

Indicaciones de agregado de trióxido mineral en odontopediatría

Martínez Olguín Jeraldine Izchel,* Rubí Jiménez José Luis,** Robles Bermeo Norma Leticia,***
Medina Solís Carlo,**** Guerrero Castellón Martha Patricia,***** Robles Navarro Julio B.*****

Resumen

El Trióxido Mineral Agregado (MTA) es utilizado como material de obturación en tratamientos de conductos, de igual forma es empleado como material de elección para dientes temporales y permanentes. En los últimos tiempos ha sido un material de elección por el Odontopediatra, ya que es un material biocompatible, el cual ayuda en la regeneración del tejido al contacto directo con la pulpa y ha sido utilizado en la realización de pulpotomías cuando el germen del diente permanente está ausente permitiendo mayor tiempo de vida en boca del niño, también es usado en lesiones de furca y fracturas dentarias. El MTA ayuda en la estimulación del cierre apical en apexificaciones y pulpotomías parciales en dientes permanentes jóvenes. Las desventajas que posee este material son su alto costo y la manipulación.

Palabras clave: MTA, biocompatibilidad, apicoformación, recubrimiento pulpar, regeneración tisular.

Abstract

The mineral trioxide aggregate (MTA) is used as filling material in root canals, it is used as the material of choice in temporary and permanent teeth. In recent times there has been a material of choice for the pediatric dentist, because it is a biocompatible material, which helps in the regeneration of tissue for direct contact with the slurry and has been used in carrying out pulpotomies when the permanent tooth bud is absent allowing longer life in child's mouth, also it used in furcation involvement and tooth fractures. The MTA helps in stimulating the apical seal in apexifications and partial pulpotomy in young permanent teeth. Disadvantages This material possessing child High Cost and handling.

Keywords: MTA . biocompatibility . apexification . pulp capping . tissue regeneration.

*Alumna del cuarto semestre. Especialidad en Odontopediatría, Universidad Autónoma del Estado de México

**Alumno del cuarto semestre. Especialidad en Odontopediatría, Universidad Autónoma del Estado de México

***Profesor-Coordinador. Especialidad en Odontopediatría, Universidad Autónoma del Estado de México

****Profesor-Investigador. Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

*****Profesor-Coordinador. Especialidad en Odontopediatría, Universidad Autónoma de Nayarit

*****Profesor-Director de la Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México

Correspondencia: Jeraldine Izchel Martínez Olguín. e-mail: keropi_jeralb@hotmail.com

Recibido: Julio 2015 Aceptado: Agosto 2015

Introducción

Un objetivo importante de la Odontología pediátrica es el mantenimiento de la dentición primaria en un estado intacto hasta que los sucesores permanentes erupcionen. La dentición primaria es esencial para el mantenimiento de la longitud de arco, la masticación, la estética y la prevención de hábitos orales anormales.¹

Enfermedades de la pulpa y el trauma de la pulpa pueden llegar a la pérdida de vitalidad, esto no significa que el diente necesita ser extraído; puede ser retenido en la cavidad oral en un estado funcional con un tratamiento adecuado. Esto se logra a través de diversos procedimientos que incluyen recubrimiento pulpar directo e indirecto, pulpotomía, pulpectomía, apicogénesis y apicoformación.¹

En la búsqueda de un material ideal para el sellado de vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y sus tejidos circundantes; además de tener propiedades como baja toxicidad, anticarcinógeno, biocompatible y bioactivo, surge el MTA como material de obturación endodóntica con un gran impacto en las prácticas dentales en todo el mundo durante los últimos 20 años.²

El Agregado Trióxido Mineral, creado en la Universidad de Loma Linda (California), descrito en 1993 por Torabinejad y cols., se aprobó su uso en odontología en 1998 por la FDA (Food and Drugs Administration) y fue lanzado comercialmente en 1999 con el nombre de ProRoot MTA (Dentsply), de color gris, hasta que en 2002 salió

al mercado el MTA blanco, de igual composición³ y patentado en 1995 por Torabinejad y White.^{4,5}

Los componentes del MTA y cemento Portland son los mismos excepto por el óxido de bismuto que es insoluble, añadido para proporcionar radiopacidad.⁶ Este material es bioinductivo, ya que promueve la formación de tejido duro en contacto directo con la pulpa por lo que se propone a éste como material de elección para ser utilizado en dientes primarios y permanentes.⁷ El trióxido mineral agregado (MTA) es un polvo de color blanco. Compuesto por partículas hidrofílicas (tabla I).⁸

Manipulación, fuerza compresiva y radiopacidad

Al hidratar el polvo con agua estéril a una proporción de 3:1 en una loseta de vidrio o de papel con espátula de plástico o metal, se crea un gel coloidal con un pH medio entre 10.2 y 12.5 tres horas después, que solidifica en menos de 4 horas y alcanza una fuerza compresiva de 40 MPa en 24 horas y 67 MPa en 21 días.⁵

Barbería y cols⁹, mencionan que se ha demostrado que al emplear soluciones de 3% y 5% de cloruro de calcio, como lubricante a base de agua o geles de hipoclorito disminuyen el tiempo de fraguado del MTA, sin embargo al mezclar el polvo de MTA con una solución anestésica de lidocaína al 2%, el tiempo de fraguado aumentó y la resistencia a la compresión no fue significativamente afectada.

La medida de radiopacidad del MTA es de 7,17 mm, equivalente al espesor de aluminio y resulta más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible en la radiografía.⁸ La retención del MTA en una cavidad es mayor con el aumento del área de superficie. Se ha observado que, en casos de contaminación con sangre de la dentina radicular la fuerza de retención ha disminuido.¹⁰

En la actualidad existen dos casas comerciales que elaboran el MTA; una de ellas es la casa comercial Dentsply con el nombre comercial de ProRoot, otra casa comercial es Angelus con el nombre de MTA Angelus; de color gris y blanco.¹¹

Tabla I Componentes del MTA

Porcentaje	Componentes
75%	Silicato tricálcico(3CaO-SiO ₂), aluminato tricálcico (3CaO-Al ₂ O ₃), aluminato férrico tetracálcico (4CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃) y silicato dicálcico (2CaO-SiO ₂)
20%	Óxido de bismuto (Bi ₂ O ₃)
4,4%	Sulfato de calcio dihidratado (CaSO ₄ -2H ₂ O) y sílice cristalina
0,6%	Restos insolubles como óxido de calcio, sulfato de potasio y sodio, óxido de magnesio
Fuente: Chaple Gil, AM., Herrero Herrera ⁸	

Efectos biológicos del MTA

La biocompatibilidad es una propiedad que a través del tiempo ha sido demostrada con numerosos estudios en animales in vivo, así como en diversos estudios han identificado que las células se adhieren a la superficie del MTA, lo cual hace suponer que es muy poco o nada citotóxico.¹² Balto en el 2004 demostró que fibroblastos de ligamento periodontal humano estaban bien adheridos y en crecimiento con el MTA.¹⁰

En un estudio realizado en el 2008, demostraron el efecto antibacteriano del MTA, ProRoot Blanco, mostró ligeramente mayor zona de inhibición contra *Streptococcus salivarius* y *Streptococcus sanguis*, en comparación con MTA Angelus blanco.¹³ Estrela y cols. (2000) encontraron que las zonas de inhibición a *S. aureus*, *E. faecalis* y *B.* encontraron que las zonas de inhibición a *S. aureus*, *E. faecalis* y *B. subtilis* fueron idénticas para ambos materiales. Esto indica que a pesar de la ligera diferencia en sus composiciones los cementos MTA, cemento Portland, pasta de hidróxido de calcio, Sealapex y Dycal tienen propiedades similares, son atóxicos y permiten la adhesión celular, lo que significa que la formación de hueso es estimulado.¹⁴

Mirhadi y cols. (2014) concluyeron que un entorno de pH ácido redujo la capacidad de sellado de MTA y cemento de hidróxido de calcio como tapones apicales, después de 30 días.¹⁵ Deus y cols. (2005) evaluaron los efectos citotóxicos de dos marcas de MTA (Angelus[®] MTA y ProRoot[™] MTA) y cemento Portland en células endoteliales ECV 304 resultando que todos los

cementos mostraron inicialmente un efecto citotóxico, que disminuyó gradualmente con el tiempo, permitiendo que el cultivo celular se restableciera.¹⁶

Aplicaciones clínicas del MTA en odontopediatría

- A. Recubrimiento pulpar directo e indirecto
 - B. Apicogénesis en dientes permanentes jóvenes
 - C. Apicoformación o apexificación en dientes permanentes jóvenes
 - D. Pulpotomía de dientes temporales
 - E. Perforación de furca y fractura vertical
- A. Recubrimiento pulpar directo e indirecto

Una exposición pulpar se define como el resultado de los cambios patológicos en el tejido duro de un diente, causado por lesiones cariosas, factores mecánicos o trauma, que produce la susceptibilidad de la pulpa a la invasión bacteriana del ambiente externo. Idealmente la exposición pulpar debe ser tratada de modo que se cure con el tejido duro nuevo, formando un cierre completo de la pulpa. La formación del tejido duro se ha observado después de los distintos procedimientos de recubrimiento pulpar.¹⁷

El recubrimiento pulpar indirecto es el tratamiento de lesiones de caries aguda y profunda, generalmente en pacientes jóvenes, sin exposición pulpar, el estado pulpar es potencialmente reversible cuando no se registra sintomatología.¹⁸ El principal objetivo de este tratamiento es mantener el diente en boca, sin caries y con una pulpa sana, para que esta, realice sus funciones adecuadamente, evitando así el tratamiento de conductos, este tratamiento se realiza con mayor frecuencia en dientes definitivos con pulpa sana o pulpitis reversible, en los que la caries no llegue a la pulpa, pero que ha quedado muy próxima a la misma.¹⁵

El recubrimiento pulpar directo es el procedimiento en el cual la pulpa dental expuesta por fuerzas mecánicas, traumatismo o fracturas coronarias, se recubre con material protector para estimular la formación de una barrera o puente de dentina de reparación.¹⁸ El objetivo de dicho tratamiento es sellar la pulpa contra la filtración bacteriana, estimular la pulpa para separar con una pared el

sitio de la exposición mediante la formación de un puente dentinario, y mantener la vitalidad del tejido pulpar subyacente.¹⁹ El Agregado de Trióxido Mineral es prometedor para utilizarse en el tratamiento de exposiciones pulpares (recubrimiento pulpar), ya que tienen la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, tener un pH alcalino, nula solubilidad, adaptación marginal, microfiltración disminuida y que no favorece la inflamación.²⁰ En un recubrimiento pulpar con MTA se forma una capa odontoblástica y dentina secundaria o de reparación en tres semanas, si la asepsia es adecuada. Permite la formación del puente dentinario más grueso y con mejor sellado que el obtenido con hidróxido de calcio.^{3, 17, 21}

B. Apicogénesis en dientes permanentes jóvenes

Es la terapia de elección en caso de exposición pulpar debido a trauma iatrogénico o caries en dientes que aún no han tenido cierre apical. Procedimiento cuyo objetivo es preservar la pulpa y por tanto permitir el crecimiento fisiológico, engrosamiento de las paredes del conducto y el desarrollo radicular completo de la raíz. El contenido celular rico y la vascularización de una pulpa joven deben respetarse para la defensa y los mecanismos de curación.⁹ Los objetivos principales de la apicogénesis son: conservar el epitelio de Hertwig viable en la envoltura radicular y de esta forma permitir un desarrollo continuo de la longitud radicular para una relación más favorable con la raíz, mantener su vitalidad pulpar, que permita a los odontoblastos remanentes yacer en el fondo de la dentina, producir una raíz más gruesa y disminuir la posibilidad de fractura radicular, promover el cierre del final radicular y que de esta forma cree una constricción apical natural para la obturación de gutapercha y crear un puente dentinario en el lugar de la pulpotomía, aunque el puente no es esencial para el éxito del tratamiento. El éxito de la terapia endodóncica requiere que el ápice esté total y densamente sellado con un material de obturación. Este sellado apical puede realizarse mejor cuando hay una constricción apical adecuada o una zona en forma cónica que disminuye gradualmente hacia apical para permitir las técnicas de condensación.¹⁰

El agregado de trióxido mineral parece tener las características solicitadas que normalmente se les pide a un cemento ideal con el fin de que este sea capaz de sellar cualquier comunicación existente entre los canales de la raíz y la cavidad oral; y al mismo tiempo se garantiza un alta biocompatibilidad en la pulpa radicular.²¹ Meligy y Avery estudiaron el éxito clínico y radiográfico de la pulpotomía en diente permanente con MTA, considerando que es un material que previene la microfiltración, es biocompatible y no reabsorbible, con baja solubilidad y alta fuerza compresiva.^{22,23}

El éxito de la terapia endodóncica

C. Apicoformación o apexificación en diente permanentes jóvenes

El procedimiento de apicoformación fue descrito por Nyger desde 1838, pero no es sino hasta finales de los años 50, que clínicos como Granath en 1959 y Marmasse en 1961, señalaron la apicoformación como una técnica.¹⁹ Se define a la apicoformación como la inducción de formación de una barrera calcificada apical, por medio del ápice abierto, después de una necrosis pulpar, que es la muerte de la pulpa, y se refiere a una condición histológica provocada por una invasión bacteriana al tejido, ya sea a causa de traumatismos o falta de irrigación sanguínea; la necrosis puede ser parcial o total.^{9, 19}

El objetivo de este tratamiento es conseguir el desarrollo radicular y el cierre apical para posteriormente permitir el sellado radicular con gutapercha. Si se intentara el procedimiento endodóntico convencional tras desbridar la pulpa radicular, al tener el conducto radicular forma de arcabuz, sería imposible conseguir el sellado apical.² La técnica de apexificación con hidróxido de calcio siempre ha tenido un éxito y ciertas desventajas.

El tiempo necesario para que el ápice pueda madurar, en ciertos casos es demasiado largo y no se puede programar de antemano.

Se necesita reemplazar regularmente la medicación del conducto, aunque con este procedimiento nos arriesgamos a perder la barrera coronal y contaminar el conducto radicular.⁹ Una de las del MTA es

que induce la formación de tejido duro más frecuentemente y con menor inflamación, reduce el tiempo del tratamiento y se puede hacer la restauración definitivamente inmediatamente, no hay cambios en las propiedades de la dentina. Además de ser un material con propiedades osteoinductoras y osteogénicas.¹²

Los componentes solubles del MTA recién mezclados y del MTA fraguado presentan habilidad para solubilizar proteínas de la matriz de dentina que, potencialmente influyen eventos de respuesta celular para la reparación y regeneración de dentina, además promueve la cicatrización tisular y no provoca inflamación de los tejidos periradiculares.¹⁹

Diversos autores como Aguado en 2009, Abbas en 1995, Koh en 1997, y Torabinejad en 1995 concluyen que el MTA desencadena una reacción del sistema inmune de defensa produciendo células mediadores del sistema inmune capaces de estimular la formación de células formadoras como los osteoblastos y cementoblastos.^{4,23, 24} En el 2010 se reportaron casos donde es usado el MTA como material de elección para apexificación, apicogenesis, pulpotomías y la reparación de perforación de furca. Donde se demostró clínica y radiográficamente el éxito de los tratamientos respectivamente.²⁵

D. Pulpotomías en dientes temporales

La pulpotomía es un procedimiento realizado en un diente con caries profunda adyacente a la pulpa, donde la pulpa coronal se elimina para conservar la totalidad de la pulpa radicular.²⁶ La Academia Americana de Odontopediatría (AAPD), define la pulpotomía "como un procedimiento que implica la amputación de la porción coronal de la pulpa dental afectada o infectada".²⁷

Una amplia gama de materiales tales como: formocresol, glutaraldehído, sulfato férrico, óxido de zinc y eugenol e hidróxido de calcio, se han utilizado durante años para este tratamiento, siendo más popular el formocresol a pesar de su toxicidad y carcinogenicidad, es por ello que se han propuesto varias técnicas alternativas para mantener la vitalidad pulpar parcial.^{28, 29}

El MTA tiene la capacidad de estimular la liberación de citoquinas de las células óseas, lo que indica una formación de tejido duro. También se ha demostrado que tiene propiedades antimicrobianas similares al óxido de zinc y eugenol y sin efecto citotóxico. Maturo (2009) propone el MTA como el material adecuado para ser utilizado en las pulpotomías, ya que algunas características específicas como su biocompatibilidad, su capacidad para endurecerse en entornos húmedos y sus propiedades de sellado determinan el éxito del tratamiento.²¹ Según Eidelman menciona que al comparar el MTA con el formocresol, como agente en pulpotomías de molares primarios con exposición por caries el MTA mostró éxito clínico y radiológico.^{4, 20}

Carlos y cols observaron histológicamente la presencia de puentes dentinarios en dos molares tratados de pulpotomías con MTA cuyas pulpas estaban necróticas. Los autores explican que en estos molares los puentes dentinarios deberán de haberse formado previamente a la necrosis, indicando la existencia de vitalidad pulpar anteriormente, lo que justifica la hipótesis de que los puentes dentinarios se forman como respuesta a una irritación y/o inflamación pulpar o, en alternativa, debido a una estimulación por parte del material aplicado en contacto con la pulpa expuesta.^{8, 17} En cuanto a esta técnica, Maroto y cols. precisan que se puede realizar en una sola sesión, ya que el MTA fragua en presencia de humedad y es aportada por el contacto con la pulpa radicular de la zona de amputación.³ Es considerado éxito clínico de una pulpotomía cuando están ausentes síntomas de dolor espontáneo a la percusión, abscesos y presencia de movilidad no fisiológica; y éxito radiográfico cuando existe ausencia de reabsorción interna y externa, reabsorción de área de furca y de alteración en el ligamento periodontal.³⁰ En un estudio de 126 niños entre cinco y nueve años con caries en dientes primarios que requirieron pulpotomía fueron seleccionados, donde en se utilizó el MTA, posteriormente restaurados con amalgama o ionómero de vidrio. Los dientes de cien pacientes fueron evaluados y comparados clínica y radiográficamente después de tres y seis meses, sin mostrar diferencia significativa en el estado periodontal y radicular.³¹

Otro estudio en el 2011 evaluó el éxito clínico y radiográfico de las pulpotomías realizadas con MTA en un periodo de 48 meses, y en algunos casos hasta su exfoliación. El éxito clínico fue de 99.6%, solo se presentaron dos fracasos. Se encontró formación de puente dentinario a partir de los nueve meses, resultados que coinciden a las anteriores investigaciones expuestas.³² Smith NL y cols, en su investigación concluyeron que mientras la resorción no afecte al hueso adyacente al molar que se le realizó la pulpotomía, este no dará problema clínico. Esto debido a que se presentó obliteración como estrechamiento de los conductos radiculares, comparando las radiografías iniciales con las tomadas en cada periodo de revisión.³²

E. Perforación dentales y fractura vertical

Los accidentes operatorios en la práctica dental son muy variados y tienen diversas causas, algunas de ellas, desafortunadamente, están relacionadas con la falta de experiencia o pericia de los clínicos al realizar los tratamientos, entre estos accidentes, la perforación de las piezas dentales es especialmente grave. Antes del conocimiento de nuevos materiales como es el Trióxido de Agregado Mineral, estos casos estaban condenados en su mayoría a la extracción de la pieza dental.⁴

El objetivo en este tratamiento es mantener los tejidos saludables, sin inflamación o pérdida de la adhesión periodontal. En caso de ya existir lesiones, sería restablecer la salud periodontal en torno al diente perforado, lo cual es muy difícil de lograr con los materiales disponibles.¹⁷

Se ha comparado la capacidad selladora del MTA con la de la amalgama y el IRM para la reparación de perforaciones radiculares laterales, inducidas experimentalmente en dientes extraídos, mostrando que el MTA presenta significativamente menos filtración que el IRM o la amalgama, incluso en casos de sobreobturbación y de subobturbación. Tiene menor tendencia a la sobreobturbación, mientras que el IRM tiene la menor tendencia a la subobturbación.^{4,23} Considerando que las perforaciones están usualmente contaminadas con sangre o fluido tisular, los materiales

convencionales no resultan ideales para la reparación de perforaciones, mientras que el MTA, al tener características hidrofílicas, se ve favorecido por la humedad, que se comporta como un activador en la reacción química con el tejido.²³

Radiográficamente se ha evaluado la reacción tisular de las perforaciones con amalgama y MTA, y se ha demostrado que las perforaciones tratadas con MTA se repararon significativamente mejor que las obturadas con amalgama.²⁶ Histológicamente las lesiones tratadas con amalgama presentan más inflamación y reabsorción ósea que las reparadas con MTA, además de una superposición de cemento sobre el material.²⁶

Procedimiento clínico utilizando agregado de trióxido mineral

Después de anestesiar localmente y aislar con dique de hule, se localiza la zona de la perforación, se debe limpiar cuidadosamente con hipoclorito de sodio diluido o con clorhexidina (se considera que si se realiza una adecuada limpieza con productos antisépticos, se mejoran las condiciones asépticas, evitando la contaminación bacteriana y mejorando así el pronóstico).³³

Después de haber desinfectado el área, se mezcla el MTA con agua estéril y se coloca en la zona de la perforación con un transportador de amalgama. El MTA debe tener una consistencia de pasta blanda que permita un correcto manejo. Se condensa adecuadamente; esto se realiza con un empacador o con una pequeña torunda de algodón húmeda, empujando la mezcla contra la zona dañada. Al terminar de condensar el MTA se sella la cavidad de acceso con material de obturación temporal manteniéndolo un mínimo de tres a cuatro horas. Transcurrido este tiempo, se retira el material provisional y la bolita húmeda de algodón para colocar posteriormente un material de obturación permanente en la preparación de la cavidad de acceso.^{4, 24}

Al colocar MTA en perforaciones con un alto grado de inflamación, el material continúa blando cuando se comprueba en la segunda cita. Esto se

debe a la presencia de un pH bajo, lo que evita un fraguado correcto del MTA. En estos casos, se debe lavar el MTA, y repetir el proceso. Por otro lado, se considera que la extrusión de parte del MTA hacia el periodonto en el lugar de la perforación, no impide la reparación ni el cierre del defecto, pues permite la unión al nuevo cemento formado.^{9, 17, 24} Se debe tener un control postoperatorio con el fin de evaluar los resultados del tratamiento.¹⁷

El conocimiento sobre el manejo y uso de nuevos materiales dentales como el Agregado de Trióxido Mineral, pueden ayudarnos a resolver diversos casos en pacientes odontopediátricos.

El Agregado de Trióxido Mineral es un material dental ideal en la práctica odontológica, por lo que su aplicación en odontopediatría, podría modificar el plan de tratamiento de las diferentes patologías pulpares en dentición temporal. El MTA en la actualidad, es el material óptimo debido a su baja toxicidad, anticarcinógeno, biocompatible y bioactivo. Con respuesta clínica superior y con indicaciones radiográficas biológicamente favorables de la pulpa remanente, sin signos de reabsorción o desplazamiento del material. Dada la frecuencia de perforaciones en furca, fue necesario desarrollar materiales con propiedades físicas y biológicas que permitan la conservación de las piezas dentarias dentro de la cavidad. Siendo el MTA el material idóneo para estas lesiones.

La capacidad de sellado del MTA es superior en comparación con otros materiales dentales utilizados en la práctica odontológica. La formación de dentina reparativa es un signo o consecuencia de procesos de reparación en la pulpa dentaria, sin embargo, hay autores que sugieren que después de un intento inicial de la pulpa para eliminar la agresión el proceso de protección o de reacción puede fracasar originando un fracaso clínico. El MTA puede ser el material dental que reemplaza al formocresol y al hidróxido de calcio según las investigaciones existentes.

Referencias Bibliográficas

- Godhi B, Sood PB, Sharma A. Effects of mineral trioxide aggregate and formocresol of vital pulp after pulpotomy in primary molars: in vivo study. *Contemp Clin Dent*. 2011; 4(2): 296-301.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review, part I: chemical, physical and antibacterial properties. *J Endod*. 2010; 1(36):16-27.
- Aguado J, De la Cruz C.I, Maroto M, Barbería E. therapeutic possibilities of mineral trioxide aggregate: MTA in Pediatric Dentistry *JADA*. 2009; 1(1):185.
- Rodríguez VP, Bolaños LV. Propiedades y usos del MTA en odontopediatría. *Publicación científica, Facultad de Odontología*, 2011; 13: 65.
- Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigations of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod* 1995; 21:603-8.
- Funteas UR, Wallace JA, Fochtman EW. A comparative analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Aust End J*. 2003; 29(1):43-44.
- Shirvani A, Hassanizadeh R, Asgary S. Agregado trióxido mineral vs. hidróxido de calcio en el primer molar pulpotomía: revisión sistemática. *Iran End J*. 2014; 9 (2):84.
- Chaple Gil AM, Herrero Herrera L. Generalidades del agregado de trióxido mineral (MTA) y su aplicación en odontología: revisión de la literatura. *Act Odont Ven*. 2007; 45 (3):36.
- Barbería-Leache E, Boj J, Catalá M, García-Ballesta C, Mendoza A. *Odontopediatría*. 2ª ed. Barcelona: Masson, 2001, pp 33-50.
- Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblast to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J End*. 2004; 1(30): 25-29.
- Contreras Z, Suarez M, Duran Sindreu F, Roig M. Agregado trióxido mineral (MTA) composición, características y aplicaciones clínicas. A propósito de un caso clínico. *Dentum*. 2007; 7(2):75-80.
- Brasil K, De Franceschi, Santangelo M. Uso del pro root MTA en perforaciones dentarias. *Rev Fac Odont (UBA)*, 2009; 24(56):27-30.
- Luczaj-Cepowicz E, Pawińska M, Marczuk-Kolada G, Leszczyńska K, Waszkiel D. The antibacterial activity of two materials of mineral trioxide aggregate in vitro evaluation. *Acad Med Stetin*. 2008; 54(1): 147-50.
- Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pécora JD. Antimicrobiana y estudio químico de la MTA, cemento portland, pasta de hidróxido de calcio, sealapex y dycal. *Braz Dent J*. 2000; 11(1):19-27.
- Mirhadi H, Moazzami F, Safarzade S. The effect of acid pH on microfiltration mineral trioxide aggregate Mixing and apical plugs calcium fortified. *Iran End J*. 2014; 9(4):257-60.
- De Deus G, R Ximenes, Gurgel-Filho ED, Plotkowski MC, Coutinho-Filho T. Cytotoxicity of MTA and Portland cement in ECV 304 human endothelial cells. *Int End J*. 2005; 11(1):19-27.
- Assed L, Da Bezerra da Silva. *Tratado de odontopediatría*. Tomo I. Amolco, 2008, pp 34-69.
- Carlos Pereira J, Esteves Barata J, Ramos de Carvalho C, Cestari Fagundes T. Recubrimiento pulpar directo e indirecto: mantenimiento de la vitalidad pulpar. *Act Odont Ven*. 2011; 49 (1): 25.
- Dixit S, Dixit A, Kumar P, Arora S. Root end generation: an unsung characteristic property of MTA-A case report. *J of Clinic and Diag Res*. 2014; 8(1):291-293.
- Eidelmal E, Holan G, Fucks A. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Ped Dent*. 2001; 23 (1):15-8.
- Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblast to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J End*. 2004; 30 (1): 25-29.
- Maturo P, Costacurta M, Bartolino M, Docimo R. MTA applications in pediatric dentistry. *Oral and Implant*. 2009; 2(3):38.
- Meligy El, Omar AS, Avery DR. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and calcium hydroxide as pulpotomy agents in young permanent teeth apexogenesis. *Pediat Dent*. 2006; 28: 399-404.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review, part II : chemistry, physics and antibacterial properties. *J End*. 2010; 2(1): 11-34.
- Hegde Rahul, Battepati Prashant M, Clinical applications of mineral trioxide aggregate: report of four cases. *Int J Clin Ped Dent*. 2010; 3(1): 43-50.
- Nuvvula S, Melkote TH, Mohapatra A, Nirmala SVSG. Gestión de los dientes inmaduros con infecciones apicales utilizando agregado de trióxido mineral. *Cont Clin Dent*. 2010; 1(1): 51-53.
- Boj J, Catalán M, García-Ballesta C, Mendoza A, Planells P. *Odontopediatría. La evolución del niño al adulto joven*. 1ª ed. Madrid, Ripano, 2011, pp 24-67.
- Neomatollahi H, Tajik A. Comparison of clinical and radiographic success rates of pulpotomy in primary molars using formocresol, ferric sulfate and mineral trioxide aggregate (MTA). *Jour Dent*. 2006; 1(3):6-14.
- Gideon Holan, Eidelman Eliezer, Fuks Anna B. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatr Dent*. 2005; 27(2): 129-136.
- Mendoza A, Isassi H. Pulpotomías con MTA: resultados preliminares. *AMOP*. 2008; 20(2): 33-36.
- Aeinehchi M, Dadvand S, Fayazi S, Bayat-Movahed S, Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. *Int End J*. 2007; 40: 261-267.
- Isassi H Hilda, Mendoza M Asunción, Padilla Corona Juventino, Estudio clínico de pulpotomía con agregado trióxido mineral en 58 molares primarios. *Oral*, 2011; 12(37): 719-723.
- Espinoza Córdova G. Aplicaciones del MTA (Agregado de Trióxido Mineral) en odontopediatría. [Tesis de Licenciatura] México: Universidad Autónoma del Estado de México. 2014, 2-48.