

Se realiza únicamente en dientes temporales. La inflamación pulpar deberá estar limitada únicamente a la pulpa cameral.

En el paciente pediátrico, cuyas lesiones suelen presentarse en dientes inmaduros con el ápice sin terminar de formar, la conservación de la pulpa es prioritaria. Esta indicada en aquellas situaciones en que la lesión pulpar esta limitada a la pulpa cameral y el ápice del diente no ha terminado de formarse.²⁹

6.3.1.1. PROCEDIMIENTO CLÍNICO DE PULPOTOMÍA EN DIENTES TEMPORALES.

El diente a tratar se anestesia, aísla, desinfecta, y se lleva a cabo una pulpotomía parcial, eliminando aproximadamente 2mm de la exposición pulpar cameral con fresa a alta velocidad e irrigación. Una vez que se disminuye el sangrado por presión, se coloca el MTA directamente sobre el tejido pulpar y se condensa con un algodón húmedo. Se considera que el MTA tarda en fraguar entre 3 y 4 horas, en las cuales debe dejarse, un algodón húmedo sobre el material, retirandose previo a la obturación definitiva.²⁹

Se debe evaluar la vitalidad y la situación de la pulpa clínica y radiográficamente cada 3 a 6 meses según sea necesario.

Uno de las ventajas que ofrece este tratamiento es que no es necesario retirarlo una vez formado el puente dentinario, ya que no se reabsorbe. Además, es posible aplicar el MTA en presencia de sangrado abundante, pues esto no impide si fraguado, por lo contrario lo favorece.^{4,22.}

6.3.2 APICOGÉNESIS

Si el diente temporal o permanente joven sufre una exposición pulpar de tamaño considerable o de larga duración, de tal manera que la pulpa coronal quede infectada, inflamada o se juzge poco probable que conserve su vitalidad, se puede retirar la porción coronal y tratar con MTA. El objetivo es mantener la vitalidad de la pulpa radicular, para permitir una apicogenesis o cierre apical.

La apicogenesis es un tratamiento muy útil para salvar dientes permanentes jóvenes con pulpa vital expuesta pero infectada.^{11,12.}

7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Es un material que parece ofrecer múltiples ventajas en la práctica como lo son su biocompatibilidad, inductor de la osteogénesis, tiene alto potencial de regeneración, además es utilizado para la obturación del sistema de conductos radiculares en espacios perirradiculares. ⁶
Marcador no definido.

Dentro de las ventajas del material destacan:⁶

- Fácil manipulación.
- Propiedades hidrofílicas.
- Fácil eliminación de excedentes.
- Buena radiopacidad.
- No tóxico.
- Biocompatible.

DESVENTAJAS

- Largo periodo de fraguado.
- Probable desplazamiento dentro de la cavidad.
- Puede provocar decoloración de la estructura dental.
- Alto costo.

8. CASOS CLÍNICOS

A continuación se describirán dos casos clínicos, uno del uso del MTA como recubrimiento pulpar y el otro en el caso de una perforación cervical.

En un paciente de 29 años de edad, con una restauración deficiente en el segundo molar inferior izquierdo, que refería dolor provocado a cambios de temperatura y caries secundaria. Se eliminó la restauración y la caries de tercer grado, se presentó una comunicación pulpar al realizar la preparación y se le colocó un recubrimiento pulpar de hidroxido de calcio químicamente puro, al que en citas subsecuentes, reaccionó con sensibilidad posoperatoria y dolor; por lo que se decidió retirarlo y colocar MTA como recubrimiento directo.

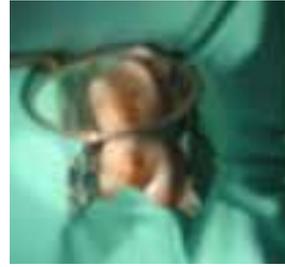
| Resumen Clínico | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Diagnóstico | Pulpitis reversible |
| Diagnóstico periapical | Periodonto sano |
| Tratamiento | Recubrimiento Pulpar directo con MTA |

PROCEDIMIENTO CLÍNICO

Se anestesia al paciente.



Se coloca el dique de hule, se elimina el material de curación.



Se lava la cavidad y desinfectado con Clorhexidina al 2 %.



Se prepara la mezcla de MTA.



Se coloca con un porta amalgama y se condensa con mortonson.



Se introduce en la cavidad una torunda de algodón húmeda para que el MTA frague.



Posteriormente se coloca el material de curación. En éste caso, Eugenolato de Zinc.



En una paciente de 54 años de edad, a la examinación bucal, se encontró en el primer premolar superior izquierdo, signos de necrosis pulpar, por lo que se procedió a realizar el tratamiento de conductos, observandose que la pared vestibular del diente estaba muy delgada a nivel de cervical. Al retirar el tejido carioso hubo perforación en ésta zona y se decidió a colocar MTA para lograr un sellado.

| Resumen Clínico | |
|-------------------------|---|
| Hallazgos radiográficos | Cámara estrecha |
| | Conducto vestibular Visible estrecho |
| | Periodonto normal |
| | Lesión periapical ausente |
| Diagnóstico | Necrosis pulpar |
| Diagnóstico periapical | Periodontitis crónica |
| Tratamiento | Necropulpectomia |

PROCEDIMIENTO CLÍNICO



Al realizar el acceso se observa un sangrado palatino.

Radiográficamente se observa un inadecuado acceso de los conductos. Una perforación lateral, de donde provenía el sangrado.

Se decide sellar la perforación con MTA.

Se lava la cavidad con clorhexidina para eliminar los microorganismos que existieran.

Radiografía inicial.



Se realiza el mezclado
Del polvo con el líquido.



Con un portaamalgama infantil
se lleva a la cavidad,
depositándose poco a poco.



Se empuja con el Benett
hacia la perforación para
cubrir con MTA la perforación.



Después del sellado se
tomó una radiografía.



Se obturó de manera convencional, con gutapercha



Radiografía
Con la prueba de Penacho.



Se cortan los penachos y se condensa.



Radiografía final



9. CONCLUSIONES

El Mineral de Trióxido Agregado parece ser un excelente material, que se puede emplear en recubrimientos pulpaes directos, reparación de perforaciones radiculares, reabsorciones y sobre todo en retro obturaciones, ya que es un material biocompatible que genera menor inflamación en los tejidos periapicales, entre otras de sus características.

Presenta ventajas físicas como presentar poca microfiltración; que influye en el éxito cuando es aplicado el MTA, también presenta una radiopacidad mayor a la de la gutapercha y dentina.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbas A, Inmunología Celular y Molecular. 2da ed. McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid. Capítulo 1 y 12, pp: 3-14; 267-295.1995.
2. Al-Hezaimi K, Antibacterial Effect of Two Mineral Trioxide Aggregate (MTA) reparations Against Enterococcus faecalis and Streptococcus sanguis *In Vitro*. JOE Volume 32, Number 11, November 2006. pp1053-1056.
3. Araki D, Biocompatibility In Vitro Tests of Mineral Trioxide Aggregate and Regular and White Portland Cements, JOE — Volume 31, Number 8, August 2005 pp 605-7.!
4. Aul K, Seltzer and bender´s Dental pulp, Ed. Quintessence Books, 2002.
5. Barbería E. Odontopediatría. 2da edicion Masón, barcelona españa 2001 pp255-269
6. Bates C, Longitudinal sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate as root-end filling material, Journal of Endodontics 22(11):575-78. 1996.
7. Bergenholtz G, Text book of endodontology. Blackwell. Oiowa, USA pp 77, 2003.
8. Camilleri J, Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material, International Endodontic Journal, 39, 747–754, 2006.
9. Campos I, Evaluación de la Biocompatibilidad del Cemento Pórtland Implantado en Tejido Conectivo Subepitelial de Ratas, Revista ADM, Vol. LX (2) pp45-5.

10. Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001] Disponible en: dirección: <http://www.carlosboveda.com/Odontologos folder/odontoinvitadoold/odontoinvitado 7.ht>
11. Cohen S, Vías de la pulpa, Harcourt, Madrid España, pp 616, 2001.
12. Holland R, Reaction of dog's teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *Journal of Endodontics* 1999;22(2):728-30.
13. Ingle J, Endodoncia, Mc Graw-Hill Interamerican,. México D.F. 1996
14. Islam I, Comparison of the Physical and Mechanical Properties of MTA and Portland Cement, *JOE* — Volume 32, Number 3, March 2006. Pp193-197.
15. Itoh A, Higuche N, Minami G, Yassue T, Yoshida T, Maseki T, Nakamura H. A survey of filling methods, intracanal medications, and instrument breakage. *Journal of Endodontics* 1999;25(12):823-4.
16. Kheng H, Properties of a New Root-End Filling Material, *JOE* — Volume 31, Number 9, September 2005, pp 665-668.
17. Minana M, El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia, *RCOE*, [online],2002, vol. 7, no. 3 , pp. 283-289.
18. Osorio R.M., Citotoxicity of Endodontic Material. *J.Endod*; 1998 24(2); pp91-93.
19. Pineda M. E. Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. *Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares, Odontol. Sanmarquina*; 10(1): 21-24 23, 2007.
20. Pinkham J.R, Odontología pediátrica, tercera edición, McGraw-Hill interamericana México, D.F. 2001, pp 368-383.
21. Rodríguez A, Endodoncia consideraciones actuales, Amolca, Venezuela, Caracas, 2003 pp289-290.
22. Silva Herzog-Flores D, Análisis Físicoquímico del Mineral de Trióxido Agregado (MTA) por Difracción de Rayos X Calorimetría y

Microscopia Electrónica de Barrido, Revista ADM. Vol. LVII, No. 4 julio-agosto pp125-131. 2000.

23. Simon S, The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study, *International Endodontic Journal*, 40, 186–197, 2007.
24. Simon S.. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *International Endodontic Journal*, 40, 186–197, 2007.
25. Thomson T. Berry J. Cementoblasts Maintain Expression of Osteocalcin in the Presence of Mineral Trioxide Aggregate. *JOE* .VOL. 29, No. 6, JUNE 2003. pp 407-12.
26. Torabinejad M, Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate, *The American Association of Endodontists* VOL. 25, No. 3, MARCH 1999, 197-205.
27. Torabinejad M, Histologic assessment of Mineral Tri oxide Aggregate as a root-end filling in monkeys. *Journal of Endodontics*, 23(4):225-8, 1997.
28. Torabinejad M, Physical and Chemical Properties of a new root-end filling material, *Journal of Endodontics* 21(7):349-53. 1995.
29. Torabinejad M, Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report, *J Endodon* 1995; 21:569-571.
30. Witherspoon D. Vital Pulp Therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives—Permanent Teeth. *JOE*—Volume 34, Number 7S, July 2008 pp.S25-S28