

GENERALIDADES DEL AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL (MTA) Y SU APLICACIÓN EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA

Recibido para arbitraje: 31/01/2006

Aceptado para publicación: 15/03/2006

- **Dr. Alain M. Chaple Gil:** Odontólogo General de la Facultad de Estomatología de La Habana. Cuba "Raúl González Sánchez"
- **Dra. Lien Herrero Herrera:** Odontólogo General de la Clínica Estomatológica del Policlínico Docente "Pedro Fonseca", La Habana. Cuba

Resumen

La regeneración del tejido dental y de sus tejidos de sostén son factores que proporcionaron la realización de este trabajo, en el que presentamos de forma concreta una visión general y actual de lo que puede lograrse utilizando el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. Se realizó una revisión y compilación de la literatura disponible del tema en revistas extranjeras y en Internet. El MTA es un derivado del cemento Pórtland, fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Lee, Torabinejad y sus colaboradores.

El MTA, es utilizado principalmente en obturaciones retrogradas en la realización de apicectomías y como una barrera aislante que permite la restauración de un diente cuando se ha hecho una comunicación con el periodonto ante tratamientos estomatológicos. Investigaciones lo señalan como un material ideal en diferentes procedimientos odontológicos. Se describe en este artículo la composición, propiedades químico-físicas, ventajas y desventajas que nos proporciona y las indicaciones en diferentes problemáticas clínicas en las que ha tenido resultados según la literatura existente desde la aparición del mismo en la práctica odontológica.

Palabras Clave: MTA, Agregado de Trióxido Mineral, Endodoncia, recubrimientos, regeneración de tejido, comunicación, apicectomía, apicoformación.

Introducción

Los materiales dentales han sido parte importante en el diario evolucionar de la estomatología y gracias a los grandes adelantos tecnológicos y bioquímicos, se ha logrado una generación de nuevos elementos con mejores propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las apicectomías y la colocación de retro- obturaciones se han realizado desde mediados del siglo XVIII (1) y aunque se han estudiado muchos materiales como la amalgama, los cementos de Óxido de Zinc mejorado, gutapercha, el oro, las resinas, cementos zinquenólicos mejorados, los ionómeros de vidrio y los cementos a base de fosfato calcio en un esfuerzo para encontrar un material de obturación ideal, aún no existe aquel que logre reunir todos estos requisitos que se requieren para poder llevar a cabo la estomatología moderna.

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. Dentro de los diferentes materiales que se han empleado para este propósito se encuentran: Amalgama, Cemento de óxido de Zinc y Eugenol, Cemento de Oxifosfato de Zinc, Gutta- percha, cementos zinquenólicos mejorados, Ionómeros de vidrio, Hidróxido de Calcio, Agentes de enlace, cementos de Óxido de Zinc mejorados, Hidroxiapatita y, finalmente Agregado de Trióxido Mineral o Mineral Trioxide Aggregate de donde provienen sus siglas (MTA), y que fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Lee, Torabinejad y colaboradores. (2)

Los materiales que se mencionan anteriormente, han sido utilizados para la reparación de procesos radiculares, especialmente en perforaciones laterales y mas tarde estos han sido probados y comparados con el MTA tanto in Vitro como in vivo.

Estudios realizados demuestran que siendo el MTA un derivado del cemento Pórtland comparte los mismos componentes principales como el calcio, fosfato y sílice. (3)

El agregado de trióxido mineral (MTA) ha sido estudiado ampliamente como material para sellar las comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos perirradiculares. Sus propiedades han sido evaluadas in vitro e in vivo en la bibliografía, pero todavía no existen estudios ni resultados a largo plazo. Lo que si se sabe es que este material a corto plazo resulta muy prometedor para determinadas indicaciones. Los estudios disponibles parecen demostrar que este material es

prometedor para utilizarse tanto en perforaciones radiculares como en obturaciones retrógradas y en el tratamiento de exposiciones pulpares, gracias a que tiene la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, pH alcalino y que no favorece la inflamación. (4, 5)

El MTA recibió su aprobación por U.S. Food and Drug Administration (Administración o Federación de Drogas y Alimentos de Estados Unidos) en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental por Lee y Cols en 1993, el MTA ha sido utilizado en aplicaciones tanto quirúrgicas como no quirúrgicas. (6)

Composición

El MTA es un polvo que consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura.

El material MTA está compuesto principalmente por partículas de:

- Silicato tricálcico
- Silicato dicálcico
- Aluminato férrico tetracálcico
- Sulfato de calcio dihidratado
- Óxido tricálcico y
- Óxido de silicato

Además de una pequeña cantidad de óxidos minerales, responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado. Se le ha adicionado también óxido de bismuto que le proporciona la radio- opacidad. (7, 8)

Componentes fundamentales del MTA

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 %	Oxido de Bismuto: Bi_2O_3
4,4 %	Sulfato de calcio dihidratado: $\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$ Sílica cristalina
0,6 %	Residuos insolubles Oxido de calcio Sulfato de potasio y sodio

Propiedades físico-químicas del MTA

El tiempo de fraguado del material está entre tres y cuatro horas. El MTA es un cemento muy alcalino, con un pH de 12,5, tiene una fuerza compresiva baja, baja solubilidad y una radio- opacidad mayor que la dentina.

Además el MTA ha demostrado una buena biocompatibilidad, un excelente sellado a la microfiltración, una buena adaptación marginal y parece que reduce la microfiltración de bacterias. (4, 7, 9- 15)

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. (3, 4, 10)

Valor del 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 en vista que el MTA presenta, un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, por lo que puede posibilitar efectos antibacterianos y luego de aplicar esta sustancia como material de obturación apical, probablemente, este pH pueda inducir la formación de tejido duro. (4, 9, 15)

Radio- opacidad

La medida de radio- opacidad del MTA es de 7.17 mm equivalente al espesor de aluminio. Entre las características ideales para un material de obturación, encontramos que debe ser más radio- opaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en una cavidad. En cuanto a la radio- opacidad de materiales de obturación retrógrada, se encontró que la amalgama es el

material más radio- opaco (10mm equivalentes al espesor del aluminio). La radio- opacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14mm, IRM 5.30mm, Super-EBA 5.16mm, MTA 7,17mm y la dentina 0.70mm. Por lo que le MTA es más radio- opaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible sobre las radiografías. (4, 10)

Tiempo de endurecimiento

La hidratación del MTA resulta en un gel coloidal que solidifica de 3 a 4 horas, las características del agregado dependen del tamaño de la partícula, de la proporción polvo líquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido. (4)

La amalgama ha sido el material que muestra el tiempo de endurecimiento más corto y el MTA el más largo. Se considera preferible que el material utilizado ya sea para el sellado de perforaciones, o como obturación retrógrada endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad sin sufrir una contracción significativa. (4, 5)

Resistencia compresiva

La resistencia compresiva es un factor importante para considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soporte cargas oclusales. Debido a que los materiales de obturación apical no soportan una presión directa, la resistencia compresiva de estos materiales no es tan importante, como en los materiales usados para reparar defectos en la superficie oclusal. La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 Mpa (Megapascuales), la cual es comparable a la del IRM y Super-EBA, pero significativamente menor que la amalgama, que es de 311 Mpa. (4, 7)

Solubilidad

La falta de solubilidad es 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.

Los materiales comúnmente utilizados para el sellado de perforaciones y de obturación retrógrada están normalmente en contacto con el fluido del tejido periapical hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o cemento. En términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad concluyen que no se evidencian signos relevantes de solubilidad en agua para el Super-EBA, la amalgama y el MTA, mientras que si se observan para el IRM. (4, 7)

Manipulación

El polvo de MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente 1gr por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta o en papel con una espátula de plástico o metal. Si el área de aplicación está muy húmeda se puede limpiar con una gasa o algodón. El MTA requiere humedad para fraguar; por lo que al dejar la mezcla en la loseta o en el papel se origina la deshidratación del material adquiriendo una textura seca. (14)

Adaptación marginal

Un material de obturación ideal debe adherirse y adaptarse a las paredes de la dentina. En este sentido, Torabinejad y col. (1993), realizan 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 tamaño y la profundidad de las brechas varían entre la amalgama y el cemento Super-EBA. Las cavidades apicales obturadas con amalgama, tienen un grado mas bajo de adaptación a las paredes dentinarias; por el contrario, con el MTA se observa la mayor adaptación y menor cantidad de brechas; presentando también el MTA un significativo menor grado de microfiltración. (6)

Stabholz y col. (1985) 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. (4, 6, 12, 15)

Microfiltración

Cuando un tratamiento no quirúrgico fracasa en la reparación de una lesión periapical de origen endodóntico o el retratamiento es contraindicado, el tratamiento quirúrgico es necesario. Este tratamiento consiste en la exposición del ápice involucrado, apicectomía, preparación de la cavidad y la obturación retrógrada de ésta. Las cavidades deben ser obturadas idealmente con sustancias biocompatibles que prevengan el egreso de potentes contaminantes a los tejidos periapicales. (6, 15)

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

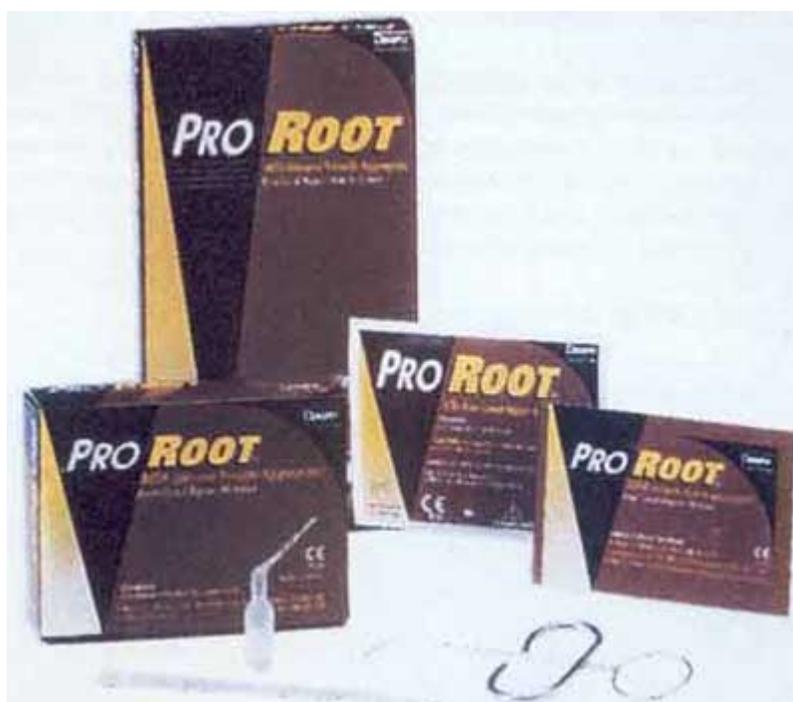
En un estudio in Vitro se determinó el tiempo necesario para que el Staphylococcus epidermidis penetre 3 mm de espesor en la amalgama, Super-EBA, IRM y MTA cuando se utilizan como materiales de obturación retrógrada. La mayoría de las muestras que fueron obturadas con amalgama, Super-EBA, o IRM comienzan a filtrar desde los 6 hasta los 57 días. En

contraste la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el 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. La capacidad selladora del MTA es probablemente debida a su naturaleza hidrofílica y su poca expansión cuando endurece en un ambiente húmedo. (12, 13, 15)

Presentación y preparación del MTA

El MTA está comercializado por Maillefer-Dentsply (Ballaigues, Suiza) bajo el nombre ProRoot MTA® y viene presentado en sobres herméticamente sellados que contienen el polvo del MTA. El ProRoot adjunta unas pipetas con agua estéril.

El MTA debe prepararse inmediatamente antes de su utilización. El polvo se mezcla con agua estéril en una proporción 3:1 en una loseta de vidrio para dar una consistencia que sea manejable (14). Algunos autores utilizan solución anestésica en lugar de agua estéril (5). Una vez el material haya cogido una consistencia adecuada, puede ser aplicado usando un transportador o porta-amalgamas pequeño. El MTA requiere para su fraguado la presencia de humedad. Se puede condensar por medio de una bolita de algodón húmeda, una punta de papel o un atacador pequeño. Después de abrir un sobre de MTA, el polvo no utilizado, se puede guardar en un bote con cierre hermético, para su futura utilización en otros tratamientos. El inconveniente principal del MTA es su difícil manejo, por lo que se requiere práctica. (7)



Indicaciones Clínicas del MTA

Recubrimientos pulpaes y pulpotomías

El recubrimiento pulpar y la pulpotomía sólo están indicados en dientes con ápices inmaduros cuando se expone la pulpa, y se quiere mantener su vitalidad. Estos tratamientos están contraindicados si existe sintomatología de pulpitis irreversible. (16)

La reparación de las exposiciones pulpaes no dependen del material de recubrimiento, pero sí está relacionado con la capacidad de estos materiales para evitar la filtración bacteriana, y por otro lado también depende de las condiciones de asepsia en las que se realiza este tipo de procedimientos. En algunos estudios, el MTA ha demostrado prevenir la filtración bacteriana, además de tener un alto grado de biocompatibilidad, por tal motivo ha sido usado como material de recubrimiento directo en pulpas expuestas mecánicamente en monos.

Los resultados de estos estudios demuestran que el MTA estimula la formación de un puente de dentina adyacente a la pulpa. La dentinogénesis del MTA se puede deber a su sellado, biocompatibilidad, alcalinidad o posiblemente otras propiedades asociadas a este material. (14, 16)

Terapia en pulpas no vitales (Apexificación)

La creación de una barrera apical con MTA está indicada en dientes con pulpas necróticas y ápices abiertos. Varios materiales (hidróxido de calcio, fosfato tricálcico, colágeno, fosfato de calcio, etc.) se han empleado anteriormente como barrera apical, para que la gutapercha pueda condensarse, y así prevenir una posible extrusión de material durante el tratamiento de dientes con el ápice abierto.

Después de una primera cita en la que realizamos la limpieza y conformación del conducto, colocamos hidróxido de calcio durante 7 a 14 días para ayudar a la desinfección y limpieza.

En la segunda cita, eliminamos el hidróxido de calcio, y secamos el conducto con puntas de papel. Si lo consideramos necesario, se puede colocar una matriz, para evitar una sobreobturación del MTA. Para ello se pueden utilizar materiales biocompatibles como son: colágeno absorbible (CollaCote, Calcitek, Plainsboro, NJ, EE.UU.), hidroxiapatita, polvo de hidróxido de calcio, etc.

El MTA se transporta al conducto por medio de un porta-amalgamas, y se condensa suavemente hasta crear unos 3-4 mm de barrera apical. La barrera se comprueba radiográficamente. Si no conseguimos el resultado esperado, conviene lavar con agua estéril para retirar el MTA, y volver a intentar el procedimiento. Si nos parece apropiada la barrera apical de MTA, colocamos una bolita de algodón húmeda en el conducto junto al MTA, y sellamos la apertura con una obturación provisional.

En una tercera cita se quita el provisional (como mínimo tres o cuatro horas después), se obtura el resto del conducto con gutapercha o composite y se coloca el material de obturación permanente. (7, 14)

El MTA puede, por tanto, utilizarse como barrera apical en dientes con ápices inmaduros y pulpa necrótica. Este material estimula la formación de tejido duro sin producir inflamación en el área adyacente al ápice de las raíces inmaduras. (7, 17, 18)

Reparación de perforaciones dentales

Las perforaciones dentales pueden ocurrir durante el procedimiento endodóntico o en la preparación para postes y también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radicales. La reparación de la perforación después de un procedimiento accidental o como consecuencia de una reabsorción interna puede ser realizada intracoronalmente o mediante un procedimiento quirúrgico. (13)

La reparación de las perforaciones se puede intentar de forma quirúrgica o no quirúrgica. Los factores que afectan al pronóstico son el tamaño de la perforación, el daño al hueso y ligamento, el tiempo entre la perforación y la reparación, la habilidad para conseguir un sellado hermético, y si la perforación es supraósea o infraósea. Muchos materiales se han utilizado para la reparación de perforaciones como son la gutapercha, hidroxiapatita, la amalgama de plata, el ionómero de vidrio, el composite, el Super EBA® (Harry J. Bosworth, EE.UU.), el Cavit® (ESPE, Seefeld, Alemania) o el hidróxido de calcio. (7, 13)

El MTA fue evaluado experimentalmente para reparar perforaciones de furca en dientes de perro. Se observó que en ausencia de contaminación la respuesta del tejido fue caracterizada por una ausencia de inflamación y por la formación de cemento en la mayoría de los dientes estudiados. Igualmente algunos autores han reportado resultados en casos clínicos de dientes humanos en la reparación de perforaciones de furca con MTA, y observaron que este material permite la reparación de hueso y la eliminación de síntomas clínicos. (19)

Cuando sellemos una perforación, hay que evitar la extrusión de material a los tejidos perirradiculares. Una matriz interna (20) nos proporciona biocompatibilidad y control del material restaurador, evitando la sobre o subobturación del MTA en la perforación. Se pueden utilizar con este fin materiales biocompatibles como son: colágeno absorbible (CollaCote, Calcitek, Plainsboro, NJ, EE.UU.), hidroxiapatita, polvo de hidróxido de calcio, etc. La matriz se utilizará en perforaciones mayores de un milímetro. El procedimiento clínico depende de la localización de la perforación: (7)

- En el caso de una perforación en la furca:
Primero, anestesiarse y aislar. Limpiamos la zona con NaOCl o suero salino. En caso de perforaciones que tienen largo tiempo de estar expuestas, existe la posibilidad de que se encuentren contaminadas, por lo que el hipoclorito de sodio se deberá dejar en el sistema de conductos radicales por un par de minutos, a fin de desinfectar el sitio de la perforación. Se localizan los conductos y la perforación. Primero se procede a la instrumentación y obturación, para después reparar la perforación; o bien primero se puede reparar la perforación y luego instrumentar y obturar los conductos.

Si es necesario, se coloca una matriz interna antes del MTA. Mezclamos el MTA con el agua estéril y lo colocamos en la perforación con un porta-amalgamas pequeño. Tras la reparación se coloca una bolita de algodón húmeda junto al MTA, y se sella la apertura con una obturación provisional. Luego, se retira el provisional (como mínimo tres o cuatro horas después) en la siguiente cita para poner el material de obturación permanente. (5- 7, 14, 20)

- En el caso de una perforación en el tercio apical de la raíz:
Estudios histológicos han reportado que pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos

periodontales inducen cementogénesis. Ente estos materiales se incluye el MTA. (21)

El MTA se debe de colocar para formar un tapón apical de tres a cinco milímetros. Se coloca con un porta-amalgamas muy pequeño. Después se coloca una bolita de algodón húmeda, y se sella la apertura con un provisional. En la siguiente cita (mínimo tres o cuatro horas después) se obtura el resto del conducto con gutapercha y cemento sellador. Al final, se coloca un material de obturación permanente. (7, 14, 18)

- *En la reparación de una reabsorción interna perforante:*

Varios estudios in vitro e in vivo, han demostrado que el MTA es un material adecuado para la reparación de las perforaciones radiculares laterales o furcales. (22, 23)

Primeramente procedemos a la limpieza y conformación del conducto. Utilizando NaOCl durante la preparación, e hidróxido de calcio entre citas, ayudamos a limpiar el defecto y a la vez disminuir el sangrado. En la próxima cita, se retira el hidróxido de calcio, y se procede a la realización de la obturación con gutapercha y cemento el conducto, dejando el defecto, en el que se coloca el MTA. Para que fragüe el MTA, colocamos encima una bolita de algodón húmeda. En la siguiente cita, eliminamos la bolita de algodón, y procedemos a la obturación permanente. (14, 18)

Barrera durante el blanqueamiento dental

El blanqueamiento interno de los dientes puede causar resorción externa radicular. Ningún material es capaz de prevenir la filtración de los agentes blanqueadores (24). 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. (13, 18)

Se realizó un estudio con la finalidad de comparar la efectividad del MTA, IRM, y fosfato de Zinc (ZnPO₄) como barreras de aislamiento para prevenir la filtración de los agentes blanqueadores.

Los resultados muestran que el Fosfato de Zinc (ZnPO₄) 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. (13)

Las indicaciones para el uso del Pro Root (el producto comercial de MTA conocido en el mundo) dice que la composición química del mismo puede provocar una pigmentación de la estructura dentaria, por lo que se recomienda utilizarse en el espacio del conducto y cámara pulpar por debajo del margen gingival o de la cresta ósea (Prospecto del ProRoot MTA, Tulsa Dental)

Se está estudiando una fórmula de MTA de color blanco, para evitar este tipo de situaciones. (7, 18)

Otros usos

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

Como material de obturación temporal, se coloca una torunda de algodón en la cámara pulpar, y se rellena el resto de la cavidad de acceso con MTA colocando una gasa húmeda entre la superficie oclusal del diente y el diente adyacente.

Se le debe informar al paciente que no debe morder por ese lado de 3 a 4 horas y posteriormente remover los excesos de MTA con una fresa redonda en la próxima cita. (7, 14)

Para la reparación de una fractura vertical, se debe remover el material de obturación del diente y se deben unir las superficies internamente con resina. Después de levantar un colgajo o de extraer el diente para un reimplante intencional se debe hacer una cavidad sobre toda la superficie de la fractura con una fresa pequeña bajo irrigación constante.

Se debe colocar el MTA sobre la superficie, se debe cubrir con una membrana reabsorbible y luego suturar el colgajo. Para mejorar el pronóstico en estos casos el paciente debe ser instruido para seguir una higiene oral meticulosa. A pesar del éxito en algunos casos en la reparación de fracturas verticales, el uso de MTA en casos donde está en contacto directo con la cavidad oral por un período largo de tiempo es impredecible. Esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido. (7, 14, 18)

Conclusiones

Existen gran cantidad de materiales dentales de uso en endodoncia, los cuales se clasifican de acuerdo al uso clínico y composición. Cada uno tuvo que cumplir una serie de requisitos para su aprobación y que aún en las pruebas más rigurosas hay un margen de tolerancia, ya que todavía no existe el material que se considere como ideal.

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

Este se ha estudiado in vitro e in vivo pero no existen estudios ni resultados a largo plazo. Lo que se sabe es que a corto plazo resulta muy prometedor para determinadas indicaciones.

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

Referencias Bibliográficas

1. C. Mangin, Yesilsoy et al. The comparative sealing ability of hydroxyapatite cement, mineral trioxide aggregate, and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. (2003) J. Endod. Philadelphia, 29(4):261-4
2. Torabinejad M, Pitt FT et al. Use of mineral trioxide aggregate or repair of furcal perforations. (1995) Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod: London, England, 79(6):756-63
3. Campos Q I, Llamosas et al. Evaluación de la biocompatibilidad del cemento Pórtland implantado en tejido conectivo subepitelial de ratas. (2003) Revista ADM, FES Iztacala. 9(2) 45-50
4. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR. Physical properties of a new root end filling material. (1995) J Endodon; 21: 349-53.
5. Scharz S. Richard, et al. Mineral trioxide Aggregate: a new material for endodontics. (1999) JADA, Alaska, USA, 130(7):967-75.
6. Seung-Jong Lee, M. Torabinejad, et al. Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Lateral Root Perforations. (1993) J. Endod, Seoul, Korea,. 19(11):541-4
7. Miñaga Gomez, M. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. (2002) RCOE, vol.7, no.3, p.283-289.
8. Wucherpfennig AL, Green DB et al. Mineral Trioxide vs. Portland Cement: Two biocompatible filling materials. (1999) J. Endodo Tufts School of Dental Medicine,. 25: 308
9. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root-end filling materials. (1995) J Endodon; 21: 403-6
10. Shah PMM, Chong BS, Sidu SK, Pitt Ford TR. Radiopacity of potential root end filling materials. (1996) Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endo; 81: 476-9
11. Torabinejad M, Pitt Ford TR, Abedi HR, Tang HM. Tibia and mandible reactions to implanted root-end fillings materials (abstract 56). (1997) J Endodon; 23: 263
12. 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. (1995) J Endodon; 21: 295-9
13. Tang H, Morrow JD, Kettering JD, Torabinejad M. Endotoxin leakage of four root-end filling materials (abstract 42). (1997) J Endodon; 23: 259
14. Torabinejad M, Chivian N, et al. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. (1999) J. Endod. Loma Linda University, 25(3):197-206
15. Torabinejad M, Rastegar, A, et al. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root end

- filling material. (1995) J. Endod, Loma Linda University, 21(3):109-12.
16. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Backland LK, Kariyawasam SP. Mineral trioxide aggregate as a pulp capping material. (1996) J Am Dent Assoc; 127:1941-4.
 17. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. (1999) J Endodon; 25:1-6
 18. Miñana Gómez M. Utilización del agregado de trióxido mineral como barrera apical en dientes con el ápice abierto. (2000) Rev Esp Endodon; 18:131-9
 19. Holland, R. M Otoboni et al. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. (2001) J. Endod. Sao Paulo, Brazil. 27(4):281-4
 20. Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. (1992) Dent Clin North Am; 36:439-57
 21. Thomson, T., Berry et al. (2003) "Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate". J Endod. State University of New York at Buffalo. 29(6):407-12
 22. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. The sealing ability of the mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. (1993) J Endodon; 19:541-4
 23. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of the mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. (1995) Oral Surg Oral Med Oral Pathol; 79:756-63
 24. Cummings, G.; Torabinejad, et al (1995). "Mineral trioxide aggregate (MTA) as an isolating barrier for internal bleaching". J. Endod. Loma Linda University, 21(4):228