



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

GENERALIDADES DEL MTA Y SU APLICACIÓN EN
ENDODONCIA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

SANDRA PÉREZ HERNÁNDEZ

TUTOR: ESP. ENRIQUE GERARDO CHÁVEZ BOLADO

MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A mi padre: *Un hombre de gran fortaleza, inteligencia y valor a quien admiro respeto y quiero mucho, por enseñarme que hay que superarse día con día para ser mejores. Gracias por darme todo lo que para ti fue difícil conseguir.*

A mi mamá: *Una persona de gran espíritu que siempre ha estado conmigo apoyándome constantemente. Gracias por todas las noches de desvelo que pasaste a mi lado y por soportar mis constantes cambios de humor; por todo el amor y los cuidados que me diste, a ti debo en gran parte el poder concluir mi carrera.*

A mi hermana Nadia: *Por enseñarme que siempre hay que luchar hasta el final, por darme ánimo cuando sentía que todo estaba perdido, muchas gracias por creer en mí; eres una persona admirable.*

A mi hermanita Zugey. *Mi niña que siempre demostró espontaneidad y alegría ante la vida, a quien lamentablemente no pueda estar mas con nosotros, siempre estarás en mi corazón mi niña bonita.*

A mis amigos con quienes pase una etapa importante de mi vida, por todos los momentos felices que pasamos y por todos aquellos días de estrés que vivimos durante la carrera. Gracias por enseñarme el otro lado de mi vida como universitaria.

A mi amiga Carla a la cual agradezco el darme siempre su apoyo y valor para poder enfrentar mis miedos.

A ese hombre con quien viví uno de los años más importantes de mi vida durante la carrera, nunca olvidare tus palabras y el entusiasmo que me transmitiste. Por siempre demostrarme que no hay que conformarse si no luchar por todo aquello deseado.

A la doctora Gabriela Fuentes Mora por su empeño y apoyo a quien admiro y quiero mucho.

Al doctor Enrique Chávez Bolado por la dedicación puesta durante la revisión del trabajo y a quien agradezco enormemente.

Por ultimo a mi queridísima Universidad que me abrió sus puertas y las oportunidades de un amplio mundo de conocimientos y por la que me siento orgullosamente universitaria.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
1. MINERAL TRIOXIDO AGREGADO	4
1.1 HISTORIA	4
1.2 COMPOSICIÓN	5
1.3 PROPIEDADES FISICO QUIMICAS.	6
1.3.1 ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA	7
1.3.2 pH	8
1.3.3 RADIOPACIDAD	8
1.3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	9
1.3.5 SOLUBILIDAD	10
1.3.6 BIOCOMPATIBILIDAD	11
1.3.7 ADAPTACIÓN MARGINAL	13
1.3.8 MICROFILTRACIÓN	13
1.3.9 TIEMPO DE ENDURECIMIENTO	15
1.3.10 CITOTOXICIDAD	15
1.3.11 MUTAGENICIDAD	17
1.4 MECANISMOS DE ACCIÓN	17
1.5 MANIPULACIÓN	19
2. INDICACIONES CLÍNICAS	19
2.1 RECUBRIMIENTO PULPAR	20
2.2 PULPOTOMIA	25
2.3 APICOGENESIS	29
2.4 APEXIFICACIÓN	30
2.5 PERFORACIONES	32
2.6 RESORCIONES	34
2.7 BARRERA CORONARIA	36

2.8 OBTURACIÓN RETROGRADA	37
CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40



INTRODUCCIÓN

La terapia endodóncica abarca desde una protección pulpar directa ó indirecta hasta la extirpación parcial o total de la pulpa dental, para ello es indispensable un material que nos ofrezca los mejores beneficios para el tratamiento de las lesiones de origen endodóncicos. Es fundamental conocer la variedad de materiales existentes y sus propiedades para poder elegir aquel que nos brinde los mejores beneficios; así también es esencial conocer el mecanismo de defensa y reparación del órgano dentario para elegir que material es más idóneo para aplicar en cada caso.

Idealmente el material de reparación debe ser no tóxico, bacteriostático y no reabsorbible; debe promover la cicatrización tisular, además de proveer un sellado hermético óptimo. Actualmente hay una nueva generación de materiales con mejores propiedades físicas, químicas y biológicas.

Desde principios de los años noventa, un nuevo material endodóncico llamado Agregado de Trióxido Mineral (MTA) desarrollado en la Universidad de Loma Linda California en EUA en 1993 fue usado por primera vez como un material de obturación; dado los resultados favorables también ha sido usado como una alternativa viable en muchas aplicaciones clínicas, tales como recubrimiento del tejido pulpar, cierre de ápices, para reparar perforaciones furcales entre otras. Las propiedades del MTA incluye biocompatibilidad, un buen sellado y la capacidad de promover la regeneración tisular de la pulpa dental y periradicular, induce la regeneración



de los tejidos del ligamento periodontal, la aposición de un material como el cemento y la formación de tejido óseo.



OBJETIVO

Conocer las propiedades, características, beneficios y mecanismo de acción del Mineral Trióxido Agregado no solo a nivel pulpar sino sobre los tejidos que están involucrados en mantener una adecuada estabilidad y salud del órgano dentario; es por ello que la fuente principal del presente escrito está basada en una recopilación de estudios publicados respecto al uso del Mineral Trióxido Agregado.



1. MINERAL TRIOXIDO AGREGADO

1.1 HISTORIA

El Mineral Trióxido Agregado (MTA) es un material endodóncico que fue desarrollado en la Universidad de Loma Linda California en los años noventa como un material de relleno apical¹. El material fue usado por primera vez como un material de obturación, pero también ha sido usado como una alternativa viable en muchas aplicaciones clínicas, tales como recubrimiento del tejido pulpar, tratamiento de ápices inmaduros (apicogénesis y apexificación) y para reparar perforaciones furcales.²

Descrito por primera vez en la literatura dental por Lee en 1993 desde ese tiempo, ha sido investigado extensamente y los resultados confirman que tienen excelente propiedades físicas, químicas y biológicas.³

El MTA ha sido usado experimentalmente por numerosos años y su utilización en humanos fue aprobada por la administración de alimentos y drogas (FDA) de EEUU en 1998.⁴

Torabinejad y colaboradores desarrollaron el producto original (MTA gris). La constitución elemental del MTA es semejante al del cemento Portland y ambos cementos son compuestos principalmente de silicato tricálcico y silicato dicálcico según análisis por difracción.⁵

La primera publicación de las propiedades físicas y químicas del MTA no reportó la presencia de óxido de bismuto en el material. El óxido de bismuto parece ser que fue agregado después para aumentar la radiopacidad del MTA.⁶

Está disponible comercialmente como ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental) y recientemente fue lanzado al mercado MTA ANGELUS (Londrina PR,



Brazil) ésta última compuesta de 80% de cemento portland y 20% de óxido de bismuto.⁷

1.2 COMPOSICIÓN

Consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación de polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura.⁸

Los principales componentes del MTA según el fabricante son:

ProRoot MTA

silicato tricálcico
aluminato tricálcico
silicato dicálcico
aluminato férrico tetracálcico
óxido de bismuto
sulfato de calcio dihidratado
Residuos insolubles:
sílice cristalina
óxido de calcio
sulfato de potasio y sodio.⁹

MTA Angelus

óxido de silicio
óxido de potasio
óxido de aluminio
óxido de sodio
óxido de hierro
Acido Sulfúrico
óxido de calcio
óxido de bismuto
óxido de magnesio
Residuos insolubles:
sílice cristalina
óxido de calcio
sulfato de potasio y
sodio.¹⁰



1.3 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.

Idealmente un cemento sellador debe tener una acción antibacterial y la capacidad de estimular la formación de una barrera mineralizada de tejido.¹¹

El principal compuesto químico liberado por MTA en el agua es el hidróxido de calcio. Éste hidróxido puede ser responsable de las ventajas de sus propiedades.¹²

Su excelente biocompatibilidad ha sido evidenciado en varios procesos biológicos favorables inducidos por MTA a saber, irritación mínima de toxicidad pulpar, inflamación baja periapical, no mutagénico, adherencia de células y crecimiento, aumento de niveles de fosfatasa alcalina y osteocalcina, producción de IL-6 y IL-8 y fijación del ligamento periodontal, crecimiento de cemento y formación de puente de dentina.¹³

Holand y cols. evaluaron la reacción del tejido conjuntivo de ratas implantando túbulos dentinarios y obturando con MTA e hidróxido de calcio, reportó los mismos resultados para ambos materiales e indico que fue posible que el mecanismo de acción de ambas materias quizá tenga algunas similitudes.¹⁴ Fridland y cols. determinaron que la sustancia liberada es básicamente hidróxido de calcio lo cual podría explicar las similitudes obtenidas por Holand y cols.¹⁵

Las propiedades del MTA incluye buen sellado y la capacidad de proveer la regeneración tisular de la pulpa dental y peritubular¹⁶. Pérez y colaboradores reportaron en el 2003 que el MTA podría ser un material ideal debido a que consistentemente indujo la regeneración de los tejidos del ligamento periodontal, la aposición de un material como el cemento y la formación de tejido óseo.¹⁷



1.3.1 Actividad antibacteriana.

Un material ideal de obturación debe de tener una buena capacidad de sellado, no ser tóxico, debe ser bien tolerado por los tejidos, no resorbible, estabilidad dimensional, fácil de manipular y radiopacidad; además debe de tener idealmente alguna actividad antibacteriana.^{18,11}

Torabinejad y col (1995) realizan un estudio sobre las especies bacterianas encontradas en el estudio realizado por Baumgartner y Falkler y comparan los efectos antibacterianos de amalgama, óxido de zinc- eugenol, Super EBA y Agregado Trióxido Mineral (MTA). En ninguno de los cementos que estudiaron tienen actividad antimicrobiana sobre algunos de los microorganismos anaerobios estrictos de estudio, pero el MTA sí puede causar algunos efectos en 5 de las 9 bacterias facultativas incluidas en la investigación; su actividad antibacteriana está relacionada a la liberación de iones hidroxilo aumentando el pH y creando un ambiente desfavorable para las bacterias.¹¹

Hong y col. (1995) en un estudio realizado, nos mencionan el efecto antibacteriano del MTA sobre algunas bacterias, tales como el *Lactobacillus* sp, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, y *Streptococcus salivarius* y un menor efecto antibacteriano en *Enterococcus faecalis*.¹⁹

Estudios realizados por Torabinejad y cols. (1995) han demostrado que los efectos antibacterianos de MTA son comparables a los del hidróxido de calcio pero es más efectivo en prevenir microfiltración bacteriana.⁶



1.3.2 pH.

El pH expresa el grado de acidez o de alcalinidad de una solución pero también de productos de consistencia sólida.²⁰

En vista que el MTA presenta un pH similar al hidróxido de calcio, después de aplicar esta sustancia como material de obturación apical, probablemente este pH pueda inducir la formación de tejido duro.⁶

Silva y cols. (2000) realizan un análisis fisicoquímico del MTA en donde dedujeron que los mecanismos de reparación con MTA se fundamentan más en la capacidad de mantener un pH alcalino que en su liberación de iones calcio. Siendo esto el punto base para utilizarlo como recubrimiento pulpar directo.²¹

El pH inicial del MTA cuando es hidratado es de 10.2 y una vez fraguado su pH cambia a 12.5 el cual es comparable al del hidróxido de calcio.²²

Los resultados mostrados en el estudio realizado por Al-Nazhan y cols. respecto al efecto antimicótico de MTA mostraron que mezclado en el momento y 24 horas después de fraguado había crecimiento de *Cándida albicans*. Sin embargo observaron su efectividad antimicótica después de 3 días de incubación. El efecto antimicótico del MTA contra *C. albicans* fue causado por su elevado pH el cual es de 10.2 inicialmente y de 12.5 tres horas después.²³

1.3.3 Radiopacidad.

La radiopacidad de 1mm de grosor de tejido mineralizado es equivalente a la de 1mm de aluminio. Además, de acuerdo con el estándar ISO 6876



(Organización Internacional para la Estandarización 2001), la radiopacidad requerida para un material de obturación de conductos radiculares es de 3 mm de aluminio.^{24, 25}

La radiopacidad es una característica importante para los materiales odontológicos restauradores. Entre las características ideales de un material de obturación, encontramos que debe ser más radio-opaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en una cavidad con el fin de evaluar la calidad de la obturación.²⁶

Al MTA se le adicionó óxido de bismuto que le proporciona mayor radiopacidad, la cual mide 7.17 mm. La radiopacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14 mm, IRM 5.30 mm, Super EBA 5.16, y la dentina de 0.70 mm.^{6,27}

Shah y cols. citados por Torabinejad evidencian que el MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y que la dentina, distinguiéndose fácilmente en las radiografías.⁶

1.3.4 Resistencia a la compresión.

Es un factor importante para considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soportará cargas oclusales.⁶

En el estudio realizado por Torabinejad y cols. encontraron que la fuerza compresiva aumentó después de que fuera colocada en humedad a las 3 semanas de su aplicación. Por lo que la hidratación adicional puede tener como resultado un aumento en la fuerza compresiva y una reducción en la filtración.⁶



La fuerza compresiva del MTA es de alrededor de 70 Mpa, la cual es comparable a la del IRM y Super EBA, pero significativamente menor que la amalgama que es de 311 Mpa.^{2,6.}

1.3.5 Solubilidad.

Los materiales dentales se encuentran en condiciones húmedas en la boca y no deben ser propensos a la disolución. Todo tipo de material que se emplee para actuar como reemplazo de los tejidos naturales debe ser, al menos, tan resistente a la disolución como ellos y, por consiguiente resistente a la pérdida de solutos potencialmente lesivos en la boca.²⁸

Los materiales comúnmente utilizados para el sellado de perforaciones y de obturación retrograda están normalmente en contacto con fluidos de los tejidos periapicales hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o cemento. En cuanto a los trabajos realizados respecto a la solubilidad no han encontrado signos relevantes de solubilidad para el Super-EBA, la amalgama y el MTA, mientras que si se observa para el IRM.^{29,30.}

Fridland y cols. realizaron un estudio acerca de la solubilidad y porosidad relacionadas con diferentes cantidades de agua y polvo; en donde encontraron que el hidróxido de calcio fue el principal compuesto liberado por el MTA en el agua. También determinaron que dentro de las proporciones de agua y polvo, tanto la solubilidad como la porosidad mostraron una tendencia creciente dependiente a la cantidad de agua utilizada durante la preparación.¹⁵



1.3.6 Biocompatibilidad.

La biocompatibilidad se define como la capacidad de un material de generar una respuesta biológica apropiada al ser aplicado sobre un tejido, ya que no existe un material inerte, dependiendo de la función física y de la respuesta biológica que deseamos de un material. Esta definición implica la interacción entre un huésped, el material y la función esperada del material .³¹

La biocompatibilidad ha sido fundamentada por ser igual o superior a la amalgama, IRM y óxido de zinc y eugenol.^{4,6,13,32,33.}

Torabinejad y cols. nos mencionan en su estudio que el MTA expuesto a la flora oral en perros, muestra menos inflamación y más formación de cemento comparado con las muestras de amalgama.¹²

Torabinejad y cols. evaluaron la reacción del tejido óseo al Super EBA y MTA, colocándolos en mandíbulas de cobayos. Los materiales fueron colocados en tubos de teflón, implantados por 60 días en el hueso. El estudio mostró que ambos materiales son biocompatibles, aunque la reacción del tejido al MTA fue menor de lo que se observó con el Super EBA.³⁴

Para comprobar su biocompatibilidad Wucherpfenning realizó un estudio, en el cual fueron cultivadas células semejantes a osteoblastos (MG63) en presencia tanto de MTA como de cemento Portland (CP). 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 CP o MTA como recubrimiento pulpar directo después de una exposición pulpar estéril. Obtuvieron los especímenes para el análisis histológico a 1,2,3,4 semanas, donde confirmaron 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 producidas las lesiones.³⁵

La respuesta del huésped a los materiales en contacto con el tejido es compleja y depende de muchos factores. Diferentes estudios han tenido como objetivo evaluar la biocompatibilidad de MTA, es decir, la respuesta del huésped al contacto de ese material con los tejidos.¹³

El MTA produce sustancias que promueven la regeneración dentoalveolar y de hueso; la formación de tejido duro podría ocurrir a consecuencia de la capacidad superior de sellado que proporciona el material.³⁶

Sousa y col. realizaron una comparación de la biocompatibilidad de diferentes materiales usados en cirugía periapical mediante una evaluación histológica. Los materiales estudiados fueron el óxido de zinc eugenol, la resina fotopolimerizable Z-100 y MTA. Una de las conclusiones a las que llegaron fue las excelentes cualidades biológicas del MTA donde se observó crecimiento óseo en contacto directo con el material y sin interposición de tejido conectivo.³⁷

Shahi y col. estudiaron la biocompatibilidad del MTA blanco, MTA gris y amalgama después de su implantación en el tejido conectivo subcutáneo de ratas. La biocompatibilidad de los tejidos de MTA fue mejor que la amalgama después de 3 días y 1 semana de su colocación.³⁸

Tani-ishii y cols. nos mencionan que el MTA puede promover la formación de matriz de hueso y su mineralización. La investigación muestra que el MTA permite el crecimiento de células y la expresión de proteínas de la matriz implicadas en la mineralización. Sugieren que el MTA es un material



endodónico que puede ser utilizado en casos de perforación y de resorción radicular; además es menos tóxico a los osteoblastos que otros materiales comúnmente utilizados.³⁹

1.3.7 Adaptación marginal.

Torabinejad y col. (1993), realizaron un estudio, al 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 MTA proporciona mejor adaptación y sellado que los materiales comúnmente utilizados para la retroobturación; sus propiedades físicas funcionan de igual manera in vivo e in vitro. Al parecer, el MTA no tiene que compactarse tan firmemente, para lograr una adecuada adaptación a la superficie del diente⁴⁰

Aunque el MTA e hidróxido de calcio tienen un pH alcalino similar, el MTA también muestra excelente adaptabilidad marginal y no es resorbible.²²

Shipper y cols. realizaron una evaluación de microscopía electrónica marginal y encontraron resultados superiores de adaptación marginal del MTA comparado con amalgama.⁴¹

1.3.8 Microfiltración

La eficacia de materiales empleados para sellado apical ha sido valorada mediante penetración de tinte, radioisótopos, acción electroquímica,



microscopía electrónica y filtración líquida. El método más extensamente utilizado es la técnica de penetración de tinte. Sin embargo tiene varias desventajas.⁴²

Torabinejad y cols. realizaron un estudio bacteriano de filtración para determinar el tiempo necesitado para que penetre *Staphylococcus epidermidis* en un espesor de 3 mm de varios materiales de obturación retrograda (amalgama, Super EBA, IRM). Este estudio investigó la capacidad del MTA y varios materiales apicales para resistir la contaminación con *S. marcescens*. Todo el grupo testigo positivo exhibió un cambio de color que indica que el sellado del conducto radicular es necesario para mejorar la obturación con gutapercha.⁴³

La mayoría de las muestras que fueron obturadas con amalgama, Super-EBA, o IRM comienzan a filtrar desde los 6 hasta los 57 días. En contraste, la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el periodo experimental (90 días). Sin embargo, el MTA filtró significativamente menos que los otros materiales de obturación. La capacidad de sellado de MTA es probablemente debida a su naturaleza hidrofílica y a que experimenta expansión cuando fragua en un ambiente húmedo.^{43,44,45}

El área más crucial de interés es la capacidad para lograr una obturación perfecta para prevenir filtración marginal del medicamento cubriendo la pulpa dental y o la restauración final. Es evidente que hasta con el mejor sistema de unión hay presencia de microfiltración en las restauraciones, por lo tanto los materiales usados para proteger la pulpa dental debe de tener un mejor sellado para compensar la filtración de la restauración.²¹



1.3.9 Tiempo de endurecimiento.

La capacidad de fraguado del MTA no es inhibido por sangre o agua.⁴⁶ En realidad, Arens y col. recomendaron MTA cubierta con una bolita de algodón húmeda e IRM para adquirir un mejor fraguado del material.⁴⁷

El fraguado del material es influida por varios factores: la cantidad de agua utilizada durante el espatulado, el procedimiento mezclado mismo, la presión utilizada durante la compactación. Algunos de estos factores no son fáciles de controlar; es por lo tanto difícil de estandarizar los métodos que determinan las propiedades del MTA.⁶

El MTA tiene el tiempo de fraguado más prolongado (2 horas y 45 minutos) comparado con la amalgama, Super-EBA y el IRM.⁴⁸

1.3.10 Citotoxicidad

La citotoxicidad se define como el grado en el cual un agente posee una acción destructiva específica sobre ciertas células o la posesión de esta acción.⁴⁹

Koh y cols. en 1997 estudió la respuesta biológica de osteoblastos y encontraron que MTA causaba un aumento en la producción de interleucina IL-6, y osteocalcina.⁵⁰

La citotoxicidad de un material de obturación apical se evalúa generalmente utilizando tres pasos:



1º Investigación del material utilizando una serie de ensayos de citotoxicidad in vitro.

2º 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.

3º La reacción in vivo del tejido que se puede 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.⁵¹

En un estudio realizado por Osorio y col. (1998) donde se midió la citotoxicidad de algunos selladores de conductos radiculares, Endomet, CRCS y AH26 y de los materiales retrobturadores: amalgama, Gallium GF2, Ketac Silver, Mineral Trióxido Agregado y Super EBA, corroboraron el bajo grado de citotoxicidad que presenta el MTA en comparación con los otros materiales utilizados.⁵¹

La citotoxicidad del MTA fue investigado, utilizando la cubierta de agar y métodos de liberación de cromo en donde fue encontrado menos citotóxico que el IRM o Super EBA.²

Keiser y col. en su estudio acerca de la citotoxicidad utilizaron líneas establecidas de la célula de laboratorio (fibroblastos de ratón L929) y fibroblasto gingival humano, ésta última utilizada para simular el ambiente del ápice. Los resultados nos mencionan que el MTA resultó menos tóxico que el Super EBA y la amalgama.⁵²



1.3.11 Mutagenicidad

Las pruebas de mutagenicidad permiten valorar los efectos de los materiales sobre el material genético celular. Pueden ser de tipo genotóxico donde la alteración se da a nivel del DNA o a nivel epigenético donde el daño se presenta como una alteración bioquímica celular. Las más conocidas son la prueba de Ames y la prueba de transformación celular de styles.⁵³

Un material ideal de obturación apical debe ser dimensionalmente estable y no mutagénico. Kettering y Torabinejad (1995), realizaron un estudio para evaluar el potencial mutagénico de el 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.⁵⁴

Torabinejad y cols. evaluaron la reacción del tejido óseo al Super EBA y MTA colocándolos en mandíbulas de cobayos. Los materiales fueron colocados en tubos de teflón, implantados por 60 días en el hueso. El estudio mostró que ambos materiales son biocompatibles, aunque la reacción del tejido al MTA fue menor de lo que se observó con el Super EBA.⁵⁵

1.4 MECANISMOS DE ACCIÓN

La actividad antibacterial está relacionada a la liberación de iones hidroxilo aumentando el pH y creando un ambiente desfavorable para las bacterias. Por otro lado, la formación de una barrera es promovida por la liberación de Ca²⁺ en tejidos adyacentes. Holand y cols. mostró que el MTA estimula la deposición de tejido duro y sugirió que el mecanismo de formación comenzó con iones de calcio que libera el MTA.³



Koh y cols. en 1998 reportaron que el MTA ofreció un sustrato biológicamente activo para el hueso y las células estimulantes de la producción de interleucinas.⁵⁰

Sarkar y cols. en su estudio mostraron el crecimiento de depósitos de cristal entre la pulpa y MTA; ellos suponen que el producto de la reacción del MTA con el ambiente oral es hidroxiapatita y algunas otras materias de calcio. La razón para esta característica puede ser su capacidad de liberar iones de calcio y fosfato, que son factores críticos en el metabolismo de hueso.

La formación de hueso puede ser dividida en dos fases. La primera fase implica el agrupamiento y diferenciación de los precursores de osteoblastos. El segundo es la producción y mineralización de la matriz de hueso por osteoblastos maduro.

En contacto con un fluido sintético de tejido, se disuelve liberando todos sus componentes y provocando la precipitación de hidroxiapatita, en su superficie y en el fluido circundante. Químicamente se vincula con la dentina cuando es colocado contra ella, posiblemente a través de una reacción de difusión controlada entre su superficie de apatita y dentina.⁵⁶

El MTA consiste en 50-75% de óxido de calcio y 15-25% de bióxido de silicio. Estos dos componentes comprenden juntos 70-95% del cemento. Cuando éstas materias primas son mezcladas producen silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminato férrico tetrálcico. En la hidratación del polvo se forma un gel de hidrato de silicato.¹



1.5 MANIPULACIÓN

El polvo del MTA viene en sobres herméticamente sellados, luego de abrir, estos 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 porción de 3:1, sobre una loseta de vidrio espatulándolo durante 30 segundos; si la mezcla es muy seca, se debe adicionar más agua hasta que adquiera una consistencia arenosa, posteriormente se lleva con un porta amalgamas de plástico o de metal hasta el sitio de utilización o con una pistola tipo “Messing” y se compacta con una torunda de algodón. La humedad excesiva del sitio de obturación se debe secar con gasa o algodón.⁵⁷

2. INDICACIONES CLINICAS

Material aprobado por la FDA para realizar terapia pulpar.

Estudios han reportado que tienen una biocompatibilidad superior y habilidad de sellado así como también es menos citotóxico que otros materiales actualmente usados en terapia pulpar, es por ello que tiene muchas aplicaciones clínicas.²²

El MTA es relativamente un nuevo agente de recubrimiento pulpar que ha sido usado para cerrar las comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y las superficies externas de las dientes.⁵⁸



2.1 RECUBRIMIENTO PULPAR

Protección o recubrimiento de una herida o exposición pulpar mediante pastas o sustancias especiales, con la finalidad de cicatrizar la lesión y preservar la vitalidad de la pulpa.²⁵

El potencial dentinogénico de células ectomesenquimas es expresado progresivamente como una parte del proceso curativo natural en los dientes maduros (Baume). Ha sido bien reconocido que la actividad dentinogénica puede ser observada en pulpas expuestas sin alguna consecuencia exógena.⁵⁹ Durante la exposición pulpa, la diferenciación odontoblástica celular y formación de dentina reparativa ocurrieron conjuntamente con osteodentina o fibrodentina formando tejido duro.⁶⁰

Schröder revisó el proceso reparativo que sigue después del recubrimiento pulpar con hidróxido de calcio: inicialmente las células bajo la superficie de herida proliferan, emigran elaboran nuevo colágeno por la zona necrótica superficial o en la superficie pulpar donde fue el recubrimiento. La zona necrótica y la nueva capa de colágeno atraen sales minerales, llegando a ser matrices calcificadas. Entonces una capa de células odontoblásticas similares es formada conjuntamente con la fibrodentina y la dentina reparativa es secretada.⁶¹

Cox y col. investigaron la biocompatibilidad del cemento de silicato, cemento de fosfato de Zinc, de la amalgama y de los compuestos en pulpas de monos con y sin sellado de superficies con cemento de óxido de zinc. Sus resultados indican que la curación de exposiciones pulpares no es dependiente del material de recubrimiento, pero está relacionado a la capacidad de estos materiales para prevenir la filtración bacteriana. Los



resultados de este estudio mostraron que el MTA estimula la formación de un puente de dentina adyacente a la pulpa dental.⁶²

Existen factores que favorecen el pronóstico postoperatorio y que por lo tanto, precisan las indicaciones de la protección pulpar:

- Edad del paciente y del diente pues a causa del envejecimiento normal de la pulpa dental, la posibilidad de llevar a cabo con éxito un recubrimiento pulpar disminuyen con la edad.
- Estado pulpar, ya que solamente la pulpa sana o con leves cambios vasculares logrará cicatrizar la herida y formar un puente de dentina reparativa; se considera que la pulpa infectada no es capaz de reversibilidad cuando está herida y que por lo tanto, seguirá su curso inflamatorio e inexorable hasta la necrosis.²⁶

El objetivo primario de la terapia pulpar es mantener la integridad y salud de los dientes dañados y sus tejidos secundarios.⁶³

Pitt Ford y cols. compararon 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. Histomorfométricamente 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 los recubrimientos tratados con MTA además, la curación estimulada de la pulpa ocurre con reacciones mínimas y formación de dentina.⁶⁴

Tziafas y cols. Demostraron en su estudio que la pulpa que es cubierta con MTA induce cambios citológicos y funcionales en las células de la pulpa,



teniendo como resultado formación de fibrodentina y dentina reparativa en la superficie de la pulpa mecánicamente expuesta.

Las respuestas de las células pulpaes fueron estudiadas aquí a corto plazo para evaluar si el MTA induce directamente la reparación dentinogénica. El efecto inicial del MTA en la superficie de la pulpa expuesta es la formación de una capa superficial de estructuras cristalinas en la superficie de la pulpa con el material de recubrimiento.

La iniciación de dentinogénesis reparativa puede identificarse en estudios morfológicos sólo por la apariencia de empalizada de una alargada capa como una célula odontoblástica capaces de secretar matriz tubular; aunque serían necesarios datos inmuno-histoquímicos y bioquímicos para caracterizar completamente la naturaleza y especificidad de este fenómeno.

La dentinogénesis reparativa fue observada claramente 3 semanas después del recubrimiento con MTA conjuntamente con la matriz firme de fibrodentina. Las células odontoblásticas que elaboran la matriz tubular fueron vistas en todos los casos.

Parece que el inicio de la formación de dentina reparativa como un proceso que pasa la pulpa para repararse no puede ser atribuida a ningún efecto dentino inductivo específico del material de recubrimiento. No obstante, la formación de un ambiente apropiado de la pulpa debido a las propiedades alcalinas del MTA favorecen la expresión potencial dentinogénico de las células pulpaes, como ha sido sugerido en pulpas tratadas con hidróxido de calcio.⁶⁵

Nair y col. realizaron un estudio para investigar la respuesta pulpar a corto y mediano plazo del recubrimiento pulpar con MTA y Dycal en dientes permanentes usando microscopía de luz y microscopía de transmisión de electrones. Para este estudio fueron considerados pacientes adultos jóvenes hombres y mujeres (18-30 años de edad) que tuvieran terceros molares clínicamente saludables, 33 dientes fueron histológicamente procesados.



Las observaciones morfológicas incluyeron la presencia o ausencia de una barrera tisular dura, inflamación y el tipo de grado de ésta.⁶⁶

Los hallazgos indican que el tejido pulpar de los molares tratado con MTA están fundamentalmente libres de inflamación después de 1 semana y llega a estar cubierta por puentes de dentina con un seguro incremento de longitud y grosor dentro de los 3 meses siguientes al recubrimiento. Los molares tratados con Dycal revelaron inflamación aguda y crónica mínima de la pulpa hasta el periodo mas largo de observación (3 meses) después del recubrimiento; característica común en los especímenes de Dycal.⁶⁶

20 de 22 dientes tratados con MTA y 18 de 23 dientes tratados con Dycal desarrollaron un puente y concluyeron que el MTA fue un efectivo recubrimiento pulpar como el hidróxido de calcio.³⁷

Se ha sugerido que la salud de la pulpa dental no fue significativamente afectada por el tipo de medicamento sino sobre la habilidad del material para prevenir microfiltraciones. En este estudio, todas las cavidades fueron selladas con óxido de zinc y eugenol para prevenir la filtración microbiana; sin embargo, la inflamación pulpar estuvo presente en muchas de las muestras de Dycal.⁶⁶

Las pulpas de los especímenes de MTA fueron dominados en los 3 periodos de observación por fibroblastos y una leve infiltración de células inflamatorias. Parece que, bajo las condiciones de este estudio, el MTA tiene excelentes propiedades selladoras y previene la microfiltración y la inflamación pulpar otorgando una barrera secundaria bajo el sellado de la superficie.⁶⁶

Los resultados del Dycal fueron menos satisfactorios con 9 de 13 especímenes mostrando inflamación pulpar. La inflamación aguda con elevados polimorfonucleares fue observada en 5 de 9 especímenes sugiriendo la presencia de microfiltración bacteriana.⁶⁶

La formación de un puente subyacente al Dycal fue también evidente pero fue inconstante en grosor variable y numerosos defectos en túnel.⁶³



Los cementos de hidróxido de calcio tales como el Dycal son hidrofóbicos y requieren una cavidad completamente seca para una efectiva colocación y el procedimiento lleva más tiempo. Por otro lado, el MTA requiere humedad para colocarse y es relativamente fácil de usar en contacto con un tejido húmedo como lo es la pulpa.⁶⁶

Los resultados de este estudio permiten la conclusión de que el MTA es clínicamente más fácil de usar y resulta menos inflamación pulpar y una constante formación de una barrera de tejido duro que el Dycal.⁶⁶

Dientes temporales

Nuevos materiales han sido probados durante varios años como alternativa al hidróxido de calcio dentro de los cuales se encuentra el Agregado Mineral Trióxido.

Varios estudios hablan del MTA como un material efectivo para recubrimiento pulpar en dientes permanentes con exposición mecánica, sin embargo hay pocos casos reportados con seguimiento que implique a dientes primarios.⁶⁷

Por lo que a continuación se habla de un estudio que realizaron para evaluar la eficacia del MTA.

En un estudio realizado por Tuna y Olmez (2007) de la aplicación del MTA e hidróxido de calcio como material para recubrimiento pulpar directo en molares temporales de 25 pacientes con seguimiento clínico y radiográfico de 1,3,6,9,12,18 y 24 meses, un paciente dejó de asistir después de 1 mes, uno después de 9 meses y otro después de 12 meses. Aunque ningún signo patológico fue observado, a causa de la pérdida de la restauración de un diente con recubrimiento pulpar, fue excluido del estudio clínico después de 9 meses y uno después de 18 meses, ambos del grupo de hidróxido de calcio.⁶⁷



La sensibilidad térmica fue observada en un diente del grupo de hidróxido de calcio en el primer mes y en un diente del grupo de MTA en el tercer mes. Las quejas disminuyeron en los meses siguientes. Durante los periodos de seguimiento ningún diente exhibió fracaso clínico ni radiográfico. De ahí que el estudio realizado se considera un éxito tanto en los pacientes tratados con MTA e hidróxido de calcio.

Algunos consideran la restauración final ser mas perjudicial por el resultado de contaminación bacteriana por filtración. Este hallazgo exige la necesidad de un buen sellado en la restauración final después del recubrimiento pulpar. Por esta razón fue colocado por encima del recubrimiento pulpar óxido de zinc y eugenol y amalgama como restauración final ya que la caries fue por oclusal y no fueron implicadas las caras proximales. Aeinehchi y col. (2003) reportó menos inflamación y dentina más gruesa en el tratamiento con MTA que el hidróxido de calcio cuando se usa como recubrimiento pulpar en dientes humanos con exposición pulpar mecánica. En el estudio que realizaron (Tuna y Olmez) tanto el grupo tratado con MTA como el hidróxido de calcio tuvieron éxito cuando se emplea como recubrimiento pulpar en molares primarios. La razón para esta similitud quizá sea la aplicación de óxido de zinc y eugenol que proporciona un sellado bacteriano a largo plazo y compensa la disolución de hidróxido de calcio.⁶⁷

La tasa de éxito para dientes primarios no es muy alta y por lo tanto se ha limitado su aplicación en esta área.⁶⁷

2.2 PULPOTOMIA

Pulpotomía vital es la exéresis o remoción parcial de la pulpa viva (generalmente la parte coronaria o cameral), bajo anestesia local, complementada con la aplicación de fármacos que, protegiendo y



estimulando la pulpa residual, favorecen su cicatrización y la formación de una barrera calcificada de neodentina, permitiendo la conservación de la vitalidad pulpar.²⁶

Indicaciones:

- Molares con desarrollo radicular incompleto que presenten exposición/afección pulpar por caries y/o trauma.
- Molares sin evidencia clínica de degeneración pulpar: la pulpitis irreversible o necrosis pulpar se puede manifestar clínicamente con fístula, absceso, sensibilidad, movilidad patológica, hemorragia excesiva del tejido amputado, historia de dolor espontáneo, dolor cíclico ó dolor nocturno.
- Molares sin evidencia radiológica de degeneración pulpar: la pulpitis irreversible o necrosis pulpar se puede manifestar radiográficamente con reabsorción radicular interna, calcificaciones anormales del conducto, radiolucidez de los tejidos peri-radicales, radiolucidez en los dientes de reemplazo.
- Molares con posibilidad de restauración.
- Molares con presencia de 2/3 de la raíz.⁶⁸

El mecanismo de acción del MTA, en procedimientos de pulpotomía, se basa en que las exposiciones pulpares tienen la capacidad de cicatrizar siempre que se prevenga la microfiltración y la contaminación bacteriana. De esta manera, origina la cicatrización del tejido pulpar radicular remanente a través de la estimulación de la formación de puentes dentinarios.⁶⁹

Entre las ventajas del MTA en pulpotomía de dientes temporales están:

- Único con éxito clínico y radiográfico del 100% a los 2 años pos tratamiento.
- Alta biocompatibilidad y menor citotoxicidad.



- Alto sellado y poca microfiltración.
- Efecto antibacteriano en algunas bacterias facultativas.
- Baja solubilidad.
- No altera los dientes sucesores permanentes.
- Técnica simple y rápida
- Existe preparado comercial.⁷⁰

El formocresol ha sido y sigue siendo hasta la actualidad el medicamento más empleado en el tratamiento de pulpotomía en dientes temporales. Sin embargo se ha detectado que posee características tóxicas para los tejidos con los que entra en contacto y que es carcinogénico y mutagénico.⁶⁸

Agamy y col. en su estudio comparativo de MTA gris, MTA blanco y formocresol nos menciona que en el tratamiento con MTA gris se puede observar capas gruesas de dentina secundaria con buenos resultados en los tejidos de la pulpa dental en los sitios de amputación. La estructura arquitectónica de los modelos de la pulpa dental normal se preserva ampliamente y mostraron un menor incremento en fibras de colágeno fino y muy pocas células inflamatorias. Las calcificaciones de la pulpa dental se observaron en pocas secciones y raramente se encontraron vasos sanguíneos dilatados; mientras que en el grupo con MTA blanco los depósitos de dentina secundaria fueron excesivos casi obliterando la cámara pulpar junto con capas odontoblasticas irregulares, células inflamatorias y homogeneidad en la pulpa dental con áreas de necrosis parcial. Finalmente para el grupo con formocresol los depósitos de dentina secundaria fueron pobremente calcificados. Las pulpas dentales dispersadas fueron completamente necróticas con células inflamatorias. Las muestras mostraron pequeña evidencia de capas de células odontoblasticas en dientes primarios.⁶⁹



Maroto y col. presentan un estudio para evaluar si el MTA produce algún signo de patología clínica o radiológica en los molares temporales cuando es aplicado en el tratamiento de pulpotomía. Para ello seleccionó 52 molares con caries extensas y afectación irreversible de la pulpa cameral. Realizaron la técnica clásica de pulpotomía al formocresol; una vez extirpado el tejido pulpar cameral, controlada la hemorragia mezcló el preparado de MTA según instrucciones del fabricante y lo transportó mediante un porta amalgamas. Adaptó el material en la cámara pulpar por presión con una bolita de algodón humedecida en agua destilada, sellando la cámara pulpar con cemento de ionómero de vidrio y finalmente cementó la corona acero cromo con ionómero de vidrio. Las revisiones periódicamente las realizaron a intervalos de tres meses, llevándose a cabo una evaluación clínica y radiográfica de cada molar tratado.

Durante la evaluación no detectaron en ninguno de los casos signos de patología pulpar, signos de inflamación cambios de color, abscesos ni fístulas. Por otro lado detectaron imágenes de formación de un puente de material radiopaco presumiblemente dentinario, en el área inmediata apical al MTA adaptado en la cámara pulpar, en el lugar de la amputación pulpar. Por lo que la formación de dentina en los conductos es mas frecuente con MTA que con formocresol.

El tiempo de trabajo es similar al de la técnica de formocresol y sin embargo el MTA no es potencialmente tóxico para los tejidos como se ha demostrado en cuanto al formocresol.⁷⁰



2.3 APICOGÉNESIS

La apicogénesis se realiza en dientes inmaduros cuando parte del tejido pulpar permanece vital y sin inflamación, como en las exposiciones por caries o en algunos casos de traumatismo en los que después de la exposición de la pulpa se retrasa el tratamiento y es necesario extenderse más en el interior del conducto hasta alcanzar tejido sano.

Se observan en casos de pulpotomía, cuando el proceso fisiológico de cierre normal del ápice radicular favorece el fin del desarrollo de la dentina radicular y también la formación del conducto cementario, permitiendo de esa forma, que el conducto adquiera la forma y longitud normales. Para que ocurra la apicogénesis es necesario que después de la pulpotomía la pulpa radicular mantenga su vitalidad, con la completa aposición de dentina y de cemento.⁷¹

Torabinejad y Chivian (1999), 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.²

Los microorganismos son los principales irritantes de la pulpa dental y el periodonto; para preservar la vitalidad del tejido pulpar y prevenir los cambios patológicos en los tejidos perirradiculares por exposición pulpar mecánica o por un proceso cariogénico en dientes con ápices inmaduros sin signos de pulpitis irreversible deben ser sellados.⁷¹



2.4 APEXIFICACION

Sellado biológico del ápice por medio de un tejido mineralizado, similar al cemento que varía en estructura y en espesor cuando se pierde la vitalidad pulpar y los ápices están inmaduros.⁷¹

La mejor opción para el tratamiento endodóncico de dientes con ápice inmaduro consiste en estimular la continuación del desarrollo radicular llenando el conducto radicular temporalmente, con sustancias medicamentosas, hasta que se obtengan las condiciones anatómicas que permitan realizar la preparación biomecánica y su adecuada obturación de forma definitiva.⁷¹

El MTA puede proporcionar un mejor nivel requerido que el hidróxido de calcio para una terapia inmadura, no vital, en dientes permanentes que han sido lesionados y los cuales requieren terapia pulpar y pueden ser restituidos aproximadamente después de dos semanas como una terapia tradicional opuesta a la de hidróxido de calcio, donde las apexificaciones pueden requerir varios meses.⁷²

Después del aislamiento, extirpación de la pulpa y limpieza del conducto radicular usando el sistema de instrumentos endodóncicos e irrigando con NaOCl al 5.25%, colocaron una pasta de hidróxido de calcio en el sistema de conducto radicular durante una semana para desinfectarlo. Cuando el paciente regresó en una semana, lavaron la pasta de hidróxido de calcio desde el sistema de conductos; colocaron MTA en los conductos y condensaron a nivel apical para crear un 3-4 mm de tapón apical. Radiográficamente, verificaron la extensión y la calidad de sellado, colocaron una bolita de algodón húmeda o punta de papel de corte en el conducto y cerraron la cavidad de acceso con IRM o Cavit.²²

El paciente puede regresar en una semana para obturar el resto del conducto, el cual puede ser obturado con gutapercha y sellador



termoplástico. Una técnica muy cara pero efectiva para dientes posteriores es obturar todo el conducto con MTA.²²

Felippe y col. (2006) demuestran en un estudio realizado en dientes de perros que la aplicación de MTA inmediatamente después de la preparación del conducto radicular favoreció el restablecimiento del ligamento periodontal y la formación normal de hueso nuevo y cemento. El MTA se comportó de manera semejante a la pasta de hidróxido de calcio aún en la presencia de exudado y contaminación que se observó en el momento de la preparación y promovió la desinfección del conducto así como la estimulación de la formación de una barrera apical de tejido duro. Las respuestas histológicas observadas en el estudio indican que el MTA es un material seguro y debe ser considerado efectivo en dientes con formación incompleta radicular. Su aplicación tiene como resultado cierre apical, reducción del tiempo de tratamiento, el número de citas y disminución de la fuerza de fractura comparada con el hidróxido de calcio. La ventaja de un material que promueve la formación inmediata de un tapón artificial apical nos ayuda a que la obturación definitiva de la raíz pueda ser colocada inmediatamente después.⁷³

Para evitar riesgo de fractura varios autores (Witherspoon & Ham 2001, Linsuwanont 2003, Andreasen y col. 2006) proponen una técnica de apexificación en una visita, colocando un tapón apical de MTA en los últimos 5 mm del conducto, obturación del conducto radicular y colocación de una restauración coronal en el diente.⁷⁴

Simón y cols. en su estudio realizado en 43 dientes nos habla de un puente de dentina obtenido con MTA además; por su contacto directo con las paredes de dentina asegura un mejor sellado, sin embargo aún no hay investigaciones histológicas realizadas para comprobar la calidad de la barrera apical obtenida con MTA en dientes humanos.⁷⁴



2.5 PERFORACIONES

La perforación de la raíz puede ocurrir durante el acceso o el tratamiento del conducto que tiene como resultado la pérdida de la integridad de la raíz y destrucción adicional de los tejidos periodontales adyacentes.⁷⁵

Los factores que afectan el pronóstico de reparación de perforación incluye: la ubicación de la perforación, demora del tratamiento, contaminación por microorganismos y las características biológicas y físicas del material de reparación.⁷⁶

Pitt Ford y col. examinó la respuesta histológica de perforaciones intencionales en la furca de premolares de mandíbulas de perros reparados con MTA y amalgama. Todos los especímenes de amalgama fueron asociadas con inflamación, mientras que solo 1 de 6 muestras con MTA se inflamó. Además, los cinco especímenes no inflamados tuvieron presencia de cemento sobre el material de reparación.⁷⁷

MTA permite la reparación del ligamento periodontal/cemento, pero muestra adhesión pequeña a la dentina y tiene un tiempo de fraguado muy largo.

Nakata y col. (1998) reportó que MTA fue apreciablemente mejor que la amalgama para prevenir filtración de *Fusobacterium nucleatum* por reparación de perforación del conducto.⁷⁸

Los selladores utilizados para obturaciones convencionales muestran una dependencia significativa entre el sello apical y la sequedad del conducto radicular. La sequedad intraconducto no es obligatorio cuando se utiliza MTA



ya que puede endurecer y formar una barrera aún cuando está en contacto con agua o sangre.⁷⁹

La amalgama, IRM, gutapercha, hidróxido de calcio, cavit, hidroxiapatita, ionómero de vidrio, Super EBA han sido empleado para sellar las vías de comunicación entre el conducto radicular y la cavidad oral, así como los tejidos perirradiculares. Las principales desventajas de estos materiales incluye microfiltración variación del grado de toxicidad y la sensibilidad por la presencia de humedad.⁸⁰

Basado en los resultados que obtuvieron en su estudio Main y cols. (2004) de 16 casos de perforaciones tratados con MTA concluyeron que MTA es un excelente material de reparación de perforaciones en varios niveles de la raíz. La comparación de los resultados de este reporte con los resultados de perforaciones tratados con otros materiales muestran un muy buen pronóstico de dientes reparados con MTA.⁸¹

Yildirim y col. (2005) investigó la respuesta histológica del MTA y Super EBA cuando se usa para la reparación de perforaciones de furcación en los dientes de perro. Los autores concluyeron que el MTA creó menos inflamación que Super EBA; los especímenes de MTA demostraron la reparación con nueva formación de cemento en el área de perforación mientras que los tratados con Super-EBA no mostraron reparación ni formación de cemento.⁸²

Sin embargo el tratamiento de perforaciones, con comunicación a la flora oral a través de una bolsa periodontal, presenta una variedad de problemas. Aunque MTA ofrezca un grado alto de la compatibilidad al ligamento periodontal no hay evidencia de fijación al epitelio ni la fijación gingival. Por lo tanto, debe ser asumido que estas áreas tendrán contacto constante con la



flora oral y con el MTA y que será contaminado continuamente. El desarrollo de placa subgingival podría ser promovido debido a la superficie áspera del MTA.⁸³

Una reparación en el tercio cervical de la raíz o en el piso de la cámara pulpar ha tenido un pronóstico más pobre que uno en el tercio apical o tercio medio. Las perforaciones de furca han tenido un pronóstico menor a causa de su cercanía al medio oral, por lo que puede causar un defecto periodontal. Si la región perforada es expuesta a contaminantes bacterianos del medio oral por un periodo largo puede tener como resultado destrucción del hueso y finalmente la pérdida del diente.⁸⁴

Para que el tratamiento sea exitoso, la superficie de la raíz debe ser obturada para permitir la reparación del ligamento periodontal y prevenir la filtración bacteriana.⁸⁵

2.6 RESORCIÓN

Resorción radicular externa

Causada por una agresión a la superficie radicular externa. La agresión causa la lesión del aparato de sostén. Los subproductos de esta lesión mecánica estimulan la respuesta inflamatoria. La curación depende de la tensión de la lesión inicial.⁴⁸

Puede ocurrir en dientes con pulpa necrótica, conductos infectados, heridas, traumas, movimiento de ortodoncia, cirugía dento alveolar, tratamiento periodontal y blanqueamiento interno. Un estudio realizado por Pace y cols. muestran un caso de resorción invasiva externa en un paciente masculino de



19 años con antecedente de fractura coronal en el diente 21. Posteriormente a los dos años refirió sensibilidad dentinaria y dolor a las pruebas térmicas de calor y frío. El diagnóstico fue pulpitis irreversible con clase avanzada de resorción cervical; para el tratamiento limpiaron el conducto y llenaron la cavidad del acceso con MTA gris y sello temporalmente; a los de 3 días fue restaurado. Después de dos seguimientos radiográficos de 4 años revelaron el crecimiento del hueso marginal de la cresta en la superficie en contacto con MTA. El éxito reportado fue de un 78%.

El objetivo básico de tratar la resorción externa es la eliminación completa del tejido reabsorbido y la restauración del área de defecto.⁸⁶

Resorción radicular interna.

Caracterizada por una resorción de la cara interna de la raíz por células gigantes multinucleares adyacentes al tejido granulomatoso de la pulpa dental. La resorción radicular ocurrirá solo cuando existe una pérdida o alteración de la dentina y la capa de odontoblastos. Algunos autores (Klein y col.) afirman que es posible que un traumatismo sea el factor que inicia la aparición de la resorción interna.⁴⁸

Por lo general la resorción radicular interna es asintomática y se caracteriza por un agrandamiento ovalado del conducto radicular.⁴⁸

El tratamiento para las resorciones internas pueden incluir varios materiales como gutapercha, óxido de zinc y eugenol y amalgama. Sin embargo estos materiales no proporcionan fuerza a la estructura del diente y pueden ser responsables de decoloración considerable del diente.

Para estos casos un material ideal es el MTA por su capacidad de reparación, de sellado y fuerza mecánica así como también ha demostrado su aplicabilidad en ambientes mojados.⁸⁷



2.7 BARRERA CORONARIA

Debido a que el MTA provee un sellado efectivo en contra de la penetración de colorantes y bacterias y de sus metabolitos como endotoxinas, se puede utilizar como material de barrera coronaria, después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno. Para estas aplicaciones se coloca de 3 a 4 mm de MTA en la cavidad preparada. Colocar una bolita de algodón mojada encima de la mezcla y llenar el resto de la cavidad con un material temporal. Decir al paciente que no utilice ese lado para masticar de 3 a 4 horas.^{88,30}

La pérdida del sello coronal proporciona una ruta para la recontaminación bacteriana de dientes tratados endodóncicamente. Una falta de sellado coronal puede llevar al fracaso endodóncico. La microfiliación coronal quizás sea la mayor causa de fracaso endodóncico. Una variedad de materiales ha sido utilizados para producir una barrera coronal, uno de estos materiales es el MTA.⁸⁹

Cummings y Torabinejad (1995), realizaron un estudio con la finalidad de comparar la efectividad del MTA, IRM y fosfato de zinc como barrera de aislamiento para prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Los resultados muestran que el fosfato de zinc presentó significativamente mayor filtración que el IRM o el MTA y el MTA tuvo menor filtración entre los materiales estudiados. Basados en estos resultados, el MTA se puede utilizar como una barrera de aislamiento para el blanqueamiento interno.⁸⁹

Snider y cols. realizaron un estudio en perros para evaluar el efecto del sellado coronario sobre la formación de lesiones periapicales. Noventa y seis conductos radiculares de premolares inferiores y superiores se



instrumentaron y dividieron en 4 grupos. El grupo 1, se obturó el conducto con gutapercha y sellador y los 2 mm coronarios se cubrieron con MTA; en el grupo 2, se obturó el conducto pero no se selló a nivel coronario; en los grupos 3 y 4 no se obturaron los conductos pero a nivel coronario fueron sellados con IRM® y MTA, respectivamente. A las 6, 12 y 24 semanas, se evaluó histológicamente el tamaño de las lesiones y el grado de inflamación se midió morfométricamente y se analizó estadísticamente. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 1 y 4 versus y los grupos 2 y 3. Los autores señalan que los resultados de su estudio muestran la importancia del sellado coronario en el desarrollo de lesiones periapicales.⁹⁰

Es importante resaltar que el MTA presenta una composición química que puede provocar pigmentación de la estructura dentaria, por lo que se recomienda utilizarse en el espacio del conducto y cámara que se encuentren por debajo del margen gingival o de la cresta ósea⁹

2.8 OBTURACION RETROGRADA

Los fracasos endodóncicos ocasionados por transportación, perforaciones, sobre obturación, falta de reparación de una lesión periapical, conducen en ocasiones a la vía quirúrgica. La calidad del material y del sellado apical en una apicectomía mejora con la realización de la obturación retrógrada, evitando el ingreso de bacterias y sus productos hacia los tejidos periapicales.^{91,92}

Mangin y cols. (2003) realizan un estudio para comparar la capacidad de sellado entre el cemento de hidroxiapatita, Super EBA y MTA en donde



llegaron a la conclusión que no existe diferencia significativa entre la filtración observada en los tres materiales cuando es empleado para obturación retrógrada.⁹³

Beltrami y cols. compararon *in vitro* el grado de filtración en obturaciones retrógradas selladas con MTA y Super EBA variando la técnica de obturación retrógrada observando que no existió diferencia estadísticamente significativa sin importar la técnica utilizada.⁹⁴

Los materiales de obturación retrógrada ideales deben, entre otros requisitos, prevenir la filtración bacteriana y sus desechos hacia los tejidos radiculares, ser dimensionalmente estable, así como no verse afectado por la humedad.⁴ En un estudio realizado por Antonio y Juárez (2007), observaron ambas marcas de MTA (ProRoot MTA y MTA Angelus) y Super EBA; el MTA fue superior en las primeras semanas; sin embargo con el paso del tiempo (60 días), no existieron diferencias significativas entre los tres materiales; ambas marcas de MTA presentaron una adecuada capacidad selladora en comparación con el Super EBA, el cual pese a que ocupó el último lugar en orden descendente, se considera clínicamente eficaz y que la filtración que pudiera presentar, no representa gran importancia clínica; sin embargo, otros autores refieren que el MTA posee una adecuada capacidad de sellado en obturaciones retrógradas, comparada con la amalgama y Super EBA .⁹⁵



CONCLUSIONES

- *El MTA es un material que posee excelentes propiedades fisicoquímicas, ideal para las diversas aplicaciones clínicas en las que ha favorecido al órgano dentario y sus estructuras adyacentes.
- *Estimula la formación de un puente de dentina adyacente a la pulpa debido a que genera las condiciones ideales para que se forme.
- *Su actividad antibacteriana esta relacionada a la liberación de iones hidróxido y por su elevado pH.
- *Es el menos citotóxico de los materiales empleados.
- *Es un material biocompatible, no mutagénico, con menor grado de citotoxicidad que otros materiales empleados en endodoncia.
- *Presenta mínima filtración y fragua en presencia de humedad, ésta última propiedad es ideal para trabajar en áreas difíciles de mantenerlas secas.



BIBLIOGRAFIA

1. Camilleri J, Pitt Ford. Mineral Trioxide Aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006;39:747-754.
2. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25:197-205.
3. Santos AD, Moraes JCS, Araújo EB, Yukimitu K, Valerio Filho Wv. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. *Int Endod J* 2005;38:443-447.
4. Schwarz R, Mauger M, Clement D, Walker W. Mineral Trioxide Aggregate: a new material for endodontics. *JADA* 1999;130:967-975.
5. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR. The constitution of Mineral Trioxide Aggregate. *Dental Materials* 2005;21:297-303.
6. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21:349-53.
7. Duarte MAH, Demarchi ACCO, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga SCPH and calcium ion release of 2 root filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 2003;95:345-7.
8. Chaple GAM, Herrero HL, Generalidades del Agregado de Trióxido Mineral (MTA) y su aplicación en odontología *Acta Odont Venez* 2007 Sep; v.45 n.3 Caracas.
9. ProRoot MTA (mineral trioxide aggregate) root canal repair material: instructions Tulsa, OK: Dentsply Tulsa Dental, 2003.
10. Angelus Ind Prod. Odont. Ltda literatura from the manufacturer. Material Safety Data Sheet. Londrina. PR, Brazil: Angelus Ind Prod. Odont. Ltda. 2005



- 11.- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial Effects of some root end Filling materials. J Endod 1995C;21 :403-6.
- 12.- Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of Mineral Trioxide Aggregate for root end filling in dogs. J Endod 1995; 21:603-8.
- 13.- Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of Mineral Trioxide Aggregate. Biomaterials 20(2):167-173, 1999.
- 14.- Holand R, Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé Pfe, Dezan E. Reaccion of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with Mineral Trioxide Aggregate or calcium hydroxide. J Endod 1999;25:161-66.
- 15.-Fridland M, Rosado R. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility an Porosity with Different water-to-powder Ratios. J Endod 2003;29:814-817.
- 16.-Abdullah D, Pitt Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as restorative material. Biomaterials 2002;23: 4001-10.
- 17.-Pérez AL, Spears R, Gutmann JL, Opperman LA Osteoblasts and MG-63 osteosarcoma cell behave differently when in contact with ProRoot MTA and white MTA. Int Endod J 2003;36:564-70.
- 18.-Gartner, A.; Dorn, S. Advances in endodontic surgery. Dent Clin North Am 1992;36:357-79
- 19.- Hong C, Torabinejad M, Kettering J. The effects of three retrofilling material son selected oral bacteria. J Endod 1995;19 (4):200.
- 20.- Diccionario enciclopédico ilustrado. Oceano uno. Ediciones océano. Barcelona 1990.
- 21.- Silva HFD, Andrade V, Méndez G, Medellín RF, Vayela BGM, González BV. Análisis fisicoquímico del Mineral Trióxido Agregado (MTA) por difracción de rayos x calorimetría y microscopia electrónica de barrido. ADM 2000;Vol LVII, No4, julio-agosto, pp 125-131



- 22.- Schmitt DDS Jacob, Lee DDS, FRCD, George Bogen. Multifaceted use of ProRoot™ MTA Root canal Repair Material. *Pediatr Dent* 2001;23(4):326-329.
- 23.- Al-Nazhan, BDS, MSD, Al-Judai. Evaluation of antifungal activity of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 2003;29(12):826,827.
- 24.- Manson-Hing L. An investigation of the roentgen graphic contrast of enamel, dentine and aluminium. *Oral surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:1456-72
- 25.-Laghios C, Benson BW, Gutmann JL, Cutler CW. Comparative radiopacity of tetracalcium phosphate and other root end filling material. *Int Endod J* 2000;33:311-5
- 26.- Lasala. *Endodoncia 4º edición.* Ediciones científicas y técnicas. España 1992.pp 239-272.
- 27.-Shah PMM, Chong BS, Sidu SK, Pitt Ford TR. Radiopacidad of potential root end filling materials. *J Endod.* 1996;81:476-9.
- 28.-Smith B GN, Wright PS, Brown D. *Utilización Clínica de los materiales Dentales.* Editorial Masson S.A. Barcelona.1996. Pag. 6-12.
- 29.-Torabinejad M, Hong, CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J. Endod* 1995; 21:403-6.
- 30.-Miñana GM. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. *RCOE* 2002;7(3):283-289.
- 31.-John C. Wataha. Principles of biocompatibility for dental practitioners. *J Prost Dent.* 2001:203-209.
- 32.-Katao S, Fusayama T. Recalcification of artificially decalcified dog dentin in vitro. *J Dent Res* 1970;49:1061-1067,-Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LSW, Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endod* 2000;26(7):404-406.
- 33.-Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LSW, Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endod* 2000;26(7):404-406.



- 34.-Torabinejad m, Hong CU, Pitt FTR.Kariyawasam S. Tissue reaction to implanted super Eba and Mineral Trioxide Aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. J Endod 1995;21:569-571.
- 35.-Wucherpfenning AL, Green DB. Mineral trioxide vs. Portland cement: two biocompatible filling materials. J Endod 1999;25, 308.
- 36.-Apaydin ES, Shabahang S, Torabinejad M.Hard-Tissue Healing After Application of fresh or Set MTA as Root-End-Filling Material. J Endod 2003; 30:21-24.
- 37.-Sousa C, Loyola AM, Versiani MA, Biffi JCG, Oliveira RP, Pascon EA. A comparative histological evaluation of the biocompatibility of materials used in apical surgery. Int Endod J 2004;37:738-48.
- 38.-Shahi S, Rahimi S, Lotfi M, Reza H, Reza A. A comparative study of the biocompatibility of three root-end filling materials in rat connective tissue. J Endod 2006;32:776-80.
- 39.-Tani-ishii N, Hamada N, Watanabe K, Tujimoto Y, Teranaka T, Umemoto T. Expression of Bone Extracellular Matrix Proteins on Osteoblast cell in the presence of Mineral Trioxide. J Endod 2007;33:836-38.
- 40.-Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of mineral Trioxide aggregate as a retrograde root filling material. J Endod 1993;19:591-5.
- 41.- Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) *versus* high-vacuum (HV) SEM study. Int Endod J 2004;37:325-36.
- 42.-Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF. The adaptation and sealing ability of light cured glass ionomer retrograde filling. Int Endod J 1991;24:223-32
- 43.-Torabinejad M; Rastegar A, et al. Bacterial leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a root end filling material. J Endod 1995;21(3):109-12.
- 44.- Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of Mineral Trioxide Aggregate and other commonly used root-end filling materials. J Endod. 1995;21:295-9.



- 45- Tang H, Morrow JD, Kettering JD.; Torabinejad M. Endotoxin leakage of four root-end filling materials (abstract 42). J Endod (1997); 23: 259.
46. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. J Endod 1994;20(4):159-163.
- 47.- Arens D, Torabinejad M, Repair of furcal perforations with Mineral Trioxide Aggregate. Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod; 1996;82:84-88.
- 48.-Cohen S, Kenneth M, Vias de la pulpa. Novena edición. Editorial Elsevier.España.2008.pp 851-889.
- 49.-Dorland. Diccionario enciclopédico ilustrado de Medicina. Editorial Interamericana McGraw- Hill vol I España. Pag.344
- 50.-Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, Mc Donals F, Mineral Trioxide Aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. J. Biomed Mater Res 1997;37:432-9.
- 51.-Osorio RM,Hefti A, Vertucci FJ, Shawley AI. Cytotoxicity of endodontic materials. J Endod 1998;24:91-6
- 52.-Keiser K, Johson C, Tipton D. Cytotoxicity of Mineral Trioxide Aggregate using Human Periodontal Ligament Fibroblast. J Endod. 2000;26(5):288-291.
- 53.-http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/i_a_revision39.html
- 54.-Kettering, J.D, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of Mineral Trioxide Aggregate and other commonly used root end filling material. J Endod 1995; 21:537,538,539.
- 55.-Torabinejad m, Hong CU, Pitt FTR, Kariyawasam S. 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.
- 56.-Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical Basis of the Biologic Properties of Mineral Trioxide Aggregate. J Endod.2005; 31:97-100.



- 57.-Di Giuseppe. Aplicación del Agregado Trióxido Mineral en Endodoncia. Universidad Central de Venezuela 1994 .
- 58.-Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with Mineral Trioxide Aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008; 41:128-150.
- 59.-Kakehashi S, Stanley HL, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposure on dental pulps in germ free and conventional laboratory rats. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol.*1965; 20:340-9.
- 60.-Baume LJ. The biology of pulp and dentine. In: Meyers HM. Ed. *Monographs in Oral Science*, vol. 8, Basel, Switzerland: S. Krager AG,1980.67-82.
- 61.-Schröder U. Effects of calcium hydroxide-containing agent on pulp cell migrations, proliferation and differentiation. *J Dent research.*1985;64,541-8.
- 62.-COX CF, Keall CL, Keal HJ,Ostro E, Bergenholtz G. Biocompatibility of surface-sealed dental materials against exposed pulp. *Prosthet Dent* 1987;57:1-8.
- 63.-Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasan SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *JADA.* 1996;127:1491-8.
- 64.-Fuks AB Pulp therapy for the primary and Young permanent dentitions. *Dental clinics of Nort American* 2000. 44:571-96.
- 65.-Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis S, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) in short-term capping experiments.2002;35:245-254.
- 66.-Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008;41, 128-150.



- 67.-Tuna D, Olmez A. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *Int Endod J* 2008;41,273-278.
- 68.-Contreras MF, Sáez S, Bellet LJ. Pulpotomía con MTA en molares primarios: propósito de un caso. *DENTUM* 2007;7 (4): 168-174.
- 69.-Agamy HA, Bakry NS, Mounir MMF, Avery DR. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and Formocresol as Pulp-capping agents in Pulpotomized Primary Teeth. *Pediatr Dent* 2004;26:302-8.
- 70.-Maroto EM, Barbería LE, Planell DPP. Estudio clínico del Agregado Trióxido mineral en pulpotomía de molares temporales: estudio piloto a 15 meses. *RCOE* 2004; 9(1): 23-30
- 71.-Leonardo LM. Endodoncia tratamiento de conductos radiculares/principios Técnicos y biológicos. Editorial Medica Panamericana Argentina 1994;Vol.2 pg.1096,1097.
- 72.-Pitt Ford, Torabinejad M, Abedi HR, Blakland, Kariyawasam SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent. Assoc* 1996;127:1491-4.
- 73.-Felippe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of Mineral Trioxide Aggregate on the apexificación an periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39:2-9.
- 74.-Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of Mineral Trioxide Aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J* 2007;40:186-197.
- 75.-Hashem AAR, Hassanien EE. ProoRoot MTA, MTA-Angelus and IRM Used to Repair Large Furcation Perforations: Sealability Study. *J Endod* 2008;34:59-61
- 76.-Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Med Surg Oral Med Oral Pathol.*1962;15;603-11



- 77.-Pitt F, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of Mineral Trioxide Aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol Oral Radiol and Endod.* 1995;79:756-62.
- 78.-Nakata T, Back K, Baumgartner J. Perforation repair comparing Mineral Trioxide Aggregate and Amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod* 1998 24:184-6.
79. Hosoya N, Nomura M, Yoshikubo A, Arai T, Nakamura J, Cox CF. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod* 2001; 27:281-4.
- 80.-Abdullah D, Pitt Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002; 23:4001-10
- 81.-Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using Mineral Trioxide Aggregate: a long-term study. *J Endod* 2004; 30:80-3
- 82.-Yildirim T, Gencoglu N, Firat I, Perk c, Guzel O. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or Super EBA in dogs teeth. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.* 2005.100:120-4
- 83.-Bargholz C. Perforation repair with Mineral Trioxide Aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J* 2005;38:59-69.
- 84.-Pineda MME, Silva I, Doris Salcedo MD, Castro R, Teran CL, Ortiz CE, Ochoa TJ, Gaitán VJ, Watanabe VR. Uso del Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. *Odont Sanmarquina* 2007;10(1):21-24.
- 85.-Hashem AAR, Hassanien EE. ProoRoot MTA, MTA-Angelus and IRM Used to Repair Large Furcation Perforations: Sealability Study. *J Endod* 2008;34:59-61
- 86.-Pace R, Giuliani V, Pagavino G. Mineral Trioxide Aggregate in the treatment of external invasive resorption: a case report. *Int Endod J* 2008;41:258-266.



- 87.-Jacobovitz M, de Lima RKP. treatment of inflammatory internal root resorption with Mineral trioxide aggregate: a case report. *Int Endod J* 2008;41:905-912.
- 88.-Tang H.; Morrow JD.; Kettering JD.; Torabinejad M. Endotoxin leakage of four root-end filling materials (abstract 42). *J Endod* 1997; 23: 259
- 89.-Cummings G, Torabinejad M, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as an isolating barrier for internal bleaching . *J. Endod.*1995;21:228.
- 90.-Snider D, Torabinejad M, Tang H-M, Bakland LK. Effect of canal obturation and/or coronal seal on success of root canal therapy. *J Endod* 1999; 25 (4): 294.
- 91.-Kim S. Microcirugia endodóntica. En: Cohen S, Burns RC. *Endodoncia, las vías de la pulpa*. 5ª Ed México: Elsevier Science Mosby;2002,p. 714-19.
- 92.-King KT, Anderson RW, Phashley Dh, Pantera EA Jr. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofilling. *J Endod* 1990;16(7): 307-10.
- 93.-Mangin C, Yesilsoy C, Nissan R, Stevens R. The Comparative Sealing Ability of Hdroxyapatite Cement, Mineral Trioxide Aggregate, and Super Ethoxybenzoic Acid as Root End Filling Materials. *J Endod* 2003;29:261-264.
- 94.-Beltrami GS, Bramante CM. Avaliacao in vitro da capacidades seladora do Super EBA e do MTA em quatro técnicas de obturacao retrograda. *Rev Fac Odont Bauru* 2002;10(3):170-8.
- 95.-Antonio AH, Juárez BN. Capacidad selladora del ProRoot MTA, MTA Angelus y Super EBA en obturaciones retrògradas, empleando el sistema de filtración de fluídos (estudio in vitro). *Rev Sanid Milit Mex* 2007;61(4)244-250.