



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**MICROFILTRACIONES EN EL USO DE MTA EN
ENDODONCIA**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

LUIS MIGUEL GONZÁLEZ JIMÉNEZ

DIRECTORA C.D. ELIZABETH RAQUEL POWELL CASTAÑEDA

ASESORA C.D. ANGÉLICA FERNÁNDEZ MERLOS

MÉXICO D. F.

OCTUBRE 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



Todo mi agradecimiento, por darme la oportunidad de conocer su grandeza, como nuestra máxima casa de estudios y como la mejor universidad de toda Latinoamérica, siempre llevare en alto tu nombre.

A la Facultad de Odontología por abrirme sus puertas, por mi formación académica y mi realización profesional.

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

A **Dios** agradezco por ayudarme en toda mi vida pero en especial por hacer posible que alcanzara esta meta y que con ella se cerrara una etapa más de mi vida. Gracias Dios por guiarme y hacer de mi un buen hombre y por estar siempre con migo. Te pido me sigas guiando y ayudando en toda mi vida.

Gracias a la persona más importante de mi vida a la cual le debo este gran logro, gracias **MAMA**, gracias por que es por ti que me esforcé y concluí mi carrera, ya que tú me enseñaste a nunca rendirme, a siempre seguir adelante. Con tu ejemplo me enseñaste lo que es la tenacidad, la determinación el nunca mirar hacia atrás, a vencer el miedo a hacer las cosas. Pero sobretodo gracias por todo tu amor, tu cariño, tu protección, tu enseñanza, tu ejemplo que han forjado al hombre que soy.

Gracias por que a lo largo de esta carrera siempre estuviste con migo guiándome, brindándome tu confianza, siendo aparte de mi mama, mi amiga, mi compañera, mi confidente y mi consejera. Gracias por que con una sola mirada, una sonrisa, un abraso, transformabas lo difícil en fácil, la tristeza en alegría, el cansancio en fuerza ya que con tan sólo ver tus ojos sabia que todo estaría bien y que era capaz de lograr cualquier cosa. Por eso doy gracias a Dios por que con nada, mama, podría pagarle el que me diera a una excelente persona y a una excelente mujer como madre. Te amo mama, siempre estas en mi mente y corazón.

Gracias a ti **Alma** por el apoyo que me has dado en todos los sentidos. Por nunca dejarme solo, por aconsejarme y apoyarme en mis decisiones, ayudarme con mis trabajos, escucharme, ser paciente y tolerante, por querer darme siempre lo mejor. Gracias hermanita por celebrar mis triunfos y animarme en mis fracasos y hacer la vida mas facial para mi, gracias por todo el amor, cariño, atención, cuidado como el de una madre que me has dado. Gracias por hacer de mis sueños, mis preocupaciones, mis tristezas, mis anhelos los tuyos. Te amo y espero siempre seas parte de mi vida.

A ti **Carlos**, mi hermano, mi amigo, mi compañero gracias por estar siempre a mi lado tanto en las buenas como en las malas, por apoyarme en mis anhelos, por ayudarme a ver las cosas con otro ángulo aconsejándome al tomar mis decisiones, por alentarme siempre a seguir adelante a alcanzar y realizar mis sueños, gracias por cuidarme como un padre a su hijo, protegiéndome como a un hermanito chiquito, por estar al tanto de que nada me haga falta, ayudándome en mis tareas y con mi material. Pero sobre todo por todo el amor y cariño que me has dado, por esa mirada, esa sonrisa tan llenas de ternura, amor, orgullo, por hacerme sentir importante, por compartir conmigo tantas cosas. Siempre estas y estarás en mi mente y corazón, en mis nuevos proyectos, metas, y en mi vida. Gracias hermanito te amo.

A **Consuelo** y **Brandon** por estar siempre conmigo apoyándome durante toda mi carrera y creer en mí, los amo.

Quiero agradecer también a una persona muy importante en mi vida, a ti **Damaris** por haberme ayudado y apoyado durante toda mi carrera, por alentarme a no ceder a no darme por vencido, por todas las tareas y trabajos que hicimos juntos, por todas las cosas que hemos vivido en los pasillos, en las aulas y en cada uno de los lugares de esta Facultad. Por todas las besas que hemos reído, llorado, soñado, anhelado, por ese cariño y amor que nos ha unido gracias.

También quiero agradecer a Joel mi mejor amigo no solo de la facultad sino de la clínica periférica por todo lo que vivimos durante toda la carrera y sabes que siempre tendrás en mí a un amigo sincero y deseo de todo corazón que nuestra amistad se vuelva mas fuerte y estrecha, sabes que siempre podrás contar con mígo.

Gracias también a ti Alfredito por que amigos como tu quedan pocos y por lo que me enseñaste a un sin darte cuenta, recuerda que siempre podrás contar con mígo.

Agradezco profundamente también a quien me dirigió para realizar este trabajo a mi directora la C. D. Elizabeth Raquel Powell Castañeda ya que sin su dirección y apoyo no habría logrado esto y también a la C.D. Angélica Fernández Merlos por asesorarme en este trabajo. Las admiro y son excelentes personas.

A la Doctora Gabriela Fuentes por compartir con mígo sus conocimientos y por mostrarme lo importante que es la dedicación dentro de una carrera tan hermosa como es la odontología.

Gracias a la Doctora Laura Vargas por mostrarme lo atrayente que es la endodoncia de una manera paciente y amable.

Al Doctor Justo Zapata responsable de este seminario quien se intereso en que pudiera aprender y adquirir mas conocimiento y a todos los doctores que participaron en esté compartiendo con mígo sus conocimientos gracias.

A la Doctora Luz del Carmen por mostrarme el lado humano de los Doctores, por no ser metódica sino por el contrario escuchar los problemas que los alumnos puedan tener gracias Dra. Por confiar en mí, por escucharme y darme la oportunidad de seguir con mi carrera, siempre estará presente en mis recuerdos.

INDICE

| | PAG. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| . | |
| ANTECEDENTES HISTÓRICOS. | 10 |
| | |
| 1.- OBJETIVOS DE LA ENDODONCIA. | 12 |
| 1.2 Eficacia de las obturaciones endodonticas. | 13 |
| 1.3 Características de los materiales de obturación | 14 |
| | |
| 2.- MTA | 16 |
| 2.1 Composición. | 17 |
| 2.2 Indicaciones del MTA. | 18 |
| 2.3 Manipulación. | 20 |
| 2.4 Presentaciones del MTA. | 22 |
| | |
| 3.- PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS. | 23 |
| | |
| 3.1 Radiopacidad. | 23 |
| 3.2 Valor de pH | 24 |
| 3.3 Resistencia a la compresión | 24 |
| 3.4 Tiempo de endurecimiento. | 25 |
| 3.5 Respuesta del tejido perirradicular al MTA. | 26 |

| | |
|---|----|
| 4.- PROPIEDADES BIOLÓGICAS. | 27 |
| 4.1 Biocompatibilidad. | 27 |
| 4.2 Citotoxicidad. | 29 |
| 4.3 Mutagenicidad. | 30 |
| 4.4 Pruebas de implantación. | 31 |
| 5.-RESPUESTA DEL MTA A LA MICROFILTRACIÓN | 32 |
| 5.1 Respuesta de los tratamientos endodónticos. | 33 |
| 5.2 MTA ante la Microfiltración. | 33 |
| 5.3 Microfiltración de bacterias. | 34 |
| 5.4 Microfiltración de partículas. | 36 |
| 5.5 Solubilidad del MTA. | 37 |
| 5.6 Resistencia al desplazamiento. | 37 |
| 5.7 Sellado. | 38 |
| 5.8 Adaptación marginal. | 41 |
| 6.- CONCLUSIONES. | 42 |
| 7.- FUENTES DE INFORMACIÓN. | 43 |

Introducción

En este último período de la historia la terapia de conductos ha evolucionado, abarcando tratamientos quirúrgicos como: apexificación, obturación retrograda, apicoformación, etc. con el fin de ayudar a mantener al diente el mayor tiempo posible en un estado de salud y funcionalidad.

Se han realizado estudios con diversos materiales, para determinar cual es el que presenta un mayor grado de eficacia en tratamientos quirúrgicos y no quirúrgicos, incluso para reparar iatrogenias como las perforaciones radiculares, en furca y transporte apical.

Estos materiales deben de tener ciertas características que permitan su uso dentro de la Endodoncia, propiedades como la biocompatibilidad con el tejido tisular adyacente y que sea capaz de proporcionar un sellado hermético el cual impida la microfiltración de bacterias y de fluidos tisulares, entre otros. Con el propósito de lograr este objetivo es que se han usado cementos, selladores y otros materiales.

En el presente trabajo, se describe el uso de un material en particular que cumple con características que lo hacen de elección en algunos tratamientos endodónticos.

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) conocido comercialmente como ProRoot MTA, el cual presenta propiedades que van desde ser un material radiopaco, biocompatible con tejidos tisulares y periapicales adyacentes, poco soluble, hasta ser resistente al desplazamiento, sellado y adaptación marginal adecuada, proporcionándole una excelente respuesta ante la microfiltración.

Antecedentes históricos

En el campo de la odontología se han dado grandes descubrimientos, ocurridos desde el siglo pasado, los cuales han revolucionado los métodos y tipos de tratamientos, retirándola de los procedimientos empíricos e ingresándola en el área biológica. Por esta razón los tratamientos ofrecidos comenzaron a utilizarse con fundamento científico.

Este avance también se presentó en los materiales odontológicos usados en obturaciones. Tal es el caso de un descubrimiento que surgió en el área de la Endodoncia, el cual ha suscitado una gran revolución dentro de la odontología. Este material es el Agregado Trióxido Mineral (MTA).

El MTA surge en el año de 1993 como un material experimental, el cual fue desarrollado por el Profesor Mahmoud Torabinejad, y elaborado con la finalidad de sellar la comunicación entre el interior y el exterior del diente. ⁽¹⁾

En 1993 Lee et al publicaron el primer trabajo científico utilizando el MTA. Los autores, mediante un estudio in vitro, probaron experimentalmente ese nuevo material en casos de perforación radicular lateral de molares humanos. Los análisis realizados mediante microscopio óptico, después de sumergir los especímenes en azul de metileno durante 48 horas, demostraron que el grupo del MTA presentaba los menores índices de filtración marginal. ⁽²⁾ Y es el mismo Lee que lo recomienda inicialmente, después de las cirugías parodonticas, como material de obturación retrograda y en casos de perforaciones radiculares y de la furca.

En ese mismo año Torabinejad et al utilizaron dientes humanos para comprobar la habilidad de sellado del MTA. En este estudio también observaron que el MTA presentaba sellado marginal hermético.⁽³⁾

A partir de ahí, se realizaron una serie de experimentos tanto in vitro como in vivo, cultivos de células, cultivos microbianos, todas con el propósito de evaluar el comportamiento físico y biológico del MTA. Prácticamente en todos los estudios de aquella época, ese nuevo material reveló ser superior a todos los demás, hecho que llamaría la atención y despertaría la curiosidad de muchos odontólogos y endodoncistas, lo cual favorecería la disposición de estudiarlo detalladamente, principalmente en lo que respecta a sus características físicas y biológicas.⁽⁴⁾

Esto dió como resultado que se realizaran una serie de experimentos de carácter biológico con el propósito de evaluar sus propiedades.

Fue de esta manera que muchos enigmas acerca de este material comenzaron a tener explicación tales como: su composición, sus propiedades, tanto físicas como biológicas, su presentación y el determinar los diferentes usos que podría tener tanto en el ámbito odontológico en general, como en el endodóntico en particular.

En 1998, la FDA (U.S. Food and Drugs Administration) evaluó y aprobó el MTA. Siendo lanzado comercialmente en 1999, como ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma – USA). A la fecha se continúan realizando estudios con el MTA.⁽⁵⁾

1.- Objetivos de la Endodoncia.

Dentro del área de la endodoncia se incluye el tratamiento de conductos cuando no es posible conservar su vitalidad. Sea cual sea el tratamiento, el objetivo de éste es el de eliminar los microorganismos del sistema radicular por medios mecánicos ó químicos. Pero también el de prevenir una posible contaminación de dichos conductos. Esto se logra creando una barrera entre la microflora oral, el canal radicular y el tejido periapical.

Es necesario tener un adecuado sellado del conducto radicular y la corona del diente. Sin embargo, el canal que se ha sellado puede volver a contaminarse por la contracción del material restaurativo permanente, siendo la parte remanente la única barrera entre los contaminantes orales, fluidos tisulares y el tejido periapical ⁽⁶⁾.

Con esto, nos damos cuenta que el material a usarse en un procedimiento endodontico debe ser capaz de formar una fuerte barrera que impida que los fluidos tisulares ó los microorganismos se filtren hacia el conducto radicular.

1.2 Eficacia de las Obturaciones Endodonticas:

Dentro de los puntos que llevan a que se tenga éxito en el tratamiento están:

La objetividad al interpretar radiografías, niveles variados del compromiso del paciente, a atender de manera formal cada una de las consultas programadas para seguir con el tratamiento del conducto. ⁽⁷⁾

Teniendo en cuenta esto Bender y Cols hacen referencia a este punto al clasificar como exitoso un tratamiento cuando se presentan los siguientes factores: ⁽⁸⁾

- 1) Ausencia de dolor ó edema inflamatorio.
- 2) Desaparición de fístula.
- 3) No existe pérdida de la función.
- 4) No hay evidencia de destrucción histica.
- 5) Evidencia radiográfica de que la zona de rarefacción se ha eliminando ó detenido, después de un intervalo de 6 meses a 2 años.

Sin embargo, existen otros factores que están implicados en el éxito de un tratamiento como son, los biológicos y terapéuticos, en los que se incluyen: Presencia de enfermedades periapicales, extensión de la obturación, tipo de diente, edad, género, calidad de la técnica de obturación, estado bacteriano del conducto antes de obturar y tipo de material a utilizar como obturador. ⁽⁹⁾

Es mediante este último, que se logrará un buen sellado, dando como resultado, una nula penetración de bacterias, líquidos tisulares u otras sustancias a los conductos radiculares.

1.3 Características que deben tener los materiales de obturación:

Debido al papel que desempeñan los materiales usados en el tratamiento endodóntico y a que estarán relacionados de manera directa, no solo con el éxito del tratamiento, sino también con su pronóstico. A continuación se examinarán las características deseadas en un material de obturación ⁽¹⁰⁾.

Propiedades recomendadas para los materiales de obturación:

A) Ser fácil de introducir al conducto.

Es decir que debe de ser preparado de manera adecuada en cuanto a proporciones y consistencia. También debe de permitir un tiempo de trabajo prolongado, menor solubilidad y conservar la estabilidad dimensional.

B) Sellar el conducto en sentido lateral y apical.

El Material debe ser capaz de crear un sellado a prueba de fluidos apicales y corónales.

C) No contraerse después de colocado.

Permanecer dimensionalmente estable ya que su pérdida parcial o total atenta contra los objetivos de la obturación.

D) Ser impermeable a la humedad.

E) Ser bactericida o por lo menos no favorecer el crecimiento bacteriano.

F) Ser radiopaco.

Esto es importante, por que la lectura radiográfica, es el único control posible de la homogeneidad de la obturación. Por lo tanto el material se debe de observar con facilidad en las radiografías. Esta cualidad es deseable por que mientras más radiopaco sea, se observaran mejor los espacios vacíos en la obturación.

G) No pigmentar la estructura dental.

H) Ser biocompatible, no irritar los tejidos periapicales y ser capaz de fomentar la regeneración de los tejidos perirradiculares.

Estas características son deseables por que es mediante estas que se logran llevar a cabo cuatro aspectos esenciales de la obturación ⁽¹¹⁾ que son:

1) Evitar el paso de microorganismos y sustancias tóxicas o de potencial valor antigénico.

2) Evitar la entrada desde los espacios perirradiculares al interior del conducto de sangre, plasma ó exudado.

3) Bloquear completamente el espacio vacío del conducto, para que en ningún momento puedan colonizar los microorganismos que pudiesen llegar de la región apical ó perirradicular.

4) Facilitar la cicatrización y reparación periapical.

Otras características que debe de tener este material son:

- * Biocompatibilidad.
- * Actividad antibacteriana
- * Citotoxicidad
- * Mutagenicidad
- * Solubilidad
- * Resistencia al desplazamiento
- * Sellado
- * Adaptación marginal.

Actualmente existe un material que, aunque no es un sellador, cumple con las características antes mencionadas.

2.- MTA = Agregado Trióxido Mineral

El agregado trióxido mineral (MTA) ha sido estudiado ampliamente como material para sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos perirradiculares.

El MTA y sus propiedades se han valorado in vitro e in vivo ampliamente en diversos estudios, pero todavía no existen estudios ni resultados a largo plazo. A corto plazo, este cemento resulta muy prometedor para determinadas indicaciones, ya que cumple con características que lo hacen ideal.

2.1 Composición

El MTA ^(12, 13) de color gris esta compuesta de un 75% de;

| | |
|--------------------------------|---|
| * Silicato tricalcico | 3 CaO-SiO ₂ |
| * Aluminio tricalcico | 3CaO-A12O ₃ |
| * Silicato dicalcico | 2CaO-SiO ₂ |
| *Aluminato ferricotetracalcico | 4CaO-A12O ₃ - Fe ₂ O ₃ |

Un 20% de;

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Oxido de bismuto | Bi ₂ O ₃ |
|------------------|--------------------------------|

Un 4.4% a un 5% de;

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Sulfato de calcio dihidratado | CaSO ₄ -2H ₂ O |
|-------------------------------|--------------------------------------|

Un 0.6% de residuos insolubles que son;

- * Silica cristalina
- * Oxido de calcio
- * Sulfato de potasio y sodio

Existen dos presentaciones de este material, una de color gris y otra de color blanco. La de color blanco tiene los mismos componentes que la de color gris, excepto el Aluminato férrico tetracalcico, el cual le confiere una apariencia blanca haciéndolo más estético ⁽¹⁴⁾

2.2 Indicaciones del MTA

El MTA puede ser utilizado en distintos tratamientos (Fig. 1) ^(15, 16,17)

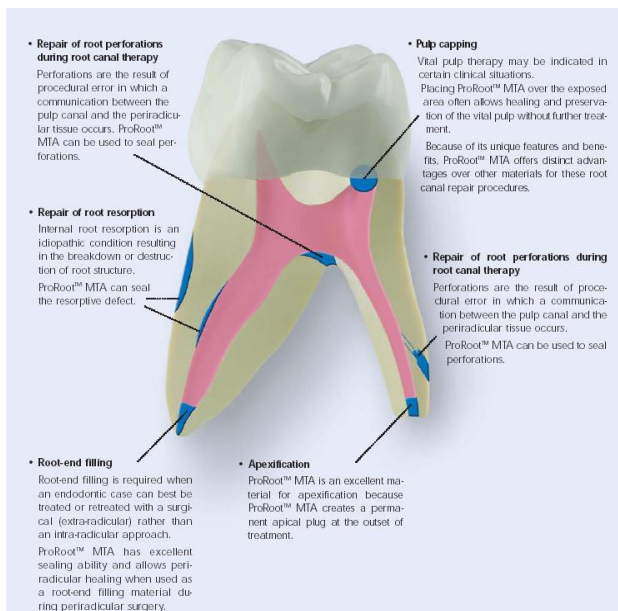
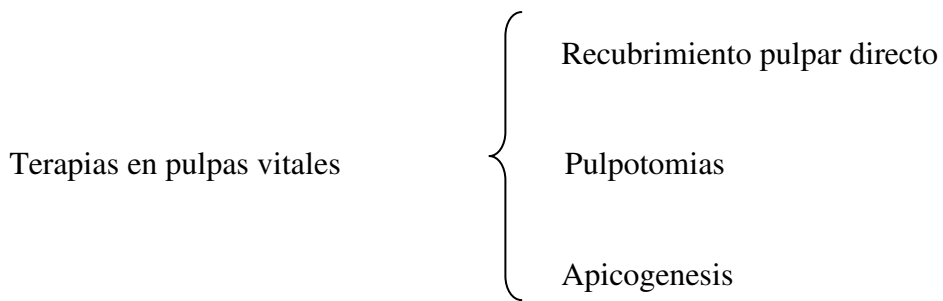


Fig. 1. Usos del MTA. (www. Infomed. es)

Otros usos:

- * Apicoformación
- * Perforación de furca
- * Perforaciones radiculares
- * Resorciones
- * Obturaciones a Retro
- * Barrera para el Blanqueamiento
- * Obturación provisional hermética.
- * Tapón apical en casos de rizolisis.
- * Lesiones periapicales amplias.
- * En traumatología dental.

El MTA resulta ser un excelente material en aquellos casos en los que ha de colocarse en contacto con el hueso.

Todos estos usos son posibles gracias a sus propiedades, debido a que se le ha llegado a considerar un biomaterial ó sustancia no-fármaco que se utiliza como una parte del sistema que reemplaza a cualquier tejido ⁽¹⁸⁾.

2.3 Manipulación del MTA

El Agregado trióxido mineral consiste en un polvo compuesto por partículas finas hidrofílicas (Fig. 2), las cuales, al mezclarse con agua se transforman en un gel coloidal que solidifica a una estructura sólida en un tiempo de tres a cuatro horas^(19, 20)



Fig. 2 Polvo del MTA
(www.endodontia.org/mta)

El MTA debe prepararse inmediatamente antes de su utilización. El polvo se mezcla con agua estéril en una proporción de 3:1, en una loseta de vidrio para dar una consistencia que sea manejable, algunos autores utilizan solución anestésica en lugar de agua estéril (Fig. 3)



Fig. 3 MTA mezclado
(www.endodontia.org/mta)

Una vez mezclado, puede ser aplicado usando un transportador ó porta-amalgamas pequeño (Fig. 4 y 5). 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 ó 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.



Transportador de MTA

Fig. 4 (www.carlosboveda.com)



Fig. 5 (www.carlosboveda.com)

2.4 Presentación.

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) fue inicialmente desarrollado en 1993 por el Dr. Mahmoud Torabinejad y Cols. En la Universidad de Loma Linda. ^(21, 22) El producto comercial fue aprobado por la Administración Americana de Alimentos y Drogas. Es un cemento dental cuyo nombre comercial es Pro Root-MTA Root Canal Repair Material. Ha sido comercializado por una sola firma, Tulsa Dentsply de USA.

El material es presentado en cajas que contienen 5 sobres de 2gr. ó 1gr. herméticamente sellados. El Pro Root adjunta unas pipetas con agua estéril. Cada sobre de MTA en polvo viene con una dosis previamente medida de agua, el agregado trióxido mineral (MTA) ha sido estudiado ampliamente como material para sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos perirradiculares. Existen dos presentaciones una en color gris (Fig. 6) y otra en color blanco (Fig. 7)



MTA color gris

Fig.6 (www.Javeriana.Edu.co/)



MTA color blanco

Fig. 7 (www.Javeriana.Edu.co/)

3.- Propiedades físico-químicas del MTA

Las características del MTA ^(23, 24,25) tales como, radiopacidad, valor del pH, resistencia a la compresión, respuesta del tejido perirradicular, dependen del tamaño de las partículas, la proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire comprimido.

3.1 Radiopacidad:

Su radiopacidad es de un promedio de 7.17 mm de espesor, lo que equivale al espesor de una lámina de aluminio, ⁽²⁶⁾ y es determinada de acuerdo a los procedimientos descritos por la Organización Internacional para la Estandarización. Siendo esto muy adecuado, ya que, recordemos que una de las características del material de obturación es, que debe ser más radiopaco que sus estructuras limítrofes cuando se coloca en la preparación cavitaria como menciona Lasala 1992.

Incluso Shah y col. ^(27,28) demostraron que el MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional e incluso más que la dentina, lo cual favorece a que se pueda distinguir fácilmente en las radiografías.

3.2 Valor de pH

El Agregado Trióxido Mineral presenta un pH después de mezclarse de 10.2, pero a las tres horas se estabiliza en 12.5. Esto es el resultado de desprender la fracción soluble del MTA, que es el hidróxido de calcio, en un medio ambiente acuoso ó húmedo durante un periodo de tiempo relativamente largo, con lo que se asocia la inducción de formación de tejido duro.

El pH, según Torabinejad y col, también induce al mantenimiento de la pulpa vital y sana, provocando menos inflamación perirradicular. ⁽²⁹⁾

3.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del MTA es de 70 megapascales a los 21 días. ⁽³⁰⁾ Esta propiedad es un factor muy importante cuando se coloca el material de obturación en una restauración la cual soportara cargas oclusales.

3.4 Tiempo de endurecimiento

El promedio de tiempo de endurecimiento según se muestra en diferentes estudios donde se comparan diferentes materiales es de:

Amalgama 4min +/-30 seg.

Súper-EBA 9min+/-30seg.

IRM 6min. +/-30 seg.

MTA 2horas 45min. +/-5min.

El MTA fue el que tuvo el tiempo de endurecimiento mas largo y aunque se desea que el material de obturación endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad apical sin sufrir una contracción significativa, esta condición puede permitir una estabilidad dimensional en el material después de su colocación y además disminuye el tiempo que esté sin fraguar en contacto con el tejido vital, sin embargo, en términos generales a mayor rapidez de fraguado del material, más rápido se contrae.

Este fenómeno explica la causa del por que el MTA filtra menos colorante y bacterias que otros materiales. Torabinejad y col. 1995 ⁽³¹⁾

3.5 Respuesta del Tejido Perirradicular al MTA

El MTA es considerado, como el que mejor comportamiento tiene en tejido apical a demostrando tener una gran biocompatibilidad. ⁽³²⁾

En un estudio realizado por Torabinejad y col. ⁽³³⁾ En el cual se uso MTA como material de obturación a retro, se observo la respuesta tisular de 7 perros hacia este material. La evaluación mostró de 10 y 18 semanas, que de todas las raíces obturadas en su tercio apical con MTA, solo una mostró inflamación. También es importante mencionar que se observó aposición de cemento sobre el MTA.

En otro estudio realizado en ratas ⁽³⁴⁾ se evaluó, tanto la respuesta inflamatoria como el potencial de crecimiento de hueso, después de la implantación de tubos que contenían MTA. A las ratas se les dividió en tres grupos, a dos de estos se les implantaron estos tubos en sitios de extracción. Después de una semana las pruebas produjeron una respuesta moderada la cual se volvió ligera a los 15 días.

Al tercer día el tejido mostró una ligera reacción inflamatoria. Al mismo tiempo se observo que el alvéolo o lugar de extracción había sanado y se observo la formación de hueso.

Se concluyó que el MTA posee propiedades deseables como la de inducir la formación de tejido mineralizado: dentina y cemento, lo cual es similar a lo que ya había reportado Holland y Yaltirik. Y a pesar de que a los 30 días de realizado el estudio, algunos casos mostraron una ligera inflamación. También se observó la presencia de tejido mineralizado en estrecho contacto con el MTA.

4.- Propiedades biológicas

4.1 Biocompatibilidad

Biocompatibilidad ⁽³⁵⁾ es la habilidad de un material de tener una respuesta apropiada del huésped en una específica aplicación. La respuesta del huésped a los materiales de contacto con el tejido depende de muchos factores, lo cual significa que el tejido del paciente que llegue a estar en contacto con el material de obturación NO sufra de una reacción tóxica, irritabilidad, inflamación, alérgica, genotóxica o carcinogénica

Esto es esencial, ya que una de las mayores consecuencias después de un tratamiento, a sido la reacción inflamatoria que presenta el tejido circundante o adyacente al material.

Por lo tanto, el material de elección debe ser biocompatible, no tóxico, y capaz de promover la regeneración de tejidos perirradiculares.

Por esa razón la biocompatibilidad del MTA ha sido investigada mediante diferentes estudios. Como el realizado por Koh et al en 1997 ⁽³⁶⁾ que usaron el MTA en su estudio “La respuesta biológica de osteoblastos humanos al material” en el que encontraron, que el material ocasiona un incremento de la producción de citoquinas las cuales están involucradas tanto en la coordinación del metabolismo óseo, como en las interleuquinas –1 alfa, interleuquinas –1 beta, interleuquinas –6 lo que indica que este material promueve activamente la formación de tejido duro, lejos de ser un material inerte.

En otro estudio se observó que el MTA ⁽³⁷⁾ estimula la propagación de osteoblastos humanos, mediante ofrecer una activación biológica de los substratos de las células como los osteoclastos que proporcionan una abundante proteína, la osteocalcina, la cual está presente en el hueso y puede ser un indicador de la producción de tejido óseo, obteniendo un efecto positivo para el desarrollo de los procesos de reparación post-quirúrgicos.

Al parecer el MTA puede ser capaz de activar los cementoblastos al producir la matriz de formación de cemento, probablemente, por su alto pH o por la liberación de sustancias que los activan para formar una matriz para la cementogénesis.

De esta manera se concluye que el MTA no solo es biocompatible, sino que también tiene la propiedad de permitir la regeneración de tejido duro, cemento. Lo cual lo hace diferente de otros materiales.

4.2 Citotoxicidad

La toxicidad de un material de obturación, se evalúa siguiendo tres pasos: ⁽³⁹⁾

- 1) Se investiga el material utilizando una serie de ensayos de citotoxicidad in vitro.
- 2) Determinar que el material no es citotóxico in vivo, se puede implantar en tejido subcutáneo o en el músculo y se evalúa la reacción tisular local.
- 3) La reacción in vivo del tejido blando versus el material de prueba se debe evaluar en seres humanos o animales.

En un estudio realizado por Osorio y col ⁽⁴⁰⁾ se midió la citotoxicidad de algunos de los materiales utilizados como obturadores apicales a retro entre los cuales estaba el MTA, mediante esta investigación nuevamente se corroboró el bajo grado de citotoxicidad que éste presenta, en comparación con los demás materiales utilizados.

De esta manera 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. Osorio y col.1995.

También Erol S. y Torabinejad, ⁽⁴¹⁾ en un nuevo estudio compararon los efectos sanadores del Agregado Trióxido Mineral, en sus fases en el tejido duro después de una cirugía perirradicular.

Este estudio se realizó en conductos radiculares de 24 premolares mandibulares de perros, los cuales se obturaron con MTA. Dos semanas después, se expusieron quirúrgicamente las partes apicales de 12 premolares, obturándose estos conductos con MTA fresco ó fraguado. Los otros 12 conductos también se expusieron quirúrgicamente en sus tercios apicales, estos se prepararon con instrumentación ultrasónica y las preparaciones se obturaron con MTA fresco.

Después de cuatro meses se analizó la mejora del tejido duro, los resultados mostraron que el saneamiento fue similar en los dos grupos, ya que mediante un análisis histológico, se observó la formación de cemento adyacente al MTA en 8 de las muestras donde se usó cemento firme. Esta formación se presentó en todas las muestras, cuando se usó estando aún fresco. Se observó que este cemento era de alguna manera más firme y grueso.

Torabinejad mostró que el saneamiento dentoalveolar adyacente al mineral tritóxido agregado es único por que resulta en regeneración del tejido periapical, incluyendo la cementogenesis apical.

4.3 Mutagenicidad.

Un material ideal de obturación debe de ser dimensionalmente estable y no mutagénico. Kettering y Torabinejad 1995 realizaron un estudio ⁽⁴²⁾ para evaluar el potencial mutagénico del MTA, utilizando la prueba de Ames. Los resultados de esta prueba muestran que este cemento no es mutagénico.

4.4 Pruebas de implantación

Los resultados de diversos estudios de implantación muestran que los materiales de obturación causan inflamación en un inicio, pero se vuelven más biocompatibles con el tiempo.

En un estudio realizado por Mehmet y Sobas ⁽⁴³⁾ se evaluó la respuesta del tejido conectivo subcutáneo hacia el MTA.

Este material se colocó en tubos de polietileno y se implantó dentro de la parte dorsal del tejido conectivo de ratas albinas, después de un periodo de 15, 30, 60 y 90 días de la implantación, los resultados después de 30 días mostraron que el MTA es bien tolerado por el tejido ya que no se observó infiltrado inflamatorio ni células gigantes y si se observó actividad de fibroblastos en forma de cápsula.

En otro estudio realizado por Moretton se examinó la biocompatibilidad del MTA mediante una implantación subcutánea é intraosea en ratas, se observó que la implantación subcutánea del MTA mostró, inicialmente severas reacciones de necrosis y calcificación distrófica. Sin embargo a los 30 días las reacciones cambiaron a moderadas.

En este estudio se encontró que el MTA favorece a la deposición de tejido duro en el tejido conectivo subcutáneo de las ratas. Estas áreas parecen ser cristales de calcita, originados por una reacción del calcio con el dióxido de carbono del tejido pulpar.

A este proceso se le conoce como “El fenómeno de la cementogénesis” estudiada por Shabahang y Cols. ⁽⁴⁴⁾ Ellos compararon la eficacia de la proteína osteogénica usando dos materiales; hidróxido de calcio y MTA para la formación de tejido calcificado en dientes de perros con ápices incompletamente formados. Luego de 12 semanas de observación, el MTA parecería inducir una mayor formación de tejido calcificado.

5.- Respuesta del MTA a la Microfiltración

La microfiltración representa un problema ya que la mayoría de los materiales no se adaptan a la estructura dental lo suficiente, como para producir un sellado marginal impermeable. Por otra parte si existe una buena adaptación al momento de la inserción, la contracción debida a los cambios físicos y químicos del material, casi siempre producen brechas abiertas que facilitan la microfiltración.

Otra causa de microfiltración, es la deformación elástica de la estructura producidas por las fuerzas de masticación, en otras palabras el esmalte y la dentina circundante a la restauración rígida se flexionan y se mueven, lo que ocasiona brechas.

Otro factor que influye en la microfiltración es la calidad de la preparación y la manera en que se inserta el material. Determinados materiales de restauración pueden facilitar, si no se utilizan correctamente, la filtración de bacterias a través de la interfase material-diente, así, los microorganismos de la cavidad oral pueden acceder a la pulpa a través de los tubulos dentinarios subyacentes a las restauraciones. Esto influye en gran medida en la adaptación marginal.

También es importante el control de la humedad, debido a que ciertos materiales de obturación presentan microfiltración marginal si están contaminados con saliva ó cualquier otra sustancia, durante su colocación.

Si no hay un sellado adecuado de la restauración, se dará la microfiltración, la cual conducirá a la colonización bacteriana y a inflamación pulpar final. ⁽⁴⁵⁾

5.1 Respuesta de los tratamientos endodónticos.

La microfiltración tanto de partículas como de bacterias se tiene que considerar como de peligro para el tratamiento de conductos, ya que es muy probable que un número considerable de obturaciones del conducto radicular fracasen por la entrada de bacterias por filtración perirradicular, lo que llevará a que se presente dolor, inflamación, movilidad dental, fístulas e incluso material supurativo.

5.2 El MTA ante la microfiltración.

El MTA, como cemento, ha demostrado, que aunque no es un sellador, si logra cumplir con características que lo hacen de importancia para tratamientos endodónticos, tales como: solubilidad, resistencia al desplazamiento, sellado, adaptación marginal.

5.3 Microfiltración de bacterias

Los microorganismos, tales como: Streptococcus, Peptococcus, Peptostreptococcus, Eubacterium, Propionobacterium, Actinomices, Prevotella y Porphyromonas, tienen la habilidad de penetrar conductos radiculares obturados y afectar de diferentes maneras al tejido perirradicular por lo que se han realizado estudios con diferentes materiales para determinar cual presenta una menor microfiltración de bacterias, como el realizado, por Ángela M., Scott A., Thomas J.⁽⁴⁶⁾

En este estudio se analizó al MTA como barrera contra la microfiltración, para mantener un sellado apical en presencia de bacterias aun contaminadas con sangre, saliva ó solución salina. Se utilizaron 90 dientes extraídos con conducto único, se dividieron en seis grupos de 15 a los cuales se les realizó el acceso a cámara pulpar y se les removió 3 mm de apical, a los grupos del 1 al 3 se les contaminó con saliva, sangre ó solución salina respectivamente, después se obturó con MTA. El cuarto grupo se obturó con MTA y posteriormente se contaminó el acceso con Staphylococcus epidermis.

Enseguida, se les colocó en tubos en un microcentrifugador, de tal manera que lo que permanecía dentro del tubo, solo era la corona, mientras que la parte apical de la raíz, salía del tubo la cual estaba inmersa en solución. Después de 30 días se demostró que todos los grupos habían tenido una penetración bacteriana mínima incluso aquellos que habían sido contaminados con Staphylococcus. Sin embargo se concluyó que el MTA había demostrado un buen sellado apical, baja citotoxicidad y una baja solubilidad.

Considerando las bacterias anteriormente citadas, es que se probó la actividad selladora y antibacteriana que presenta el MTA en un nuevo estudio realizado por Torabinejad y Cols, en 1995 ^(38,39). En este se analizaron las propiedades antibacterianas y la respuesta que presenta el MTA ante la microfiltración.

Los microorganismos empleados fueron 9 bacterias facultativas: *Streptococcus fecalis*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius*, *Lactobacillus species*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli B*, así como 7 bacterias estrictas anaerobias: *Prevotella buccae*, *Bacteroides fragilis*, *Prevotella intermedia*, *Prevotella melaninogenica*, *Fusobacterium necrophorum*, *Fusobacterium nucleatum* y *Peptostreptococcus anaerobios* ⁽⁵⁹⁾.

Este cemento se colocó en la superficie de este medio de cultivo y se incubó a una temperatura de 37°C por un periodo de 24 a 48 horas, después de este tiempo se observó que el MTA había presentado un efecto antibacteriano en 6 de las 9 bacterias facultativas: *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius*, *Lactobacillus species*, *Staphylococcus epidermis* y en *Escherichia coli B*, pero no mostró ningún efecto antibacteriano en ninguna de las 7 bacterias estrictas anaerobias.

Pero en otro estudio ⁽⁶⁰⁾ realizado por Torabinejad y Ford en bacterias de la cavidad oral se demostró que el MTA si presentó efecto antibacteriano en *Streptococcus fecalis*.

Nakata y col. ⁽⁴⁷⁾ utilizaron un modelo de filtración bacteriana anaerobia, para evaluar la calidad del MTA y la amalgama cuando son utilizados en obturación de perforaciones.

Se demostró que los dientes obturados con MTA, permiten una menor microfiltración bacteriana del *fusobacterium nucleatum* en comparación con los dientes obturados con amalgama, siendo la diferencia estadísticamente significativa.

5.4 Microfiltración de partículas

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre filtración de partículas, siendo la penetración de colorantes uno de los mas usados.

Lee y col. ⁽⁴⁸⁾ Realizaron un estudio in Vitro en el que evaluaron la Microfiltración que presenta el MTA al ser usado como material de obturación de perforaciones radiculares, empleando como marcador el azul de metileno.

Los resultados demuestran que el MTA filtró significativamente menos que otros materiales. Esto demostró que es un buen material ya que cuando un material de obturación no permite el paso de moléculas pequeñas tales como partículas de colorante, tiene el potencial de prevenir la filtración bacteriana que tienen un tamaño molecular mayor.

Esta respuesta ante la microfiltración tanto de partículas como de bacterias se debe a las propiedades que posee el MTA como: solubilidad, resistencia al desplazamiento, sellado y adaptación marginal.

5.5 Solubilidad.

La falta de solubilidad ha sido una de las características ideales de un material de obturación. El desgaste de los materiales de restauración puede ocurrir por los ácidos generados por las bacterias, ácidos presentes en comidas y bebidas y por desgaste por contacto oclusal.

Los materiales de obturación están normalmente en contacto con el fluido del tejido perirradicular hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso ó por el cemento. En términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad de estos materiales concluyeron que no se evidencian signos significativos de solubilidad del MTA en presencia de agua ó de un campo húmedo. Torabinejad y Cols. 1995. ⁽⁴⁹⁾

5.6 Resistencia al desplazamiento

Richard A., Vander W., Schwart, Thomas J. ⁽⁵⁰⁾ evaluaron la resistencia que presenta el MTA al desplazamiento. Este estudio se realizó reparando perforaciones radiculares con dicho cemento, aún en presencia de sangre. Las pruebas consistieron en aplicar fuerza a las obturaciones realizadas con este material, a las 24 horas se aplicó una Fuerza vertical directamente sobre este en cada uno de los dientes y se observó un desplazamiento de 0.2 mm/min. A las 72 horas se repitió el mismo procedimiento observándose un desplazamiento de 0.010mm. Los resultados demostraron que fuerzas significativamente grandes fueron requeridas para causar desplazamiento del MTA.

También se evidenció una alta resistencia al desplazamiento a las 72 horas de haber sido colocado, resistencia significativamente mayor que la mostrada a las 24 horas. Lo cual indica, que la reacción química, continúa, luego de la reacción inicial.

5.7 Sellado

La calidad del sellado por materiales de obturación apical es evaluada a través de distintas técnicas, tales como: Grado de penetración de colorantes, bacterias y técnicas de filtración de fluidos. De esta manera ha sido evaluado el MTA.

Torabinejad y col. ^(51,52) utilizaron un colorante fluorescente (Rodamina B) para evaluar la capacidad de sellado del MTA. Los resultados demostraron que luego de 24 horas, el MTA sufrió una escasa filtración.

El MTA es un material que proporciona un sellado, que impide el paso de antígenos desde el canal radicular hasta los tejidos periapicales o viceversa. Este cemento logra un buen sellado, probablemente debido a su naturaleza hidrofílica y a la ligera expansión cuando fragua en un medio húmedo. ⁽⁵²⁾

La ventaja que presenta el MTA ante otros materiales es que no necesita un campo seco y su capacidad selladora no se ve afectada por la presencia de sangre ó saliva.

Esto se demostró en la propuesta de un estudio ⁽⁵³⁾ la cual fue, comparar la filtración en presencia de sangre mediante el uso de un colorante en cavidades de la porción apical obturadas con amalgama y MTA.

Después de eliminar tres milímetros apicales de 90 dientes extraídos se estandarizaron las cavidades retrogradas. 80 de estas raíces fueron divididas en 4 grupos y obturadas con los materiales a experimentar, después de obturadas las raíces se mantuvieron contaminadas con sangre. Las 90 raíces se colocaron en azul de metileno durante 72 horas. Posteriormente se partieron y fue valorada la penetración lineal del colorante. El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de la variación. La presencia o ausencia de sangre no intervino en el resultado final. El MTA presentó menor filtración de forma significativa.

En otro estudio realizado por Torabinejad y col. ⁽⁵⁴⁾ se examinó in Vitro la capacidad de sellado del MTA. Este estudio se realizó en presencia ó ausencia de contaminación de sangre. Dado que la contaminación con humedad ó sangre es un factor importante y constante en las preparaciones cavitarias para obturaciones retrogradas, resulto interesante comparar que ambas situaciones no influyeron significativamente en los resultados y que el MTA presentó los menores valores de filtración entre todos los materiales testados, tanto en presencia como en ausencia de contaminación por sangre.

Otros autores evaluaron la capacidad de sellado del MTA⁽⁵⁵⁾ en obturaciones retrogradas en diferentes periodos de tiempo como 24 horas, 72 horas, dos semanas, cuatro, ocho y doce semanas, utilizando el sistema de medición de la filtración por medio de fluidos. El MTA mostró un excelente sellado a las 12 semanas de inmersión en el fluido.

La capacidad de sellado que presenta el MTA esta directamente relacionada con el grosor del material que se usa como obturador. Esto se demostró en un estudio realizado para comparar la habilidad selladora del MTA en diferentes grosores del material. ⁽⁵⁶⁾ Para este estudio se usaron 64 dientes extraídos, todos con un solo conducto, a los cuales se les realizo una cavidad clase uno en la parte apical de la raíz, estos se dividieron en cuatro grupos; en el grupo 1 la cavidad se preparo a una profundidad de 1mm, en el grupo 2 a una profundidad de 2mm, en el grupo tres a una profundidad de 3mm, y en el cuarto grupo a una profundidad de 4mm. Cada una de las cavidades fue obturada con MTA. La solución que se uso fue 0.01% de azul brillante, 4.7% de etanol y un 8.5% de ácido fosfórico.

Las partes coronales de los dientes se sumergieron en un frasco con agua y la parte apical que había sido obturada con MTA en un cilindro de plástico, el cual contenía la solución por un periodo de 60 días.

Los resultados mostraron que, las muestras de 1mm filtraron entre los 6 y 33 días. En los dientes con cavidad a 2mm después de los 60 días se observo filtración en 47% (7/15), en los dientes con cavidades de 3mm se observo una filtración de un 40% (6/15) y 7% (1/15) de filtración en los dientes con cavidades de 4mm.

Con este estudio se demostró que el MTA a un grosor de 4mm proporciona un mejor sellado.

5.8 Adaptación marginal.

Un material de obturación ideal debe adherirse y adaptarse a las paredes de la dentina. En este sentido Torabinejad y col. En 1993 ⁽⁵⁷⁾ realizaron un estudio para evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA. Los resultados muestran que, a excepción de las muestras obturadas con MTA, en la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente se observa la presencia de brechas y vacíos entre el material de obturación y las paredes de la cavidad, mientras que con el MTA se observa la mayor adaptación y menor cantidad de brechas.

Torabinejad y cols. En 1995 ⁽⁵⁸⁾ realizan otro estudio donde se evalúa nuevamente la adaptación marginal del MTA como material de obturación; comparando los cortes longitudinales de estos con replicas de resina bajo el microscopio electrónico de barrido. En este estudio, la adaptación de los materiales de obturación a retro se evaluó directamente en cada paso. Como resultado de este estudio se observó que el MTA muestra la brecha más pequeña.

Así nos damos cuenta que el MTA proporciona mejor adaptación marginal que los materiales comúnmente utilizados como obturadores a retro.

Conclusiones:

La presente revisión bibliográfica ha demostrado que EL MTA posee las cualidades requeridas para un material de obturación y es utilizado en diversos tratamientos endodónticos, como: Apicoformación, perforación de furca, resorciones, obturaciones a retro, barrera para blanqueamiento, obturación provisional hermética, rizólisis y traumatología.

En estudios realizados en animales, el MTA se muestra superior a otros materiales de obturación, en cuanto a Microfiltración y Biocompatibilidad.

Diversos estudios sobre Microfiltración bacterianas de contraste realizados en preparaciones de extremo radicular, tanto seca como contaminado con sangre, indican que el MTA consigue un mejor sellado que la amalgama, el IRM o el Súper-EBA.

Es capaz de inducir la formación de tejido duro tanto de cemento como de hueso, provocando menor inflamación perirradicular.

Respecto a la microfiltración se ha visto que el MTA presenta una adecuada respuesta. Por que proporciona un adecuado sellado y adaptación marginal. Esto gracias a sus partículas hidrofílicas y su escasa contracción, lo cual hace posible que tenga una adecuada adherencia a las paredes dentinarias y al cemento. Formando así una barrera selladora que impide el paso de fluidos ó partículas como son las bacterias a los tejidos perirradiculares.

Fuentes de información:

- 1 – C. Estrela. Ciencia endodontica. Editorial Artes Medicas Latinoamericanas, 2005. pp. 174.
- 2 – C. Estrela. Ciencia endodontica. Editorial Artes Medicas Latinoamericanas, 2005. pp. 174 – 175.
- 3 – C. Estrela. Ciencia endodontica. Editorial Artes Medicas Latinoamericanas, 2005. pp. 175.
- 4 - C. Estrela. Ciencia endodontica. Editorial Artes Medicas Latinoamericanas, 2005. pp. 176.
- 5 - C. Estrela. Ciencia endodontica. Editorial Artes Medicas Latinoamericanas, 2005. pp. 175.
- 6 –Al-Hezaimi, Naghsbandi J. Oglesby S., Simon H., Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of Mineral Trioxide Aggregate cements. J. Endod. 2005: 31: 453-455.
- 7 - Walton E, Torabinejad M. Endodoncia principios y practica; Editorial McGraw-Hill Interamericana. 1996 pp 349 – 350.
- 8 - Harty FJ. Endodoncia en la práctica clínica. Editorial El Manual Moderno, 1994 2° edicion. pp. 625 – 630.
- 9 - Walton E, Torabinejad M. Endodoncia principios y practica; Editorial McGraw-Hill Interamericana. 1996 pp. 349 – 350.
- 10 -Harty FJ. Endodoncia en la práctica clínica. Editorial El Manual Moderno, 1994 2° edicion. pp. 409 - 415.
- 11 - Lasala A. Endodoncia 4° Edicion, Editorial Salvat. pp. 40 – 50.
- 12- Schwartz R, Mauger M, Clement D , Walter III W. Mineral Trioxide Aggregate: A new material for endodontics. J. Am Dent Assoc. 1999: 130:967 – 975.
- 13 -Torabinejad M. Chivan N. Clinical applications of Mineral Trioxide Aggregate. J. endod 1999: 25 (3): 197 – 205.

- 14 - Al-Hezaimi K, Naghsbandi J, Oglesby S, Simon H, Rotstein I. Human saliva penetration of root Canals obturated with two types of Mineral Trioxide Aggregate cements. *J. Endod* 2005;36 (6): 453 – 455.
- 15 - Hayashi M, Shimizu A, Ebisu S. MTA for obturation of mandibular central incisors with open apices: Case report. *J. Endod* 2004; 30: 120 – 122.
- 16 - Mendoza M, Solano R, DE Luque. Cierre apical mediante Agregado Trióxido Mineral (MTA). *Endodoncia* 2002; 20: 28 – 37.
- 17 - Islam I, Cheng C, Jin A. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *J. Endod* 2006;32: 193 – 197.
- 18 - Berastegui J. Actualización sobre el Proroot- MTA en el año 2002. *Endodoncia* 2003;21: 36 – 49.
- 19 - Bates C. F, Carnes D.L, Del Rio C. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J. Endod*, 22 (11):575 – 578.
- 20 - Arens D, Torabinejad M. Repair of furcal perforation with mineral trioxide aggregate: two cases reports. *Oral Sug*; 1996; 82: 84 – 86.
- 21 - Shabahan & Torabinejad M. Presentation at the American Association of endodontics. 1997.
- 22 - Canalda C. *Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas*. Editorial MASSON pp. 270 – 272.
- 23 - Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Fort TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J. Endod* 1995; 6: 349 – 356.
- 24 - Douglas M.F, Baumgartner C. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *Endod* 2004; 30:422 – 424.
- 25 - Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walter WA III. Mineral trioxide Aggregate: A new material for endodontics. *J ADA* 1999; 130: 967 – 975.
- 26 - Pitt Ford T.R, Hong C.U, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J. Endod* 1994; 20: 188.
- 27 - Pitt Ford T: R, Abedi H.R, Torabinejad M, Tang H.M. Tibia and mandible reaction to implanted root-end filling material. *J. Endod* 1997; 23(4): 263.
- 28 - Frederick R, Priscilla Yeung, Peter C. Quantitative comparisons of the fill

density of MTA produced by two placement techniques. J. Endod 2006: 32: (5):456 – 459.

29 - Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Fort TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J. Endod 1995: 6: 349 – 356.

30 - Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Fort TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J. Endod 1995: 6: 349 – 356.

31 - Torabinejad M, Hong C.U, Pitt ford T.R, Kariyawasam M. D. Tissue reaction to implanted Super-EBA and Mineral Trioxide Aggregate in the mandibles of guinea pigs: A preliminary report. J. Endod 1995: 21: 403 – 406.

32 - Mehmet Y, Hakan O, Dilge B, Halim I. Reaction to connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. J. Endod 2004: 30(2): 95 – 99.

33 - Pitt Ford T.R, Torabinejad M, McKendry Dj, Hong Ch, Kariyawasam S.D. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995: 79: 756 – 762.

34 –Tavares L, Ivaldo M, Bernabe F, Gomes F, Monteiro B, Garcia R, Bernardinelli N. Evaluation of the tissue response to MTA and MBPC: Microscopic analysis of implants in alveolar bone of rats. J. Endod: 2006: 32(6): 556 – 559.

35- Ribeiro D.A, Hungaro M.A, Matsumoto A, Alentar M, Salvador M. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular white Portland cements. J. Endod 2005: 31(8): 605 – 607.

36- Mitchell P.J, Pitt Ford T.R, Torabinejad M, McDonald F, Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. Biomaterials. 1999: 20: 167 – 173.

37- Koh Et, Torabinejad M. Pitt Ford T.R. Brandy K. McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human Osteoblast. J. Biomed Mater Res 1997: 37: 432 – 439.

38- Torabinejad M. Hong C.U. Pitt Ford T.R. Ketering J.D. antibacterial effects of some root end filling materials. J. Endod 1995:21: 403 – 406.

39- Torabinejad M. Smith Pw. Ketering J.D. Pitt Ford T.R. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root end filling materials. J Endod 1995: 21: 295.

40– Osorio R.M, Hefty A. Cytotoxicity of endodontics materials. J. Endod 1998: 24(2): 91 – 95.

- 41 Erols S, Torabinejad M, Shahrokh S. Hart-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end filling material. *J. Endod* 2004; 30: 21 – 24.
- 42 – Shabahan S, Boyne P.J, Abedi H.R, McMillan P, Torabinejad M. Apexification in immature dog teeth using osteogenic prothein-1, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *J. Endod* 1997;23: 265.
- 43 –Yaltirik M, Sobas H, Belgi B, Issever H. Reaction of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod* 2004; 30(2): 95 – 99.
- 44 –Shabahan S, Torabinejad M, Boyne Ph. P, .Abedi H. A comparative study of rood end induction using osteogenic protein-1 calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate in dogs. *J. endod* 1999: 25: 1 – 5.
- 45 -Walton E, Torabinejad M. *Endodoncia principios y practica*; Editorial McGraw-Hill Interamericana. 1996 pp 391 – 392.
- 46 – Montellano M, Schwartz A, Beeson J. Contamination of tooth-colored mineral trioxide aggregate used as a root end filling material: A bacterial leakage study. *Endod* 2006; 32(5): 452 – 457.
- 47 –Nakata T.T, Baez KS, Baumgartner J. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate using an anaerobic bacterial leakage model. *J. endod* 1998: 24(3): 184 – 186.
- 48 - Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford T.R. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J. Endod* 1998: 21: 403 – 406.
- 49 - Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walter III WA. Mineral trioxide aggregate: A new material for endodontics. *J. Am Dent Assoc.* 1999 jul; 130(7): 967 – 975.
- 50 – Vander W, Schwartz A, Beeson J. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J. Endod* 2006; 32(5): 421 – 424.
- 51 – Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J. Endod* 1993;19: 591 – 593.
- 52 – Tome L, Zmener O. Posibilidades del MTA como material de sellado para la obturación retrograda en la cirugía endodontica. *Endodoncia* 2003; 21(3): 156 – 166.

- 53- Torabinejad M, Higa RK, McKendry Dj, Pitt Ford TR. Dye leakage of for root end filling materials: Effects of blood contamination. J. Endod 1994: 20:159 – 163.
- 54 –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: 159 – 163.
- 55 – Bates CH, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. J. Endod 1996: 22: 575 – 578.
- 56 – Valois R.A, Costa J.D. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end filling in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004: 97: 108 – 111.
- 57 – Torabinejad M, Watson T.F, Pitt Ford T.R. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material. J. Endod 1993: 19: 591 – 595.
- 58 - Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walter III WA. Mineral trioxide aggregate: A new material for endodontics. J. Am Dent Assoc. 1999 jul; 130(7): 967 – 975.
- 59 – Torabinejad M, Hong C. U, Pitt Ford T. R, Kettering J. D. Antibacterial effects of some root end filling materials. J. Endod 1995: 21(8): 403 – 406.
- 60 - Torabinejad M, Hong C. U, Pitt Ford T. R, Kettering J. D. The effects of three retrofilling materials on selected oral bacteria. J. Endod 1993 pp. 200 AB. 67.