



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

APLICACIÓN CLÍNICA EN ENDODONCIA
DEL AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL (MTA)

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA :

LUIS MIGUEL CHÁVEZ ZÚÑIGA

DIRECTOR: C.D. LAURA RIVAS VEGA

ASESOR: C.D. PORFIRIO NIETO CRUZ



México

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 ser mi guía en cada paso que
doy y por enseñarme el buen camino.

A mis padres:

Ramón y Carolina

Por ser el apoyo incondicional para
lograr esto juntos y por darme ese
amor y ejemplo para lograr una gran
meta. Gracias por todo.

A mis Hermanos y Familia

Por su gran ejemplo y comprensión
para culminar este gran logro y por
estar a mi lado gracias.

A mi Novia

Karina

Por ser el amor de mi vida y por
ser mi inspiración en cada paso
de mi vida y por su gran ayuda
y comprensión, gracias por existir.

A mis Amigos

Por brindarme momentos de felicidad
y por compartir conmigo esta gran
etapa de mi vida, gracias.

A mis Profesores

Laura y Porfirio

Por apoyarme y creer en este
trabajo que con su esfuerzo
y el mío se ha culminado. Les
doy las gracias por su tiempo
y dedicación.

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	3

CAPITULO I

1 Características generales del Agregado Trióxido Mineral (MTA)

1.1. Composición.....	4
1.2. Propiedades Físico-químicas del MTA.....	5
1.3. Valor de pH.....	5
1.4. Radiopacidad.....	6
1.5. Tiempo de Endurecimiento.....	6
1.6. Resistencia Compresiva.....	6
1.7. Solubilidad.....	7
1.8. Calidad de Sellado.....	7
1.9. Microfiltración de Partículas.....	7
1.10. Microfiltración de Bacterias.....	9
1.11. Adaptación Marginal.....	10
1.12. Sub-obturación y Sobre-obturación.....	11
1.13. Resistencia al Desplazamiento.....	11

CAPITULO II

2. Características de Biocompatibilidad

2.1. Biocompatibilidad.....	12
2.2. Respuesta Inmunológica y Celular.....	12
2.3. Citotoxicidad.....	13
2.4. Prueba de Implantación.....	13
2.5. Mutagenicidad.....	14
2.6. Actividad Bacteriana.....	15

CAPITULO III

3. Método de Manipulación

3.1. Manipulación.....	16
------------------------	----

CAPITULO IV

4. Aplicación Clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA)

4.1. Aplicación en Pulpas Vitales.....	20
4.1.1. Procedimiento Clínico en Pulpas Vitales.....	21
4.2. Aplicación en Dientes no Vitales	22
4.2.1. Apicoformación.....	22
4.2.2. Procedimiento Clínico en Dientes no Vitales.....	22

4.2.3. Perforaciones Dentales.....	23
4.2.4. Procedimiento de Reparación Intracoronal de Perforaciones Radiculares	25
4.2.5. Reparación de Perforaciones por Resorción Interna.....	26
4.2.6. Reparación Quirúrgica de las Perforaciones.....	27
4.2.7. Procedimiento Clínico de las Perforaciones.....	27
4.2.8. Obturaciones Apicales o Retroobturaciones.....	28
4.2.9. Respuesta del Tejido Perirradicular en Retroobturaciones del Agregado Trióxido Mineral.....	29
4.2.10. Procedimeinto Clínico en la Retroobturación.....	30
4.2.11. Barrera Durante el Blanqueamiento Dentario.....	31
Conclusiones.....	32
Bibliografía.....	34

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 han logrado la generación de nuevos elementos que con sus propiedades físicas, químicas y biológicas pretenden ayudar en la recuperación y cicatrización de nuestros pacientes.

En realidad el progreso en el estudio de nuevos materiales para problemas endodónticos como perforaciones en furca, obturaciones retrógradas o perforaciones radiculares ha sido lento. Durante años se ha utilizado la amalgama, el cavit, el oro, la resina, la gutapercha, el IRM, el super EBA, los monómeros de vidrio y los cementos a base de fosfato de calcio; pero aún no existe aquél que logre conjuntar todos los requisitos deseados en endodoncia que son:

- Tener un excelente sellado
- No ser tóxico
- Ser bien tolerado por los tejidos
- No ser reabsorbible
- Ser dimensionalmente estable
- Ser fácil de manipular
- Ser radiopaco

En la actualidad se trata de encontrar un material idóneo que satisfaga los lineamientos de biocompatibilidad así como un buen sellado. ³¹

En la práctica endodóntica, accidentes de procedimiento tales como perforaciones pueden ocurrir y afectar el pronóstico de la terapia de conductos. En un estudio analítico de fracasos endodónticos, Ingle (1987) reportó que las perforaciones fueron la segunda causa de fracaso endodóntico y representaba el 9.6% de todos los casos no exitosos. ²⁴

Tanto las perforaciones, el tratamiento quirúrgico y la endodoncia preventiva son puntos de interés dentro de la investigación endodóntica. En este sentido, recientemente el Dr. Mahmoud Torabinejad en la Universidad de Loma Linda California, ha desarrollado un nuevo material denominado: Agregado Trióxido Mineral (MTA) para sellar todos las vías de comunicación existentes entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente; los resultados de varias investigaciones realizadas por Torabinejad en torno a este cemento muestra que es un material para obturaciones retrógradas, perforaciones en furca y conductos radiculares y en el tratamiento de exposiciones pulpares gracias a su capacidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, tener pH alcalino y no favorecer la inflamación, ni colonización bacteriana. ⁶¹⁻²⁰

El Agregado trióxido Mineral (MTA) consiste en un polvo con finas partículas hidrofílicas, las cuales al hidratarse con solución salina estéril adquiere una consistencia de gel coloidal que se transforma en una estructura sólida.⁶⁷⁻⁶⁸ Actualmente este material se encuentra en el mercado odontológico como Pro-ROOT MTA, fabricado por la Densply Tulsa Denta, Oklahoma – USA.²⁵

ANTECEDENTES

Durante la década de los años veintes una persona llamada G.V.Black decía que el tejido dentario al presentar una desmineralización por caries y tener una exposición de la pulpa dentaria era casi imposible poder repararla; pero con el paso de los años, a mediada que las necesidades para conservar los dientes eran mayores, a mediados de los años cuarentas y cincuentas una persona llamada Orban dice que los tejidos pulpares podían ser reparados ya sea quitándolo o tratando de curarlos colocando hidróxido de calcio.⁹⁻³⁸

A partir de esa época innumerables materiales y métodos han sido utilizados sobre el tejido pulpar , dentro de éstos destacan el óxido de zinc eugenol, gutapercha hidróxido de calcio, amalgama, super EBA, IRM y últimamente en el año de 1993 surge un nuevo material en la Universidad de Loma Linda California, EUA, llamado Agregado Trióxido Mineral (MTA) descubierto por un doctor llamado Mahmoud Torabinejad ⁴⁷

Es un material que parece ofrecer múltiples ventajas en la práctica endodóntica y es utilizado para la obturación del sistema de conductos radiculares y el espacio perirradicular, incluyendo obturaciones retrógradas. Dentro de las ventajas del material destacan:

- Fácil manipulación
- Propiedades hidrofílicas
- Fácil eliminación de excedentes
- Buena radiopacidad
- No tóxico
- Biocompatibilidad con los tejidos

Dentro de sus desventajas destacan:

- Largo periodo de fraguado
- Probable desplazamiento dentro de la cavidad
- Puede provocar decoloración de la estructura dental ²⁵⁻⁵²

Sus indicaciones Clínicas son:

- Recubrimiento pulpar directo
- Pulpotomías
- Apexificaciones / Apicoformaciones
- Reparación de perforaciones radiculares y en furca
- Obturaciones retrógradas
- Resorciones internas ⁵²

CAPITULO I

1. Características generales del Agregado Trióxido Mineral

1.1. Composición

El Agregado Trióxido Mineral (MTA), consiste en un polvo de partículas finas hidrofílicas, que endurecen en presencia de humedad. El resultado es un gel coloidal que solidifica a una estructura dura en menos de 4 horas. 11-30-67-55-56

Los principales componentes de este material (Instructivo ProRoot™ MTA, DENTSPLY Tulsa Dental, Ok)25 son:

75 %	- Silicato tricálcico : 3CaO-SiO_2
	- Aluminato tricálcico : $3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$
	- Silicato dicálcico : 2CaO-SiO_2
	- Aluminato férrico tetracálcico : $4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$
20 %	- Óxido de Bismuto : Bi_2O_3
4,4 %	- Sulfato de calcio dihidratado : $\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$
0,6 %	Residuos insolubles : -Silica cristalina -Óxido de calcio -Sulfato de potasio y sodio

La composición química del MTA fue analizada a través de diversas investigaciones, donde se utilizó la técnica de Rayos X con un espectrómetro de energía dispersa conjuntamente con el microscopio electrónico.

El comportamiento del MTA es evaluado tanto en presencia como en ausencia de células, siendo utilizadas células similares a Osteoblastos, denominadas Mg-63.27-51-57

El estudio del MTA mostró fases específicas por todo el material. Todo el MTA es dividido en óxido de calcio y fosfato de calcio. Además, el análisis demostró que las formas aparecieron primero como cristales discretos y luego como una estructura amorfa aparentemente sin cristales y con apariencia granular.

El valor medio de calcio en los prismas es de un 87, 0 % +/- 3,7 y de Silice es de 2,47 % +/- 0,67; el resto fué oxígeno. En áreas de estructura amorfa y de cercana proximidad a las células se encontró la siguiente proporción: 33 % (+/- 2,2) de Calcio, 49% (+/- 3) de Fosfato, 2,00% (+/- 0,32) de Carbón, 3% (+/- 0,61) de Cloruro y un 6% (+/- 0,91) de Silice.

1.2. Propiedades físico-químicas del Agregado Trióxido Mineral

La hidratación del polvo del MTA, forma un gel coloidal que solidifica a una estructura dura, aproximadamente en 4 horas. Las características del agregado dependen del tamaño de las partículas, la proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire comprimido.11-30-45-47-64-

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas del MTA Torabinejad y col. (1995)⁶⁸ realizan una investigación, donde evalúan el MTA en comparación con los materiales de obturación a retro más utilizados, como lo son: el Super EBA, la amalgama y el Material de Restauración Intermedia (IRM). En esta investigación se determinan los parámetros que a continuación se exponen.

1.3. Valor de pH

El pH obtenido por el MTA después de mezclado es de 10,2 y a las 3 horas, se estabiliza en 12,5. Esta lectura se realizó a través de un pH-metro (Pye, Cambridge UK), utilizando un electrodo de temperatura compensada.⁶⁸

En vista que el MTA presenta un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, luego de aplicar esta sustancia como material de obturación apical, probablemente, este pH pueda inducir la formación de tejido duro.⁶⁸

1.4. Radiopacidad

La medida de radiopacidad del MTA es de 7,17 mm de lo equivalente al espesor de aluminio.

Entre las características ideales para un material de obturación, encontramos que debe ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en la preparación cavitaria.¹⁴⁻²⁹

Shah y col. citados por Torabinejad y col. (1995)⁶⁸, evidencian que el MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y que la dentina, distinguiéndose fácilmente en las radiografías.⁶⁸

1.5. Tiempo de endurecimiento

El promedio del tiempo de endurecimiento encontrado en diversos trabajos donde se comparan diferentes materiales es de : amalgama: 4 min +/- 30 seg; Super-EBA: 9 min +/- 30 seg.; IRM: 6 min +/- 30 seg.; y MTA 2 horas 45 min +/- 5 min..

Los resultados muestran que la amalgama tiene el tiempo de endurecimiento más corto y el MTA el más largo. Es deseado que el material de obturación, endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad apical sin sufrir una contracción significativa. Esta condición puede permitir una estabilidad dimensional en el material después de su colocación y además disminuye el tiempo que esté sin fraguar, en contacto con el tejido vital; sin embargo, en términos generales a mayor rapidez de fraguado del material, más rápido se contrae.⁸

Este fenómeno explica la causa del porqué el MTA filtra menos colorante y bacterias , que otros materiales.⁵⁴⁻⁵⁵⁻⁶⁷

1.6. Resistencia compresiva

La resistencia compresiva es un factor importante a considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soporte cargas oclusales. Debido a que los materiales de obturación apical no soportan una presión directa, la resistencia compresiva de estos materiales no es tan importante, como en los materiales usados para reparar defectos en la superficie oclusal.⁶⁸

La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 MPa (Megapascales), la cual es comparable a la del IRM y SuperEBA, pero significativamente menor a la del amalgama, que es de 311 Mpa.⁵⁷

1.7. Solubilidad

La falta de solubilidad ha sido una de las características ideales de un material de obturación (Grossman, 1962). El desgaste de los materiales de restauración puede ocurrir por los ácidos generados por la bacteria, ácidos presentes en comidas y bebidas, o por desgaste por contacto oclusal.⁵⁷

Los materiales de obturación están normalmente en contacto con el fluido del tejido perirradicular hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o el cemento.⁵⁷

En términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad de estos materiales (IRM, SuperEBA, Amalgama y MTA) concluyen que no se evidencian signos significativos de solubilidad en agua para el SuperEBA, la amalgama y el MTA, mientras que sí se observan para el IRM.⁵⁴

1.8. Calidad del sellado

La calidad del sellado obtenido por los materiales de obturación apical es evaluada a través de distintas técnicas, tales como: Grado de penetración de colorantes, radioisótopos, bacterias, medios electroquímicos y técnicas de filtración de fluidos.¹⁶

1.9. Microfiltración de partículas

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre filtración de partículas, siendo la penetración de colorantes, uno de los métodos más empleados.

Lee y col. (1993)³⁰ realizan un estudio "in vitro" con el objeto de evaluar el sellado obtenido con MTA, la amalgama y el IRM, cuando son utilizados como material de reparación de perforaciones radiculares, empleando como marcador el azul de metileno. Los resultados demuestran que el IRM y la amalgama muestran una considerable cantidad de penetración sin una diferencia estadísticamente significativa entre éstos, mientras que el MTA filtró significativamente menos que estos dos materiales.

Torabinejad y col. (1993)⁶⁷, realizan un estudio in vitro para comparar la calidad del sellado del MTA, la amalgama libre de Zinc y el Super-EBA, utilizando colorante fluorescente de rodamina B y un microscopio monofocal.

Los resultados indican que aquellas cavidades obturadas con MTA presentan un menor grado de filtración de colorante, habiendo casos donde el colorante no penetró en absoluto. Las cavidades obturadas con Super-EBA filtran menos que las obturadas con amalgama; sin embargo, el colorante no sólo penetró en la unión entre el Super-EBA y las paredes dentinarias, sino que se incorporó dentro del material.⁶⁷

Torabinejad y col. (1994)⁵⁵, realizan una investigación donde comparan la cantidad de filtración del colorante en presencia y ausencia de sangre, un aspecto crítico desde el punto de vista clínico; ya que la presencia de humedad y sangre son factores que pueden contaminar la preparación y los materiales de obturación a retro.

Los resultados determinan que la filtración en el MTA es significativamente menor que en otros materiales; tanto en presencia como en ausencia de sangre.⁵⁵

Cuando un material de obturación no permite el paso de moléculas pequeñas tales como las partículas de colorante, tiene el potencial de prevenir la filtración bacteriana que tienen un tamaño molecular mayor.⁵⁵

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 del filtrado refleja la totalidad de la filtración acumulada en la interfase restauración - dentina y en consecuencia aporta información con valor cuantitativo. Este método es considerado actualmente el más confiable para determinar la capacidad de sellado de los materiales de obturación apical.⁷

Yatsushiro y col.(1998)⁷⁰ realizan un estudio donde comparan la microfiltración del MTA y una amalgama con alto contenido de cobre, cuando éstos se utilizan como materiales de obturación en cavidades apicales.

Los resultados muestran que la amalgama tiene un rango de filtración comprendido entre 50,8 y 84,1 nl/min, mientras que la conducción en el grupo tratado con MTA tiene un rango entre 6,8 y 10,8 nl/min, demostrando que la amalgama posee una microfiltración significativamente mayor que la del MTA y no demostró una tendencia significativa de filtración con respecto al tiempo.

1.10. Microfiltración de bacterias

Goldman y col. (1980)¹⁴ señalan que las bacterias dan una mejor indicación que los colorantes, en las pruebas de microfiltración, de los materiales hidrofílicos. Los colorantes en las pruebas pueden dar falsos positivos si sus moléculas son lo suficientemente pequeñas.

Torabinejad y col. (1995)⁵⁹, determinan in vitro el tiempo necesario para que el *Staphylococcus epidermidis* penetre 3 mm de espesor de la amalgama, el Super-EBA, el IRM y el MTA cuando se utilizan como materiales de obturación apical.

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 (8 de 10 especímenes) la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el periodo 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.⁵⁹

En un estudio realizado posteriormente, Adamo y col. (1996)⁴, no consiguen diferencias estadísticamente significativas con respecto a la microfiltración bacteriana de los materiales de obturación a retro: amalgama, MTA, Super EBA y resina.

Por otra parte, Tang y col. (1997)⁴⁹ realizan un estudio, donde se evaluó la capacidad para prevenir la microfiltración de endotoxinas bacterianas en diversos materiales de obturación a retro, como lo son el MTA, la amalgama, el IRM y el Super EBA. Se demuestra que el MTA es superior a la amalgama y al IRM en todos los periodos de prueba, y también es superior al Super EBA en los intervalos de tiempo de 2 y 12 semanas.

En un estudio realizado por Fischer y cols. (1998)¹¹ para determinar el tiempo que necesitaba la *Serratia marcescens* para penetrar 3 mm. de espesor en los materiales de obturación: Super EBA, amalgama libre de Zinc, Material Restaurador Intermedio (IRM) y el MTA, utilizados en la obturación de las cavidades apicales. Los resultados ratifican que el MTA presenta una menor microfiltración bacteriana.

A causa del predominio de microorganismos anaerobios en las infecciones de origen endodóntico, la utilización de un modelo de filtración anaerobia es clínicamente relevante.⁶⁹ Por tales motivos Nakata y col. (1998)³⁵, utilizan un modelo de filtración bacteriana anaerobia, para evaluar la calidad del sellado del MTA y la amalgama cuando son utilizados en la obturación de las perforaciones.

En este estudio se demuestra que los dientes reparados con MTA permiten una menor microfiltración bacteriana del *Fusobacterium nucleatum* en comparación a los dientes donde se reparan las perforaciones con amalgama, siendo la diferencia estadísticamente significativa.

1.1.1. Adaptación marginal

Un material de obturación ideal debe adherirse y adaptarse a las paredes de la dentina. En este sentido, Torabinejad y col. (1993)⁶⁷, realizan un estudio para evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA, el Super EBA y la amalgama. Los resultados muestran 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 varía 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.⁶⁷

Torabinejad y col. (1995)⁶⁸, realizan un estudio donde se evalúa, la adaptación marginal del MTA, la amalgama, el Super EBA y el Material de Restauración Intermedia (IRM), como materiales de obturación; comparando los cortes longitudinales de estos con réplicas de resina bajo el microscopio electrónico de barrido. En este estudio, la adaptación de los materiales de obturación a retro se evaluó directamente en cada caso.

Los resultados no muestran correlación entre las brechas marginales y el grado de microfiltración. Como datos de este estudio se observa que el MTA muestra la brecha más pequeña, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre éste y los demás materiales de obturación estudiados.

Stabholz y col. (1985)⁴⁸ examinan el potencial de adaptación marginal de 5 materiales de obturación a retro, por réplicas de resina bajo el SEM y demuestran la correlación existente entre la adaptación marginal y la capacidad del sellado. A la luz de sus resultados se puede decir que el MTA proporciona mejor adaptación y sellado que los materiales comúnmente utilizados como obturadores a retro; sus propiedades físicas funcionan de igual manera in vivo e in vitro.

1.12. Sub-obturación y Sobre-obturación

La extrusión del material de relleno durante la reparación de perforaciones radiculares, constituye un problema.³⁰ Esto usualmente ocurre durante la condensación del material de relleno en el sitio de la perforación. La extrusión del material de obturación puede causar una lesión traumática al ligamento periodontal, generando así, una inflamación que retarda la cicatrización.

En un estudio realizado por Lee y col. (1993)³⁰, se utilizó el IRM, la amalgama y el MTA para reparar perforaciones radiculares en molares sanos extraídos de humanos, se evaluó la tendencia de estos materiales a sub y sobre obturar. Los resultados de este estudio muestran que la mayor sobreobturración es con el IRM, seguido por la amalgama y por último el MTA, que se sobreobturó menos, por ser un material que necesita poca fuerza de condensación como polvo hidrofílico, que absorbe la humedad.³⁰ Con respecto a la subobturración la amalgama mostró la mayor tendencia, seguido por el MTA y luego el IRM. Tanto en la sobreobturración, como en la subobturración, el MTA siempre presentó la menor penetración del colorante, siendo significativo estadísticamente.

Otro estudio, realizado por Nakata y col. (1998)³⁵, donde se evalúa la sobre y sub obturración de los materiales de obturración apical, con la finalidad de comparar la capacidad del MTA y de la amalgama para sellar perforaciones de la furca, muestra que la sobreobturración se observa comúnmente en las reparaciones con amalgama. Con respecto a la microfiltración bacteriana, se evidenció que el MTA en los 45 días que duró el experimento, no mostró microfiltración, mientras que 8 de las 18 muestras reparadas con amalgama mostraron microfiltración bacteriana en 45 días, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

1.13. Resistencia al desplazamiento.

En un estudio realizado por Sluyk y cols (1998)⁴⁶ que evalúa las propiedades de sellado y retención del MTA cuando éste es utilizado como material de reparación de furcación se evidenció que muestra una alta resistencia al desplazamiento a las 72 horas de haber sido colocado, resistencia ésta significativamente mayor que la mostrada a las 24 horas de su colocación. Ello indica, que la reacción química continúa luego de la reacción inicial a las 24 horas de sellado, mejorando así la resistencia al desplazamiento.

CAPITULO II

2. Características de biocompatibilidad

2.1. Biocompatibilidad

La respuesta del huésped a los materiales en contacto con el tejido es compleja y depende de muchos factores.³⁴ La resorción ósea y la subsecuente formación dependen de la interacción de los osteoblastos y osteoclastos y cada uno requiere del otro para activarse.³⁴ La interacción de éstas células está gobernada por hormonas, factores de crecimiento y citoquinas.

2.2. Respuesta inmunológica y celular

La defensa del organismo frente a los microorganismos extraños, como virus, bacterias y otras sustancias antigénicas, esta mediada por una inmunidad natural o innata y otra específica o adquirida. Las fases efectoras de ambas están influenciadas en gran parte por hormonas proteinicas llamadas "CITOQUINAS", que regulan la respuesta inmune.¹

Con la finalidad de evaluar las respuestas inmunológicas desencadenadas por el MTA, Koh y col. (1997)²⁸ realizan un estudio, comparando el MTA y el polimetilmetacrilato (PMA), al examinar una población estandarizada de células y determinar los cambios en la producción de citoquinas, osteocalcina y niveles de fosfatasa alcalina; además de evaluar la adherencia de las células a los materiales experimentales. Los resultados muestran que las células sobre el MTA se observan muy próximas y crecen sobre la estructura amorfa no cristalina (fosfatos) y las áreas de óxido de calcio sólo muestran un pequeño ingreso de células. Se encontró que aparentemente la fase de fosfato de calcio del MTA, proporciona un substrato que favorece el ingreso de los osteoblastos.²⁸

En otra investigación realizada por Koh y col. (1998)²⁷, se estudió la citomorfología de los osteoblastos y la producción de las citoquinas en presencia del Agregado Trióxido Mineral (MTA) y el Material de Restauración Intermedia (IRM). La respuesta tisular ante el IRM se caracteriza por la redondez y menor número de células, indicando que es un material tóxico, coincidiendo con los resultados de un estudio de citotoxicidad.⁶⁰ El componente tóxico del IRM es el eugenol. El MTA al parecer, ofrece un substrato biológicamente activo para las células óseas y estimula la producción de las citoquinas.²⁷

En conclusión, el MTA 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 hidroxiapatita al análisis del microscopio electrónico, lo que ocasiona un cambio en el comportamiento celular, para estimular el crecimiento óseo sobre el sustrato.⁵⁷

2.3. Citotoxicidad

La toxicidad de un material de obturación apical se evalúa generalmente utilizando tres pasos: 1° se investiga el material utilizando una serie de ensayos de citotoxicidad *in vitro*, 2° determinar que el material no es citotóxico *in vivo*, se puede implantar en el tejido subcutáneo o el músculo y se evalúa la reacción tisular local. 3° la reacción *in vivo* del tejido blanco versus el material de prueba se debe evaluar en sujetos humanos o 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 el tejido vivo.³⁶⁻⁶⁰

El MTA tanto fresco como fraguado es significativamente menos tóxico que el Super EBA y el IRM en todas sus fases, conclusión que se desprende cuando se analiza utilizando métodos de extendido en agar y la liberación de cromo radioactivo.⁶⁰

En otro estudio realizado por Osorio y col. (1998)³⁶⁻⁶³ donde se midió la citotoxicidad de algunos selladores de conductos radiculares, Endomet, CRCS y AH26 y de los materiales de obturación apical a retro: amalgama, Gallium GF2, Ketac Silver, Agregado Trióxido Mineral y Super EBA, se corrobora el bajo grado de citotoxicidad que presenta el MTA en comparación con los otros materiales utilizados en esta investigación.

2.4. Pruebas de implantación

Debido a la limitación de las pruebas de citotoxicidad, se recomiendan las técnicas de implantación subcutánea *in vivo* e intraósea en pequeños animales de laboratorio.⁶³

Los resultados de los estudios de implantación muestran que los materiales de obturación causan inicialmente inflamación como resultado del trauma quirúrgico y también a la liberación de sustancias antigénicas de estos materiales, y se vuelven más biocompatibles con el envejecimiento.⁶⁵

En un estudio realizado por Torabinejad y cols, (1998)⁶³, donde examinan la reacción ósea ante la implantación del MTA, amalgama, IRM y Super EBA en tibias y mandíbulas de cobayos; el MTA presentó la respuesta histológica más favorable. Ellos afirman que la ausencia de inflamación, junto con la gran incidencia de formación de tejido duro alrededor de los implantes con MTA, evidencian la biocompatibilidad del mismo y corroboran los resultados de investigaciones previas sobre el MTA, cuando es utilizado como material de obturación a retro, y como material para recubrimiento pulpar directo.⁴¹⁻⁵⁴

En otro estudio realizado por Holland y col. (1999)¹⁷, se evaluó la reacción del tejido conjuntivo subcutáneo en ratas, ante la implantación de conductos radiculares obturados con MTA e hidróxido de calcio. En este experimento se observan cristales y un tejido calcificado que asemeja una barrera en la entrada de los túbulos. Esta deposición de cristales dentro de los túbulos dentinarios podrían ser responsables de la menor permeabilidad de la dentina, después del empleo del hidróxido de calcio.¹⁷ Los mismos resultados reportados para el hidróxido de calcio se observan con el MTA en este experimento. Este fenómeno se sucede y sabemos que el MTA no contiene hidróxido de calcio en su composición.

De acuerdo con Lee y col. (1993)³⁰, los componentes principales presentes en el MTA son silicato tricálcico, aluminio tricálcico, óxido tricálcico, y óxido de silicato. Además de los trióxidos, hay algunos otros óxidos minerales que son responsables de las propiedades químicas y físicas de este agregado mineral. Así, el MTA no tiene hidróxido de calcio, pero contiene óxido de calcio que al reaccionar con los fluidos tisulares puede formar hidróxido de calcio, *in situ*.¹⁷

Es posible que el mecanismo de acción del MTA, por el cual estimula la deposición de tejido duro, tenga alguna similitud con el del hidróxido de calcio. Es necesario continuar con las investigaciones para confirmar los datos observados.¹⁷

2.5. Mutagenicidad

Un material ideal de obturación apical debe ser dimensionalmente estable, y no mutagénico.¹² Kettering y Torabinejad, (1995)²⁶, realizan un estudio para evaluar el potencial mutagénico del IRM, Super EBA y MTA utilizando la Prueba de Ames. Los resultados demuestran que el MTA, IRM y Super EBA, no son mutagénicos, según lo observado en esta prueba.

2.6. Actividad antibacteriana

Un material ideal de obturación a retro, debe producir un completo sellado apical, no ser tóxico, ser bien tolerado por los tejidos, no resorbible, estable dimensionalmente, fácil de manipular, y radiopaco.¹² Adicionalmente, deben proporcionar efecto bactericida ó bacteriostático.⁵⁹

Baumgartner y Falkler (1991)⁸, investigan la flora bacteriana de los 5mm. apicales de los conductos radiculares infectados, que están asociados con lesiones periapicales; se encontró que el 68% las bacterias son anaerobias estrictas.

Torabinejad y col. (1995)⁵⁹ realizan un estudio donde toman muestras de las especies bacterianas encontradas en el estudio anteriormente referido, (Baumgartner y Falkler.1991)⁸ y comparan los efectos antibacterianos de cuatro materiales de obturación a retro apical: la amalgama, el óxido de Zinc-eugenol, el Super EBA y el Agregado Trióxido Mineral (MTA). Ni el MTA ni ninguno de los cementos estudiados tienen actividad antimicrobiana sobre alguno de los microorganismos anaerobios estrictos de este estudio, pero el MTA si puede causar algunos efectos en 5 de las 9 bacterias facultativas incluidas en esta investigación; se atribuye este efecto a su elevado pH,⁶⁸ o a la liberación o difusibilidad de sustancias en el medio del crecimiento bacteriano.

En otro estudio realizado por Hong y col. (1995)¹⁹, se evidenció el efecto antibacteriano del MTA, sobre algunas bacterias. El MTA posee un mayor efecto sobre *Lactobacillus* sp, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, y *Streptococcus salivarius* y un menor efecto antibacteriano sobre *Streptococcus faecalis*.

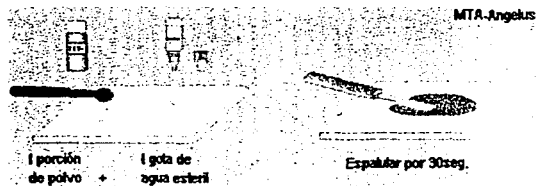
CAPITULO III

3. Método de manipulación

3.1. Manipulación

Torabinejad y Chivian (1999)⁵², en un trabajo referente a las aplicaciones clínicas del Agregado Trióxido Mineral (MTA), describen la manipulación del mismo, la cual se expone a continuación:

El MTA se debe preparar inmediatamente antes de utilizar. El polvo del MTA, viene en sobres herméticamente sellados; luego de abrir, éstos deben guardarse en recipientes con tapas de cierre hermético, que lo protejan de la humedad. La mezcla del polvo se realiza con agua estéril en una proporción de 3:1, en una loseta o papel de mezclado, con una espátula de plástico o de metal. La mezcla se lleva con un transportador de plástico o de metal hasta el sitio de utilización. La humedad excesiva del sitio de obturación se debe secar con gasa o algodón. Cuando la mezcla es muy seca, se agrega más agua, hasta obtener una consistencia pastosa (Torabinejad y Chivian, 1999)⁵². El MTA requiere humedad para fraguar; al dejar la mezcla en la loseta o en el papel de mezclado se origina la deshidratación del material adquiriendo una contextura seca.⁴⁶



Lee y col. (1993)³⁰ en un estudio in vitro, evalúan la microfiltración de la amalgama, IRM y MTA, cuando se utilizan para sellar perforaciones. El MTA se lleva con una pistola tipo "Messing" y se compacta con una torunda de algodón.

Los resultados demuestran que el MTA tiene significativamente la menor filtración. Al parecer, el MTA no tiene que compactarse tan firmemente, para lograr una adecuada adaptación a la superficie del diente.

Sluyk y col. (1998)⁴⁶, investigaron in vitro las propiedades y características de retención del MTA, cuando es utilizado como material de reparación de perforaciones en la furca de los molares extraídos humanos. El tiempo de trabajo es de 4 minutos, ya que el material comienza a deshidratarse. Al colocar el MTA en la perforación, éste absorbe la humedad de la zona, manteniendo una consistencia pastosa. Esto mejora la fluidez, las características de humectación del material y su mejor adaptación a las paredes dentinarias. Los materiales de reparación disponibles en la actualidad, requieren utilizarse únicamente en campos secos.⁴⁶

Arens y Torabinejad (1999)⁵, recomiendan que en la reparación de perforaciones en la furca, al colocar el MTA directamente sobre la perforación y si es muy amplia, colocarlo con una presión mínima. Se cubre el MTA con una torunda de algodón húmeda de 1 a 3 días, para contribuir al fraguado.

Por otra parte, Sluyk y col. (1998)⁴⁶, estudian el MTA en perforaciones de la furca y evalúan las diversas condiciones de sellado coronario, colocando una torunda de algodón húmeda o seca. Los resultados no muestran diferencias significativas con relación a la resistencia al desalajo. Una posible explicación es, que la humedad de la zona es adecuada para mantener la necesidad hidrofílica del polvo y la condición de la torunda en la cámara pulpar sólo origina una pequeña diferencia, observada y no estadísticamente significativa.

Pitt Ford y col. (1995)⁴³ recomiendan que al sellar las perforaciones en la furca, se obture por completo el acceso de la cavidad con MTA y que la restauración definitiva se puede colocar de 1 a 7 días.

A diferencia del estudio anterior, Sluyk y col. (1998)⁴⁶, demuestran que a las 72 horas, el MTA resiste un desplazamiento al desalajo significativamente mayor, que a las 24 horas. Recomiendan que después de colocar el MTA, sea protegido con un Material de Restauración Intermedia, de fraguado rápido y dejarlo por 3 días sin tocar.

Como el MTA fragua en presencia de humedad, la sangre no afecta su habilidad de sellado Torabinejad (1994)⁵⁵. Por esta razón no es necesario colocar una barrera, como se utiliza en los otros materiales de obturación, empleados con la misma finalidad.⁵

El MTA, por su composición química, puede provocar decoloración de la estructura dentaria, por lo que se recomienda que sea utilizado en el espacio del conducto radicular y cámara pulpar que se encuentra apicalmente a la línea gingival o cresta ósea.²⁵

La casa fabricante (Dentsply Tulsa Dental) señala ciertas precauciones en la utilización de este material, donde indica evitar el contacto directo del polvo húmedo o seco del MTA, con los ojos, piel y mucosas (evitar la inhalación e ingestión), ya que se puede producir irritación o inflamación del área expuesta.²⁵

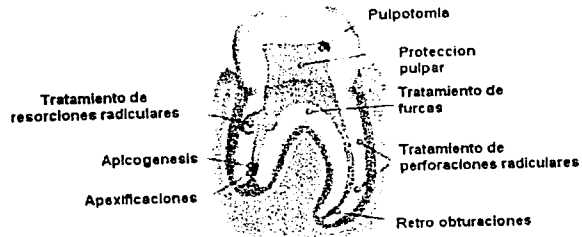
CAPITULO IV

4. Aplicación Clínica del Agregado Trióxido Mineral

En endodoncia se ha recomendado su utilización para:

- | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| | | - Recubrimiento Pulpar Directo |
| Terapia en Pulpas Vitales : | | - Pulpotomía |
| | | - Apicogénesis |
| | | - Apicoformación |
| Terapia en Dientes No Vitales | | - Perforación de Furca |
| | | - Perforaciones Radiculares |
| | | - Resorciones |
| | | - Obturaciones a Retro obturación |
| | | - Barrera para el Blanqueamiento |

Aplicacion clinica del Trioxido Mineral



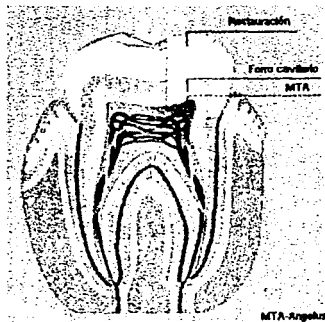
4.1. Aplicación en pulpas vitales: Recubrimiento pulpar directo, Pulpotomía y Apicogénesis.

Recientemente el MTA se ha propuesto como material de recubrimiento pulpar directo, y se ha demostrado y sustentado por estudios bacteriológicos que es un material biocompatible, que su capacidad de sellado es superior a la amalgama, al óxido de zinc eugenol y al Super EBA,³ adicionalmente el MTA es altamente alcalino, pH entre 10.2 y 12.5.⁵⁷

Pitt Ford y col. (1996)⁴¹, realizan un estudio para comparar la capacidad del MTA y el hidróxido de calcio, como materiales de recubrimiento pulpar directo; el MTA demostró inducir una respuesta más favorable sobre el tejido pulpar remanente. Histomorfológicamente se evidencia menos inflamación en el grupo con MTA con respecto al grupo con hidróxido de calcio. Además, se observó un puente dentinario continuo con algunas irregularidades en las pulpas con MTA, se evidencian túbulos dentinarios en dicho puente. En tanto que se reportó la presencia de túneles y/o defectos en los puentes de las pulpas cubiertas con hidróxido de calcio.

Otro estudio que constata al MTA como material de recubrimiento pulpar directo, evidenció la formación de un puente calcificado significativamente mayor y menor inflamación en el grupo con MTA, en comparación con el hidróxido de calcio. Basado en estos resultados, el MTA, se presenta como un material que puede ser utilizado como un agente de recubrimiento pulpar directo.²⁻³

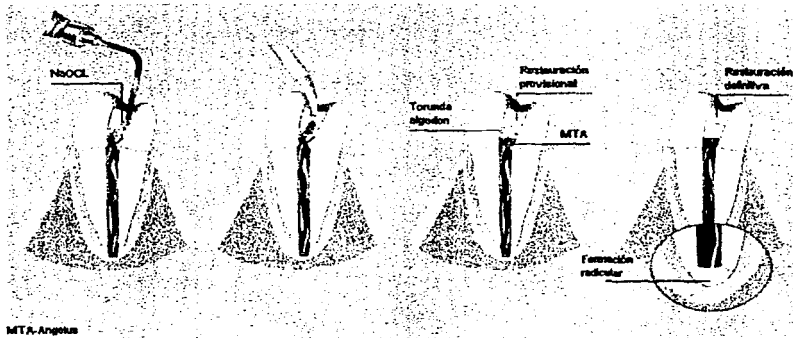
Torabinejad y Chivian (1999)⁵², reportan un caso de un primer molar inferior con una caries extensa y ápices abiertos; se realizó la remoción de la caries, se aplicó el recubrimiento pulpar directo con MTA y se obturó con amalgama como restauración final. El control post-operatorio a los tres años, evidenció el cierre de los ápices y la ausencia de patologías perirradiculares.



4.1.1. Procedimiento clínico en pulpas vitales

Torabinejad y Chivian (1999)⁵², indican el procedimiento clínico en los casos de tratamiento con pulpas vitales:

Después de anestésiar y aislar con el dique de goma, se elimina completamente la caries con fresa redonda y turbina, con refrigeración de agua constante. En casos de pulpotomías, la pulpa coronaria se remueve con una fresa larga de diamante montada en turbina con refrigeración continua. Lavar la cavidad y sitio(s) de exposición con hipoclorito de sodio (NaOCl) diluido. El sangrado del sitio(s) de la exposición puede ser controlado con una torunda de algodón impregnada con hipoclorito de sodio (NaOCl). Mezclar el polvo del MTA con agua estéril y colocar la mezcla en la cavidad de acceso con un porta-amalgama plástico grande. Rellenar con la mezcla el (los) sitio(s) de exposición con una torunda de algodón húmeda. Colocar una torunda de algodón sobre el MTA y rellenar el resto de la cavidad con un material temporal. En pacientes condescendentes, rellenar toda la cavidad con MTA, colocar una gasa húmeda entre el diente tratado y el diente antagonista, e indicarle al paciente que evite masticar por ese lado de 3 a 4 horas. Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser usado como material de obturación permanente,⁵⁷ una semana después se remueve de 3 a 4 mm del MTA y se coloca la restauración definitiva final sobre el MTA. Hacer un seguimiento de la vitalidad pulpar, clínica y evaluar radiográficamente de 3 a 6 meses según sea necesario. El tratamiento de conductos podrá o no realizarse, dependiendo del criterio del clínico y siguiendo las pautas de un tratamiento de conductos en un diente con pulpa vital.⁵²



4.2. Aplicación del Agregado Trióxido Mineral en dientes no vitales

4.2.1. Apicoformación

La inducción de una barrera apical usando hidróxido de calcio o la colocación de una barrera apical artificial al final de la raíz son las técnicas más comúnmente empleadas para tratar los casos de inducción de cierre apical.⁵⁰ A pesar de su popularidad en el procedimiento de apexificación, la terapia del Hidróxido de calcio Ca(OH)_2 tiene algunas desventajas que incluye la variabilidad del tiempo de tratamiento, la impredecibilidad del cierre apical, y el tiempo del tratamiento.⁴⁵ El tiempo necesario para la apexificación es de 6 a 4 años. El uso de un material más eficaz que induzca la formación de una barrera calcificada puede reducir el tiempo del tratamiento considerablemente.⁵⁰

El Agregado Trióxido Mineral (MTA), se ha utilizado como barrera apical para permitir una inmediata obturación del conducto radicular, éste es un material que tiene una buena habilidad de sellado y una alta biocompatibilidad.⁴⁴

Shabahang y col. (1999)⁴⁵, realizan un estudio para comparar la eficacia de la proteína osteogénica (Op-1), el Agregado Trióxido Mineral y el Hidróxido de calcio, cuando son utilizados para promover la formación de tejido duro en raíces inmaduras de perros. Después de 12 semanas las mandíbulas seccionadas y examinadas arrojaron que las raíces tratadas con MTA y Op-1 inducen un promedio de 50% más formación de tejido duro que Hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), y se observó menos inflamación en las raíces tratadas con MTA.

Otro estudio que soporta la utilización del MTA, es el realizado por Tittle y col. (1996)⁵⁰, donde se comparó la efectividad del Agregado trióxido Mineral como barrera de obturación apical, con capacidad para estimular el cierre apical de tres factores de crecimiento óseo. Los autores concluyen que los factores de crecimiento óseo juegan un papel importante en la formación y resorción ósea, pero sus efectos en un área inflamada son pobremente conocidos, y donde se utilizó el MTA las lesiones eran significativamente más pequeñas, por lo que el MTA puede utilizarse como un material de obturación en una sola sesión, en un ápice abierto.

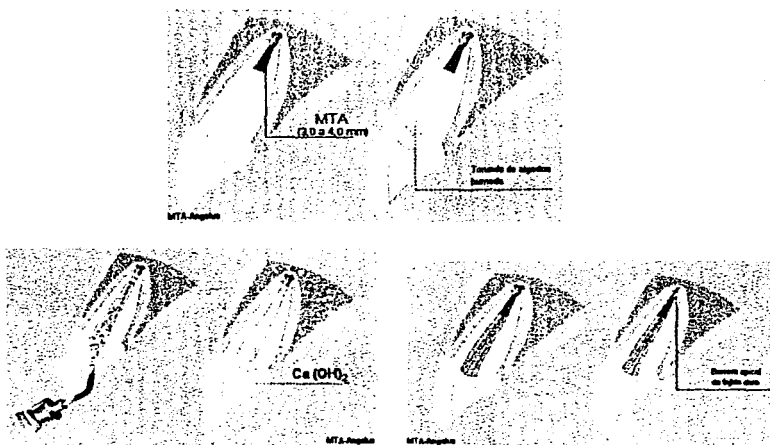
4.2.2. Procedimiento clínico en dientes no vitales

El procedimiento clínico recomendado por Torabinejad y Chivian (1999)⁵² en la utilización del MTA en dientes permanentes con necrosis pulpar y ápices incompletamente formados, es el siguiente:

Se aísla con dique de goma, se prepara un acceso adecuado, el sistema de conductos radiculares, se debe desinfectar,

utilizando instrumentos e irrigación con Hipoclorito de sodio (NaOCl).

Para desinfectar el conducto radicular, se introduce el hidróxido de calcio como medicamento intraconducto por una semana. Después de irrigar el conducto radicular con NaOCl y eliminar el hidróxido de calcio, se seca con puntas de papel absorbente, se mezcla el polvo del MTA con agua estéril y se lleva la mezcla con un porta amalgama grande al conducto. Posteriormente, se condensa el MTA hacia el ápice radicular de la raíz con condensadores o puntas de papel. Creando un tapón apical de MTA de 3 a 4 mm. y se chequea su extensión radiográficamente. Si la obturación de la barrera apical falla en el primer intento, lavar el MTA con agua estéril y repetir el procedimiento. Colocar una torunda de algodón húmeda en el conducto y cerrar la cavidad de acceso preparada de la cavidad con un material de restauración temporal por lo menos de tres a cuatro horas. Obturar el resto del conducto con gutapercha o con resina en dientes con paredes delgadas, como está indicado y sellar la cavidad de acceso con una restauración definitiva. Evaluar y valorar la cicatrización perirradicular clínica y radiográficamente.⁵²



4.2.3. Perforaciones dentales

El objetivo del tratamiento de las perforaciones es mantener los tejidos saludables, sin inflamación o pérdida de la adhesión periodontal. En caso de ya existir lesiones, el objetivo, es restablecer la salud periodontal en torno al diente perforado, lo cual es muy difícil de lograr con los materiales disponibles.⁴³

La reparación de las perforaciones se logra intracoronar y/o quirúrgicamente. El acceso no quirúrgico o intracoronar usualmente precede a la reparación quirúrgica. El factor importante en ambos accesos es lograr un buen sellado entre el diente y el material de reparación. Se puede afectar 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.³⁰ La extrusión del material de relleno es un problema potencial en la reparación de perforaciones radiculares. Esto usualmente ocurre durante la condensación del material de relleno en el sitio de la perforación. La extrusión del material de relleno causa una lesión traumática al ligamento periodontal, resultando en inflamación y retardo en la reparación. El control de la hemorragia es otro factor que afecta la capacidad de sellado del material de reparación. Actualmente, los materiales de reparación disponibles se utilizan únicamente en campos secos.³⁷

Estudios en dientes extraídos comprueban que el MTA tiene la capacidad de lograr un buen sellado.⁵¹⁻⁶⁷ Los hallazgos histológicos de estudios en dientes de perros, confirman que tiene un gran potencial en la cicatrización del tejido.⁴²

Lee y col. (1993)³⁰, realizan un estudio para comparar la capacidad de sellado del MTA, amalgama e IRM, en perforaciones laterales inducidas experimentalmente. Los resultados evidencian que el Agregado Trióxido de Mineral (MTA), tiene significativamente menos filtración que el IRM y la amalgama; que el MTA, tanto en la sobre-obturación como en la sub-obturación, presenta siempre el menor grado de penetración de colorante, tomando en cuenta que las perforaciones usualmente se encuentran contaminadas con sangre o fluido tisular, el IRM y la amalgama no son materiales ideales para la reparación de perforaciones. Por el contrario, el MTA presenta características hidrofílicas por lo que la humedad funge como un activador en la reacción química con el tejido.

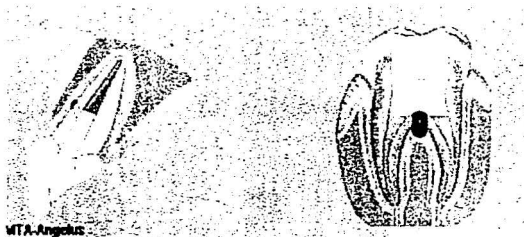
Hong y col. (1994)¹⁸, realizaron un estudio histológico de la respuesta tisular de las perforaciones de la furca reparadas con amalgama (AM) o el Agregado Trióxido Mineral (MTA). Los resultados indican que el MTA se puede utilizar para reparar las perforaciones de las furcas, como un material alternativo a la amalgama.

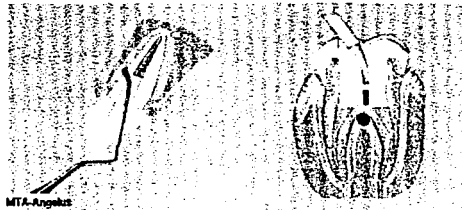
Pitt Ford y col. (1995)⁴³, analizan la respuesta histológica de la amalgama y el MTA, cuando se utiliza como material de obturación de las perforaciones. Sus resultados muestran que en los dientes reparados inmediatamente con MTA, se demostró ausencia de inflamación y la formación de cemento en cinco de seis dientes mientras que los reparados con amalgama originan inflamación, de moderada a severa.

4.2.4. Procedimiento de reparación intracoronal de perforaciones radiculares.

Después de anestesiarse, colocar el dique de goma y localizar el sitio de la perforación, el área se lava con hipoclorito de sodio (NaOCL) diluido. En caso de perforaciones por largo tiempo contaminadas, el NaOCL se debe dejar en el sistema de conductos radiculares por un par de minutos, para desinfectar el sitio de la perforación. Luego se completa la instrumentación y obturación de los conductos con gutapercha y sellador hasta el sitio de la perforación; mezclar el MTA con agua estéril y colocarlo en el lugar de la perforación con un porta amalgama y empaclarlo contra el sitio con un atacador, o con una torunda de algodón. Luego de reparar la perforación con MTA, colocar una torunda de algodón húmeda sobre el MTA y sellar la cavidad de acceso con un material de relleno temporal. Después de tres o cuatro horas, remover el cemento temporal y la torunda de algodón y colocar el material de relleno permanente en la raíz y/o en la preparación de la cavidad de acceso. Cuando el MTA se usa en perforaciones, con alto grado de inflamación y el material permanece suave al checarlo en una segunda cita se debe a la presencia de un pH bajo, el cual previene un fraguado adecuado del MTA. En estos casos, se elimina el MTA y se repite el procedimiento. Se evalúa la cicatrización de tres a seis meses.

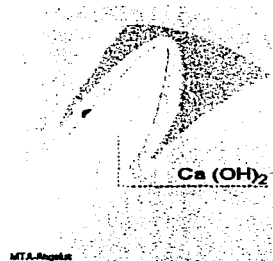
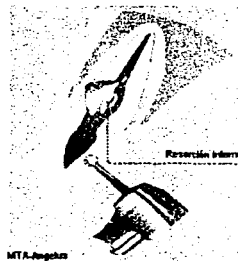
En perforaciones apicales, la mezcla de MTA se debe llevar a la porción apical del conducto; se puede utilizar una pistola tipo "Messing" (R. Chige Inc. Boca Raton, FL), o con un porta amalgama pequeño y empaclarlo con condensadores pequeños, o puntas de papel. Es necesario un tapón apical de 3 a 5 mm, para prevenir filtración coronaria y extrusión del material de obturación hacia los tejidos periapicales. Después de inducir un tapón apical, colocar una torunda de algodón mojada en contra de éste y cerrar el acceso de la cavidad con un material temporal de relleno. Remover la torunda de algodón al menos tres a cuatro horas después y obtener el resto del conducto con gutapercha y sellador de conducto radicular. En casos con perforación apical grande, y mucha humedad, el establecimiento del tapón apical y la obturación del sistema del conducto radicular se puede lograr en una sesión.

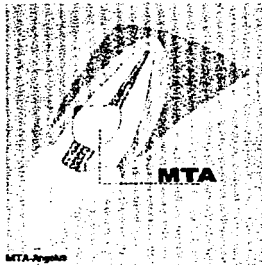




4.2.5. Reparación de perforaciones por resorción interna.

Después de anestesiarse y preparar la cavidad de acceso, el conducto radicular se debe limpiar, desinfectar y acondicionar, ya que hay presencia de tejido de granulación y existe una comunicación entre el conducto radicular y el periodonto. Usualmente se observa un sangrado abundante, que se puede controlar con la irrigación de Hipoclorito de Sodio (NaOCL). Durante la limpieza y acondicionamiento se recomienda colocar hidróxido de calcio como medicación intraconductos entre citas. Después de lavar el Hidróxido de Calcio del conducto con NaOCL o alcohol en la siguiente cita, obtener la porción apical del conducto con la técnica de obturación seccional con gutapercha y sellador de conductos radiculares. Posteriormente, colocar la mezcla de MTA en el defecto y condensarla con la ayuda de condensadores y torundas de algodón. El uso de limas largas ultrasónicas sin agua puede ayudar a obtener una obturación completa en el defecto. Colocar una torunda de algodón húmeda sobre el MTA y cerrar la cavidad de acceso con un material de relleno temporal. Luego a las tres a cuatro horas, remover el cemento temporal y la torunda de algodón y colocar el relleno permanente en la cavidad de acceso. Evaluar la cicatrización de tres a seis meses.



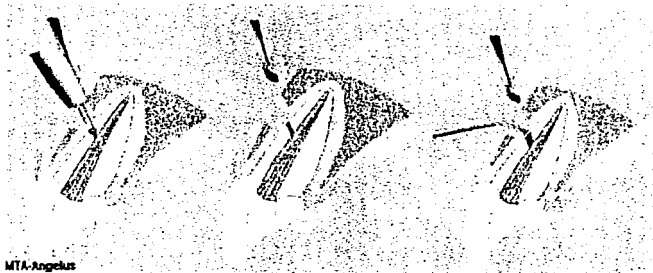


4.2.6. Reparación quirúrgica de las perforaciones:

Cuando la reparación de perforaciones falla después del abordaje intraradicular, o son inaccesibles a través de la cavidad de acceso, el MTA está indicado en la reparación quirúrgica de estos accidentes.

4.2.7. Procedimiento clínico de las perforaciones

Luego de levantar un colgajo y localizar el sitio de perforación, si está indicado, el defecto se debe modificar con una fresa pequeña. Como el MTA no fragua, sino después de 3 a 4 horas, es fundamental controlar por completo la hemorragia antes de hacer cualquier intento de reparar el área perforada. La presencia de excesiva humedad en el campo operatorio hace que el material sea muy suave y difícil de controlar. Después de mezclar el polvo del MTA con agua estéril, se coloca en la cavidad preparada y se empaca muy bien con condensadores. Quitar el exceso con una cucharita de dentina o excavador y/o con una gasa húmeda o Telfa. No lavar el área después de colocar el MTA en el sitio de perforación. Se sutura el colgajo en su lugar y se evalúa la cicatrización.



4.2.8. Obturaciones apicales o retro obturación

Debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, la eliminación de las bacterias y el subsecuente establecimiento de una 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 conducto. Por lo tanto, la cirugía periapical puede ser el tratamiento de elección.¹³

El procedimiento de cirugía apical, usualmente consiste en la exposición del ápice involucrado, resección del ápice y la lesión, preparación de una cavidad apical clase I, e inserción del material de obturación apical.⁶⁷

La cirugía apical se realiza en presencia de patología perirradicular persistente, cuando el tratamiento o retratamiento endodóntico convencional fracasa a causa de la inadecuada limpieza de los conductos radiculares y a la salida de antígenos hacia el tejido perirradicular. Por lo tanto, un gran número de investigadores recomiendan la inserción de un material de obturación apical, en dientes que requieren la resección del ápice.⁵⁵

Torbinejad y Pitt Ford (1996)⁶⁵ postulan que, para sellar el ápice radicular, el operador debe eliminar de 2 a 3 mm del ápice radicular, preparar una cavidad apical clase I y colocar el material de obturación apical. La resección del ápice en forma biselada se sugiere para obtener una buena visibilidad.²²⁻²³ Por el contrario, Gilheany y col. (1994)¹³, demuestran que a medida que se aumente el ángulo del bisel, la filtración apical se incrementa debido a la permeabilidad de los túbulos dentinarios.

Posterior a la resección radicular, tan perpendicular al eje axial del diente como sea posible, se prepara una cavidad clase I, incluyendo el foramen apical e istmos entre los forámenes de la raíz con una fresa o instrumentación ultrasónica. Una vez realizada la preparación apical, se selecciona un material de obturación apical adecuado.⁶²

Gartner y Dorn (1992)¹² sostienen que las características ideales de un material obturador de ápices son las mismas que las de un material obturador de conductos radiculares. Un material obturador de ápice ideal se debe adherir a las paredes de la preparación y sellar el sistema de conductos, no debe ser tóxico, ser bien tolerado por el tejido perirradicular, y promover la cicatrización. No corroerse, ser electroquímicamente activo, no producir cambios de coloración en el tejido; debe ser fácil de manipular y ser radiopaco. Además, debe ser dimensionalmente estable, no absorbible, y no alterarse en presencia de la humedad.

La amalgama se ha utilizado como un material obturador del ápice por muchos años. Sin embargo, entre sus desventajas se incluyen: a) filtración inicial; b) corrosión secundaria; c) contaminación con mercurio y estaño; d) sensibilidad a la humedad; e) necesidad de profundizar la preparación cavitaria; f) pigmentación de los tejidos duros y blandos, y g) esparcimiento de partículas de amalgama.⁵⁵

Por tales desventajas, los cementos a base de óxido de Zinc-eugenol tales como el IRM y el Super EBA la han sustituido como material de obturación a retro apical. Sin embargo, estos cementos tienen igualmente desventajas: a) sensibilidad a la humedad, b) irritación del tejido vital, c) solubilidad y d) dificultad en la manipulación clínica del material.⁵⁵

Recientemente, se ha sugerido al MTA para sellar todas las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente.⁶⁷

4.2.9. Respuesta del tejido perirradicular en retro obturación del Agregado Trióxido Mineral

En un estudio realizado por Pitt Ford y col. (1994)⁴⁰, se examinó la respuesta del tejido perirradicular en perros cuando se utilizó el MTA y la amalgama como material de obturación a retro. Al realizarse el estudio histológico, a las 10 y 18 semanas, se evidencia una menor extensión y severidad de la inflamación perirradicular en los grupos tratados con MTA. Se observa además, mayor aposición ósea adyacente al MTA comparado con la amalgama y frecuentemente se encuentra la presencia de cemento sobre la superficie del MTA. Basados en estos resultados, al parecer el MTA se debe utilizar como material de obturación apical.⁴⁰

Torabinejad y col. (1995)⁶⁰, realizan un estudio para evaluar la respuesta del tejido perirradicular de perros al MTA y a la amalgama. La evaluación histológica evidencia que los tejidos perirradiculares de todas las raíces con amalgama, como material de obturación apical, presentan inflamación de moderada a severa; mientras que sólo un tercio de las raíces obturadas con MTA muestran inflamación moderada, la diferencia es significativa estadísticamente. También es importante destacar que se observa aposición de cemento sobre el MTA, en 1 de 11 muestras en un periodo de tiempo de 2 a 5 semanas; y en 10 de las 10 muestras en el periodo de 10 a 18 semanas. La formación de cemento no se observó sobre ninguna de las muestras de amalgama. La diferencia es significativa estadísticamente, en el grupo de 10 a 18 semanas. La presencia de cemento sobre el MTA de las obturaciones a retro, indica la capacidad de sellado del MTA y su biocompatibilidad con los tejidos perirradiculares.⁶⁰

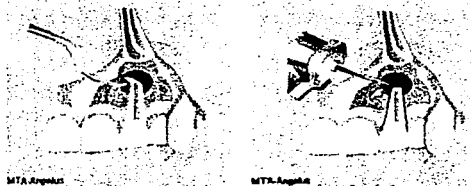
En otro estudio realizado por Torabinejad y col. (1997)⁶⁶, con la finalidad de examinar la respuesta del MTA y la amalgama en el tejido perirradicular, se observa: ausencia de inflamación perirradicular adyacente en cinco de los seis ápices obturados con MTA; formación de una capa completa de cemento sobre el material de obturación en cinco (5) de los seis ápices obturados con MTA; inflamación perirradicular en todos los dientes obturados con amalgama y ausencia de formación de cemento sobre la amalgama. La diferencia entre las respuestas de los tejidos ante los dos materiales de obturación fue evidente. La capa de cemento observada sobre el MTA, aparece continua con la formada sobre la dentina seccionada; alguna de las superficies de cemento presentan unas inserciones fibrosas, imitando las fibras de Sharpey.

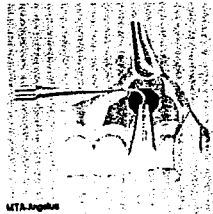
El mecanismo de formación de cemento sobre el MTA, como material de obturación apical, no está claro. Basado en los resultados de estudios del material en retro obturaciones y en reparación de perforaciones; al parecer el MTA es probablemente capaz de activar a los cementoblastos al producir la matriz para la formación del cemento, gracias a su capacidad de sellado, su alto pH, o a la liberación de sustancias que activan los cementoblastos para formar una matriz para la cementogénesis.⁵⁴⁻⁶⁰⁻⁶⁷⁻⁶⁸

4.2.10. Procedimiento clínico en la retro obturación

Torabinejad y Chivian (1999)⁵², realizan un protocolo de aplicación clínica del MTA, al utilizarlo como material de obturación a retro:

Después de levantar un colgajo, osteotomía, resección y preparación apical, la hemorragia perirradicular se debe controlar. La presencia de humedad y/o sangre dificulta la manipulación del material. Utilizando un pequeño transportador, se coloca la mezcla del MTA en la cavidad apical y se condensa con un atacador pequeño. Luego se rellena completamente la cavidad apical, se remueve y limpia con una gasa húmeda la superficie apical de la raíz para eliminar la mezcla del MTA sobrante. Como el MTA fragua en presencia de humedad, hay que inducir algo de hemorragia a partir del ligamento periodontal o del hueso sobre el ápice y el MTA. No se debe lavar el campo quirúrgico después de obturar con MTA la preparación apical. Suturar el colgajo en posición y evaluar la cicatrización.





4.2.11. Barrera durante el blanqueamiento dentario

El blanqueamiento interno de los dientes puede causar resorción externa radicular. Ningún material es capaz de prevenir la filtración de los agentes blanqueadores.¹⁰ 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 (3 a 4 mm), después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno.¹⁰⁻³⁵⁻⁴⁹⁻⁵⁵⁻⁶⁷

Torabinejad y Chivian (1999)⁵², exponen la indicación para su utilización:

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. Después de 3 o 4 horas, se remueve el material de obturación temporal y se podrá obturar permanentemente cuando esté indicado.

Cummings y Torabinejad (1995)¹⁰ realizan 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 el MTA 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.

Es importante resaltar que el MTA presenta una composición química que puede provocar pigmentación de la estructura dentaria, por lo que se recomienda sea utilizado en el espacio del conducto y cámara que se encuentren por debajo del márgen gingival o de la cresta ósea.²⁵

CONCLUSIONES

- Hasta la fecha, no ha sido posible la elaboración de un material de obturación ideal, a pesar de que en el mercado odontológico existe una diversidad de materiales destinados para tal fin.

- Las Investigaciones sobre la pulpa dental, al utilizar el MTA como material de recubrimiento pulpar directo, reportan la formación de un puente dentinario continuo.

- La capacidad de sellado del MTA es superior a la amalgama, Super EBA e IRM, cuando es evaluada con el método de microfiltración de colorantes, bacterias y endotoxinas; no siendo afectada en forma adversa por la presencia de sangre. La adaptación marginal del MTA al analizarla al microscopio electrónico, es superior a la amalgama, IRM y Super EBA.

- El tiempo de fraguado del MTA es aproximadamente 2 horas, 45 min; mucho más largo que la amalgama o el IRM. La fuerza compresiva es mayor en la amalgama, que en el MTA, IRM y Super EBA, siendo similar entre los tres últimos. La solubilidad del MTA es menor que la del IRM y Super EBA.

- Los efectos antibacterianos del MTA, Super EBA, amalgama e IRM, al investigarlos con bacterias anaerobias facultativas y estrictas se encontró que, aunque el MTA, demostró su acción antibacteriana ante un mayor número de especies facultativas, ningún material resultó ser completamente antibacteriano; siendo su efecto nulo, en las bacterias anaerobias estrictas. El MTA en el método de liberación de Cromo radioactivo resultó ser menos citotóxico que el IRM, amalgama y Super EBA y en la técnica de extendido en agar, la amalgama demostró ser menos tóxica, seguida por el MTA, y luego los otros materiales.

- Al determinar la mutagenicidad de los materiales de obturación apical con el test de Ames, el MTA y los materiales de obturación apical comúnmente utilizados, resultan no mutagénicos. Al implantar Super EBA y MTA en mandíbulas y tibias de animales de experimentación, la reacción del tejido ante el MTA es más favorable, con zonas libres de inflamación y algunas con aposición directa de hueso.

- Al utilizar el MTA en perforaciones de la furca en dientes de perro, se evidenció la formación de nuevo cemento sobre el material. Las obturaciones apicales con MTA o amalgama en dientes molares de perros y en incisivos de monos, examinados histológicamente en diferentes periodos postoperatorios, demuestran menor inflamación alrededor de los ápices obturados con MTA y formación de nuevo cemento sobre el material; esto no ocurre con la amalgama.

- No se pueden mencionar estudios a largo plazo, ya que el MTA es reciente y tiene pocos meses disponible en el mercado. La gran mayoría de los estudios realizados sugieren el uso clínico del MTA como material de obturación apical en seres humanos, ya que se ha comprobado que es un material biocompatible, de adecuada capacidad de sellado, mantiene la alcalinidad, fragua en presencia de humedad y promueve la regeneración tisular.

- Se recomienda la continuidad en los estudios del MTA, para evidenciar la efectividad del material, la estabilidad de sus propiedades, su comportamiento y efecto biológico a largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

1. Abbas, A.; Lichtman, A.; Pober, J.; (1995). *Inmunología Celular y Molecular*. 2da ed. McGraw-Hill-Interamericana de España, Madrid. Capitulo 1 y 12, pp: 3-14; 267-295
2. Abedi, H. R.; Torabinejad, M.; McMillan, P.; (1997). The effect of demineralization of resected root ends on cementogenesis. *Abstrac N° 37. J. Endod.*, 23(4):258.
3. Abedi. H. R.; Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; Bakland, L. ; (1996). The use of mineral trioxide aggregate cement (MTA) as a direct pulp capping agent. *Abstrac N° 44. J. Endod.*, 22:199.
4. Adamo, H.; Burviana, R.; Rosenberg, P.; Schertzer, L.; Kahn, F.; Boylan, R.; (1996). Bacterial assay of coronal microleakage: MTA, Super- EBA, composite, amalgam retrofillings. *Abstract N° 48. J. Endod.*, 26:196.
5. Arens, D. ; Torabinejad, M.; (1996). Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: Two case reports. *Oral Surg.*, 82:84-8.
6. Balla, R.; LoMonaco, C.; Skribner, J.; Lin, L.; (1991). Histological study of furcation perforations treated with tricalcium phosphate, hydroxyapatite, amalgam and life. *J. Endod.*, 17:234-8
7. Bates, C. F.; Carnes, D. L.; Del Rio, C.; (1996). Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J. Endod.*, 22(11):575-8.
8. Baumgartner, J.; Falkler, W.; (1991). Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. *J. Endod.*, 17:380-3
9. Camp J. Tratamiento endodóntico en odontopediatria. En Cohen y Burn (1.994). *Endodoncia los caminos de la pulpa*. Editorial médica Panamericana. México. : 873-915
10. Cummings, G.; Torabinejad, M.; (1995). Mineral trioxide aggregate (MTA) as an isolating barrier for internal bleaching. *Abstract N° 53. J. Endod.*, 21(4):228.
11. Fischer, E.; Arens, D.; Miller, C.; (1998). Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with Zinc-free amalgam, intermediate restorative material and super EBA as a root-end filling material. *J. Endod.*, 24(3):176-9.

12. Gartner, A.; Dorn, S.; (1992).Advances in endodontic surgery. Dent Clin North Am .36:357-79.
13. Gilheany, P.; Figdor, D.; Tyas, M.; (1994). Apical dentin permeability and microleakage associates with root end resection and retrograde filling. J. Endod. 20(1):22-27.
14. Goldman, L.; Goldman, M.; Kronman, J.; Letourneau, J.; (1980). Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. J. Endod. 6:683-6
15. Higa, R.; Torabinejad, M.; (1993).Comparison of leakage between dry and wet filled retrograde cavities. Abstract N° 15. J. Endod., 19(4):189.
16. Higa, R.; Torabinejad, M.; McKendry, D.; McMillan, P.; (1994). The effect of storage time on the degree of dye leakage of root end filling materials. Int Endodon J. 27:252-6.
17. Holland, R.; De Souza, V.; Nery, M. J.; Otoboni Filho, J. A.; Bernabé, P.; Dezan, E.; (1999). Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium trioxide. J. Endod.,25(3):.
18. Hong, C.; McKendry, D. ; Pitt Ford, T. ; Torabinejad, M.; (1994). Healing of furcal lesions repaired by amalgam or mineral trioxide aggregate. Abstract N° 37. J. Endod., 20(4):197.
19. Hong, C. U.; Torabinejad, M.; Kettering, J. ; (1995). The effects of three retrofilling materials on selected oral bacteria. Abstract N° 67. J. Endod., 19(4):200.
20. Hr. Abedei, Torabinejad M, Pitt F. The use of mineral trioxide aggregate cement (MTA) as a direct pulp camping agent. JOE 1996; 22: (4) 199
21. Hugh, M.; Torabinejad, M.; McKendry, D.; Mc Millan, P.; Simon, J. H.; (1998). Effects of Resorbible membrane placement and human osteogenic protein 1 on hard tissue healing after perirradicular surgery in cats. J. Endod., 24(11):
22. Ingle, J.; Beveridge, E.; Glick, D. y Weichman, J.; (1996). Terapéutica Endodóntica Moderna. En Endodoncia (Ingle y Bakland Editores). 4ta. Edición. Edit. McGraw-Hill .México.Capitulo 1, pp 1- 52
23. Ingle, J.; Cummings, R.; Frank, A.; Glick, D.; Rubinstein, R.; Rodman, W.; (1996). Cirugía endodóntica. En Endodoncia (Ingle y Bakland editores). 4ta. Edición. Edit. McGraw-Hill .México. Capitulo 16. pp:760-1

24. Ingle I, Taintor JF. Endodoncia 3a edición, Editorial Interamericana .
25. Instructivo ProRoot™ MTA; (1998). Hoja de datos de seguridad del material y video. DENTSPLY Tulsa Dental, Oklahoma, USA.
26. Kettering, J. D.; Torabinejad, M.; (1995). Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root end filling material. J. Endod., 21:537-9.
27. Koh, E.; McDonal, F.; Pitt Ford, T.; Torabinejad, M.;(1998). Cellular response to mineral trioxide aggregate. J. Endod. 24 (8): 543-47.
28. Koh, E.; Pitt Ford, T. ; Torabinejad, M.; McDonal, F.; (1997). Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. J. Biomed. Mater Res.,37:432-9.
29. Lasala, A (1.992): Protección directa pulpar, en: Lasala, A. Endodoncia. 4ta ed. Ed. Salvat. Barcelona., pp : 257; 410; 537-598
30. Lee, S.; Monsef, M.; Torabinejad, M.; (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J. Endod., 19 (11):541-4.
31. MacDonald A. Evaluación de un cemento de apatita como material de obturación apical. Revista Española de Endodoncia 1995; 13: (1) 24-34
32. Maguire, H.; Torabinejad, M.; (1997). The effects of a reabsorbable membranes and h-OP-1 on tissue healing following endodontic surgery. Abstract N° 46. J. Endod., 23(4):260.
33. Maguire, H.; Torabinejad, M.; McKendry, D.; McMillan, P.; Simon, J.; (1998). Effects of resorbable membrana placement and human osteogenic protein-1 on hard tissue healing after periradicular surgery in cats. J. Endod., 24(11).
34. Mitchell, P.; Pitt Ford, T.; Torabinejad, M.; McDonald, F.; (1999) Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. Biomaterials, 20 :167-173
35. Nakata, T. T.; Bae, K. S.; Baumgartner, J.; (1998). Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. J. Endod., 24(3):184-6.
36. Osorio, R. M.; Hefti, A.; Vertucci, F. J.; Shawley, A. L.; (1998). Cytotoxicity of endodontic materials. J. Endod., 24(2):91-5.

37. Pashley, D.; Kalathoor, S.; Burnham, D.; (1986). The effects of calcium hydroxide on dentin permeability. *J. Dent Res.* 65:417-20
38. Phillips, R.; (1986). *La Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner*. 2da Edición. Nueva Editorial Interamericana, S.A.: México. pp: 338-348; 496- 499; 522-529 ;
39. Pitt Ford, T. R.; Abedi, H. R.; Torabinejad, M.; Tang, H. M (1997). Tibia and mandible reaction to implanted root end filling materials. Abstract N° 56. *J. Endod.*, 23(4):263.
40. Pitt Ford, T. R.; Hong, C. U.; Torabinejad, M (1994). Mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. Abstract N° 1. *J. Endod.*, 20(4):188.
41. Pitt Ford, T. R.; Torabinejad, M.; Abedi, H. R.; Bakland, L. K.; Kariyawasam, S. P (1996). Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J. Am. Dent. Assoc.*, 127:1491-4.
42. Pitt Ford, T. R.; Torabinejad, M.; Hong, C. U.; Kettering, J. D (1993). The effects of three retrofilling materials on L929 cells. Abstract N° 80. *J. Endod.*, 19(4):203.
43. Pitt Ford, T. R.; Torabinejad, M.; McKendry, D.; Hong, C. U.; Kariyawasam, S. D (1995). Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg.*, 79:756-63.
44. Shabahang, S.; Torabinejad, M (1997). Apexification in immature dog teeth using osteogenic protein-1, mineral trioxide aggregate, and calcium hydroxide. Abstract N° 65. *J. Endod.*, 23(4):265.
45. Shabahang, S.; Torabinejad, M.; Boyne, P.; Abedi, H.; McMillan, P (1999). A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J. Endod.*, 25(1):1-5.
46. Sluyk, S. R.; Moon, P. C.; Hartwell, G. R (1998). Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J. Endod.*, 24(11):768-71.
47. Soluti, A.; Lee, S.J.; Torabinejad, M (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate in lateral root perforations. Abstract N° 59. *J. Endod.*, 19(4):199.
48. Stabbholtz, A.; Shani, J.; Friedman, S.; Abed, J.; (1985) Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. *J. Endod.* 5:218-23

49. Tang, H. M.; Morrow, J. D.; Kettering, J. D.; Torabinejad, M (1997). Endotoxin leakage of four root-end filling materials. Abstract N° 42. *J. Endod.*, 23(4):259.
50. Tittle, K. W.; Farley, J.; Linkhardt, T.; Torabinejad (1996). Apical closure induction using bone growth factors and mineral trioxide aggregate. Abstract N° 41. *J. Endod.*, 22(4):198.
51. Torabinejad, M.; (1994). Mediators of acute and chronic periradicular lesions, *Oral sug, Oral med, Oral phatol.* 78:511-21
52. Torabinejad, M.; Chivian, N.; (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J. Endod.*25(3):197-05.
53. Torabinejad, M.; Eby, W.; Naidorf, I.; (1985). Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J. Endod.* 11:179-88
54. Torabinejad, M.; Falah, R.; Kettering, J. D.; Pitt Ford, T. R.; (1995). Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root end filling material. *J. Endod.*, 21:109-21.
55. Torabinejad, M.; Higa, R. K.; Pitt Ford, T. R.; McKendry, D. J.; (1994). Dye leakage of four root-end filling materials. Effects of blood contamination. *J. Endod.*, 20:159-63.
56. Torabinejad, M.; Hong, C. U.; Lee, S. J.; Pitt Ford, T. R.; (1995). Investigation of mineral trioxide aggregate for root end filling in dogs. *J. Endod.*, 21:603-8.
57. Torabinejad, M.; Hong, C. U.; McDonald, F.; Pitt Ford, T. R.; (1995). Physical and chemical properties of a new root end filling material. *J. Endod.*, 21:349-53.
58. Torabinejad, M.; Hong, C. U.; Pitt Ford, T. R.; Kariyawasam, S. D.; (1995). Tissue reaction to implanted Super EBA and mineral trioxide aggregate in the mandibles of guinea pigs: A preliminary report. *J. Endod.*, 21:569-71.
59. Torabinejad, M.; Hong, C. U.; Pitt Ford, T. R.; Kettering, J. D.; (1995). Antibacterial effects of some root end filling materials. *J. Endod.*, 21:403-6.
60. Torabinejad, M.; Hong, C. U.; Pitt Ford, T. R.; Kettering, J. D.; (1995). Citotoxicity of four root end filling materials. *J. Endod.*, 21:489-92.
61. Torabinejad M, Pitt. FT. Use of mineral trioxide agrégate for repair of furcal perforations. *JOE* 1998: 14 -9

62. Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; (1996). Root end filling materials: A review. *Endod. Dent. Traumatol.* 12:161-78.
63. Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; Abedi, H. R.; Kariyawasam, S. P.; Tang, H. M.; (1998). Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. *J. Endod.* 24 (7):468-471
64. Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; Brady, K.; McDonald, F.; (1995). Mineral trioxide aggregate as a substrate for osteoblasts. Abstract N° 151, Scanning 95, Monterrey, California.
65. Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; McKendry, D. J.; Abedi, H. R.; Miller, D. A.; Kariyawasam, S. P.; (1996). Periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate. Abstract N° 4. *J. Endod.*, 22(4):189.
66. Torabinejad, M.; Pitt Ford, T. R.; McKendry, D. J.; Abedi, H. R.; Miller, D.; Kariyawasam, S. P.; (1997). Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as root end filling in monkeys. *J. Endod.*, 23:225-8.
67. Torabinejad, M.; Watson, T. F.; Pitt Ford, T. R.; (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material. *J. Endod.*, 19:591-5.
68. Torabinejad, M.; Wilder Smith, P.; Kettering, J. D.; Pitt Ford, T. R. ; (1995). Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root end filling materials. *J. Endod.*, 21:295-9.
69. Walton y Torabinejad.; (1997). *Endodoncia principios y práctica*. 2da. Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México.
70. Yatsushiro, J. D.; Baumgartner, J. C.; Tinkle, J. S (1998). Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. *J. Endod.*,24(11):716-9.
71. Yoshimura, M.; Marshall, F.; Tinkle, J.;(1990). In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam filling. *J. Endod.* 16:9-12

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

39

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA