



UNIVERSIDAD VILLA RICA

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**“APLICACIONES DEL TRIÓXIDO
MINERAL AGREGADO MTA COMO
CEMENTO DE OBTURACIÓN EN
ENDODONCIA”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
CIRUJANO DENTISTA**

P R E S E N T A:

NORA LIZBETH BORREGO GUERRERO

ASESOR DE TESIS :

COP MARÍA DEL PILAR LEDESMA VELÁZQUEZ

BOCA DEL RÍO, VER.

AGOSTO 2019



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.

DEDICATORIA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4

1.2 JUSTIFICACIÓN 6

1.3 OBJETIVOS 7

OBJETIVO GENERAL..... 7

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

1.4 HIPOTESIS 8

DE TRABAJO 8

NULA 8

ALTERNA 8

1.5 VARIABLES..... 9

VARIABLE INDEPENDIENTE..... 9

VARIABLE DEPENDIENTE..... 9

1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES 9

Definición conceptual..... 9

Definición operacional 10

1.7 TIPO DE ESTUDIO..... 11

1.8 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO 12

1.9 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

II

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MTA (TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO).....	13
MTA (TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO).....	13
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MANIPULACIÓN DEL MTA.....	17
<i>Manipulación del MTA.</i>	20
<i>Propiedades del MTA</i>	24
<i>Aplicaciones del MTA</i>	38
2.2 CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA.....	39
CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER UN CEMENTO ENDODONTICO:	40
CARACTERÍSTICAS DE UN CEMENTO OBTURADOR IDEAL	41
MATERIALES UTILIZADOS COMO CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA	42
<i>AMALGAMA</i>	42
<i>OXIDO DE ZINC EUGENOL</i>	42
<i>SUPER EBA</i>	43
<i>IRM</i>	43
<i>GUTAPERCHA</i>	44
<i>IONÓMERO DE VIDRIO</i>	44
<i>INÓMERO DE VIDRIO MODIFICADO CON METAL</i>	44
<i>COMPOSITE</i>	45
<i>HUESO DESHIDRATADO CONGELADO DESCALCIFICADO (DFDB)</i>	45
<i>CEMENTO DE FOSFATO DE CALCIO</i>	45
<i>FOSFATO TRICÁLCICO</i>	46
<i>HIDROXIDO DE CALCIO</i>	46

III

<i>HIDROXIAPATITA</i>	46
<i>BIOAGGREGATE</i>	46
<i>ENDOSEQUENCE</i>	46
<i>BIODENTINE</i>	47
<i>MTA</i>	47
<i>CEM (Calcium Enriched Mixture)</i>	47
2.3 APLICACIONES DEL MTA COMO CEMENTO OBTURADOR EN	
ENDODONCIA	53
<i>Recubrimiento Pulpar y Pulpotomía</i>	55
<u>APLICACIONES EN DIENTES PERMANENTES CON PULPA NECRÓTICA.</u>	69
<i>Apicoformación</i>	69
<i>Obturación apical retrógrada</i>	72
<i>Reparación de perforaciones radiculares</i>	74
<i>Resorción Radicular Interna</i>	79
<i>Reparación de fracturas verticales</i>	81
<i>Barrera en blanqueamientos internos</i>	82
<i>Tratamiento de dientes avulsionados</i>	83
<i>Cementado de postes prefabricados</i>	84
<i>Obturación apical a retro</i>	85
<i>Reparación de perforaciones radiculares</i>	91
<i>Reparación de perforaciones por resorción interna</i>	96
<i>Reparación de fracturas verticales</i>	97
<i>Barrera en blanqueamientos internos</i>	98
<i>Sellado intracoronal de dientes tratados endodonicamente</i>	99

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES

3.1 CONCLUSIONES 100

BIBLIOGRAFÍA 103

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 CEMENTO PORTLAND

2 MTA ANGELUS. A) GRIS B) BLANCO INTRODUCIDO EN EL AÑO 2001.

FIG.3. MTA PROROOT. MAILLEFER-DENTSPLY

A) PRESENTACIÓN GRIS B) PRESENTACIÓN BLANCO

FIG.4. PRINCIPALES COMPONENTES DEL MTA.

FIG.5 MTA BLANCO

FIG. 6 JERINGA MESSING

FIG 7. APLICADOR DE MTA. ANGELUS "TIPO MESSING"

FIG. 8. RX QUE MUESTRA LA RADIO-OPACIDAD DEL MTA A NIVEL DE LA FURCA.

FIG. 9. COLOCACIÓN DE MTA PARA INDUCIR UNA APRICOGÉNESIS

FIG. 10. MTA COMO BARRERA APICAL (APICOFORMACIÓN)

FIG. 11. REPARACIÓN DE PERFORACIONES CON MTA

FIG. 12. RESORCIÓN RADICULAR INTERNA TRATADA CON MTA

FIG. 13. PULPOTOMÍA EN DIENTE TEMPORAL CON MTA. EL CÍRCULO MARCA LA FORMACIÓN DE UN PUENTE DENTINARIO.

FIG 14. PERFORACIÓN CON MAL PRONÓSTICO.

FIG.15. VISTA BAJO EL MICROSCOPIO DE LA PERFORACIÓN SELLADA CON MTA BLANCO. FUENTE: MAIRE Y DE MOOR, (2008)

FIG.16. IATROGENIA DURANTE LA PREPARACIÓN DE ACCESO

FIG. 17. EL MOVIMIENTO DE FRESADO EN ENDODONCIA SIEMPRE ES DE ADENTRO HACIA AFUERA PARA EVITAR PERFORACIONES ACCIDENTALES.

FIG.18. A) PERFORACIONES SUPRAGINGIVAL (1) Y SUBGINGIVAL (2), B) PERFORACIONES DE LIGAMENTO Y HUESO (FLECHAS)

FIG.19. PISO DE LA CÁMARA PULPAR

FIG.20. PISO DE LA CÁMARA CULPAR DE UN PREMOLAR POLIRADICULAR.

VI

FIG. 21. MORFOLOGÍA DEL PISO DE LA CÁMARA CULPAR SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE SUS PAREDES.

FIG. 22. SIMULACIÓN DE PERFORACIÓN A NIVEL DE LA FURCA EN DIENTE EXTRAÍDO.

FIG. 23. PERFORACIÓN DE LA FURCA DURANTE EL ACCESO ENDODÓNCICO.

FIG.24. SANGRADO CONTINUO PROFUSO EN CÁMARA PULPAR DEBIDO A UNA PERFORACIÓN.

FIG. 25 LOCALIZACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

FIG. 26. SE LOCALIZA LA PERFORACIÓN

FIG. 27. PREPARACIÓN DEL MTA Y COLOCACIÓN CON PORTA-AMALGAMA

FIG. 28. FURCA SELLADA CON MTA, EN MOLAR DIAFANIZADO; NO SE OBSERVA FILTRACIÓN.

FUENTE: SAOUDI Y SAUNDERS.

FIG.29. MICROFOTOGRAFÍA DE LA DEPOSICIÓN DE CEMENTO SOBRE EL MTA.

INTRODUCCIÓN.

Durante la práctica endodóncica nos enfrentamos a una gama de situaciones clínicas que nos podrían llevar al fracaso de nuestro tratamiento, debemos tener en cuenta que existe siempre la posibilidad de que ocurran accidentes y complicaciones ya sea durante la apertura o trepanación, instrumentación biomecánica, irrigación y obturación de los conductos; por tal motivo, uno como profesional debe tener el máximo cuidado, prevención y concentración además de una sólida base de conocimientos y un buen manejo clínico durante el procedimiento endodóncico para poder disminuir las posibilidades de complicación en dicha práctica.

Es de suma importancia llevar a cabo un diagnóstico oportuno, un plan de tratamiento adecuado, el conocimiento del material que vamos a utilizar para solucionar cada caso en específico, así como la técnica adecuada para su aplicación. Al no tener estos conocimientos, podemos colocar en riesgo el pronóstico de él órgano dentario. Además, debemos preocuparnos también por tener en cuenta otros factores como son; un buen apoyo radiográfico que facilite al endodoncista u odontólogo general establecer su diagnóstico y tratamiento a realizar, que el material con el cual se trabaje se encuentre en buen estado y sea el adecuado para el procedimiento que se llevará a cabo, que el paciente no

presente patologías de base que pueden llevar a producir complicaciones durante el procedimiento endodóncico.

Por ello uno debe de tener en cuenta todos estos factores para poder prevenir alguna complicación y/o accidente en el tratamiento endodóncico, y si llegará a suceder saber que tratamiento y pronóstico tendrá el órgano dentario.

Una de las principales complicaciones del tratamiento endodóncico es la perforación no intencionada a nivel lateral de las raíces o del piso de la cámara pulpar, siendo más común: la perforación a nivel de la furca. Esta perforación puede producirse durante el acceso endodóncico propiamente dicho o durante la preparación intraradicular de un poste. Adicionalmente, en raíces curvas, es muy probable que se puedan producir perforaciones durante la preparación del acceso. A pesar del pronóstico poco alentador de los diferentes tratamientos a nivel de la furca radicular, podemos obtener excelentes resultados en su reparación; siempre y cuando realicemos un buen diagnóstico y un tratamiento oportunamente encaminado tomando en cuenta los factores necesarios para elegir el material requerido. El material ideal para ser utilizado en perforaciones radiculares debe ser biotolerante, capaz de sellar adecuadamente, no reabsorbible, radiopaco y bacteriostático. Al no haber un material obturador ideal en todos los aspectos, se continuó investigando hasta que en los años 90 apareció un nuevo material, llamado Agregado Trióxido Mineral (MTA), creado en la Universidad de Loma Linda (California) por el Dr. Mahmoud Torabinejad; para sellar todas las vías de comunicación existente en el sistema de conductos radiculares y la superficie externa.

Los estudios presentados por el Dr. Torabinejad, demuestran que este material es una excelente alternativa de tratamiento en distintas situaciones clínicas donde en ocasiones no había solución perdiéndose el órgano dentario; dicho material ha tomado fuerza en la práctica endodoncica ya que es ideal para utilizarse en tratamientos que involucren hueso, debido a que es el único que

permite el crecimiento de cemento y neoformación, lo cual induce a la regeneración del ligamento periodontal, gracias a sus propiedades como son la biotolerancia, su excelente capacidad de sellado y que no favorece a la inflamación, es considerado el material de elección para sellar y reparar perforaciones en furca.

CAPÍTULO I METODOLOGÍA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de adhesión a un ligamento periodontal funcional, consiste en un cemento sano, ligamento periodontal y hueso. La capacidad de permitir la regeneración de éste sistema es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, en apexificaciones, selle de perforaciones, obturación retrógrada, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y el tejido prenupcial.

Los estudios histológicos han reportado que un nuevo cemento puede ser formado adyacente a pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos periodontales. Éstos materiales incluyen al MTA.

Una verdadera regeneración requiere la interacción entre osteoblastos, fibroblastos y cementoblastos, y éstos últimos son el tipo de célula más apropiados para estudiar los efectos de los materiales endodóncicos sobre la cementogénesis. En un estudio se demostró que el MTA se adhiere a las células cementoblásticas, factores de crecimiento, ARN y expresión de proteínas involucradas en un proceso de mineralización. Éstos resultados soportan que el

MTA puede ser un material cementoconductor ya que permite la expresión de genes y proteínas involucradas con el proceso de cementogénesis; al ser estudiado in vivo se muestra la biocompatibilidad del MTA en cultivos de osteoblastos.

El MTA, es un material que provee un sellado efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabólicos como endocrinas, en base a varias investigaciones se ha demostrado su eficacia en la práctica odontológica, y la importancia de su aplicación en endodoncia, teniendo en cuenta sus características particulares, puede ser empleado en pulpotomías, apexificaciones, barrera durante el blanqueamiento, reparación de perforaciones dentarías, entre otros.

Al tener este espectro de usos el MTA se convierte en un material idóneo a utilizar en la practica endodónica actual.

Durante la práctica odontológica, nos enfrentamos a diversas situaciones clínicas que nos podrían llevar al fracaso de nuestro tratamiento endodónico; es por ello de suma importancia tener los conocimientos necesarios para llevar a cabo un diagnóstico oportuno, un plan de tratamiento adecuado y el conocimiento de las aplicaciones y técnica del material que vamos a utilizar para solucionar cada caso en específico.

Al no tener éstos conocimientos, podemos poner en riesgo el pronóstico del órgano dentario.

Por lo tanto surge la siguiente interrogación:

¿El conocimiento de las aplicaciones del MTA como cemento de obturación en endodoncia ayudará a llevar a cabo el tratamiento según sea el caso?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Éste trabajo de investigación tiene como finalidad dar a conocer las aplicaciones del MTA como cemento de obturación en endodoncia y sus técnicas de aplicación, para así realizar un tratamiento adecuado a cada situación clínica mejorando el pronóstico del órgano dentario en casos en que el único tratamiento era la extracción.

El odontólogo de práctica general y/u endodncista deben tener en cuenta que existen diversos accidentes operatorios que pueden llevarnos a realizar una perforación en un órgano dentario, y que existen casos en que es necesario un sellado entre el sistema de conductos y el periodonto para evitar un fracaso en nuestro tratamiento.

Es importante conocer como podemos solucionar cada caso en particular y que casos tendrán buen pronóstico y cuales no. El tratamiento debe realizarse inmediatamente, para obtener mejores resultados.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer las propiedades y generalidades del MTA así como las diferentes aplicaciones y técnicas utilizado como cemento de obturación en endodoncia, tomando en cuenta diversos factores para llevar a cabo un adecuado tratamiento y un buen pronóstico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las generalidades del MTA
- Identificar las aplicaciones del MTA como cemento de obturación en endodoncia
- Describir las técnicas de cada aplicación del MTA
- indicar las propiedades y composición química del MTA
- Explicar el mecanismo de acción del MTA
- Conocer la capacidad de sellado del MTA al ser utilizado como cemento obturador en endodoncia
- Describir las ventajas y desventajas del MTA en comparación con otros materiales de obturación en endodoncia

1.4 HIPOTESIS

DE TRABAJO

El conocimiento de las aplicaciones del MTA nos ayudará a utilizarlo como cemento de obturación en endodoncia según sea el caso

NULA

El conocimiento de las aplicaciones del MTA no nos ayudará a utilizarlo como cemento de obturación en endodoncia según sea el caso

ALTERNA

La aplicación del MTA será utilizada dependiendo la zona afectada que requiera obturarse.

1.5 VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

MTA

VARIABLE DEPENDIENTE

Cemento de obturación en endodoncia

1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Variable independiente:

MTA

M. Torabinejad Refiere que: El MTA (Agregado Trióxido Mineral) Es un material compuesto por diversos óxidos minerales, donde el calcio es uno de los principales iones. El MTA es un polvo que consiste en finas partículas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo da lugar a un gel coloidal con un PH medio de 12,5 que solidifica formando una estructura dura. El tiempo de fraguado del cemento hidratado es de unas 4 horas aproximadamente¹.

Fisher Refiere que: El MTA es un material desarrollado para endodoncia. Es derivado del cemento Portland, (cemento hidráulico que fragua y endurece al reaccionar con el agua conformando una masa resistente y duradera, usada en arquitectura y construcción)².

¹ Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR. Physical properties of a new root end filling material. J Endodon 1995;21:349-53.

² Fischer, E.J., Arens,D.E. & Miller, C.H. (1998). Bacterial leakage of Mineral Trioxido aggregate as compared with cinc – free- amalgam intermediate restorative material, and Super Eba as a root end lling material. Journal of Endodontic. 2(3), 176-9.

Aguado Refiere que: El MTA es un material biocompatible, con excelente capacidad de sellado, fragua en presencia de humedad y promueve la regeneración tisular³.

Variable independiente

Cemento de obturación en endodoncia

Soares-Goldberg Refieren que los cementos endodóncicos son sustancias que ayudan a sellar las áreas donde el material obturador no logra alcanzar, su función principal es evitar filtración entre la interface material-tejido dentaría⁴.

Miñana Gómez Refiere: Que el Cemento de obturación en endodoncia es aquel que nos sirve para sellar una perforación evitando la extrusión de material a los tejidos periodontales.⁵

Dazey S. Refiere que: El Cemento de obturación radicular final debe adherirse y adaptarse íntimamente a las paredes destinarais de la preparación radicular, prevenir la filtración de microorganismos y sus productos hacia los tejidos periodontales y debe ser biotolerante, insoluble en los fluidos tisulares.

DEFINICIÓN OPERACIONAL

Variable Independiente

MTA

³ 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.

⁴ Soares I; Goldberg F; Massone E; Soares L. Periapical tissue response to two calcium hy- droxide -containing endodontic sealers. J. En- dod. 1990. 16 : 166-169.

⁵ Miñana Gómez M. Utilización del agregado de trióxido mineral como barrera apical en dientes con el ápice abierto. Rev Esp Endodon 2000;18:131-9.

Cemento utilizado en endodoncia el cual consiste en un polvo y un líquido que al ser mezclados da una consistencia pastosa que puede ser empleada para sellar comunicaciones del periodonto al interior del conducto o piso de la cámara culpar de un órgano dentaría ya que gracias a sus propiedades al solidificar dicho material obtenemos un material de consistencia dura.

Variable Dependiente

CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA

Material que permite el sellado tridimensional evitando la filtración de los fluidos circundantes al interior del conducto radicular.

1.7 TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación será de tipo descriptivo porque permitirá dar a conocer las aplicaciones del MTA y las técnicas de su empleo en la práctica endodónica como material de obturación

1.8 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Dicha investigación tuvo como finalidad ampliar el conocimiento de las diversas características y aplicaciones del MTA según sea el caso en el que se requiera utilizarlo.

1.9 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las limitaciones del estudio encontradas en dicho estudio fue la falta de bibliografía sobre el tema al igual que figuras representativas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MTA (TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO)

MTA (TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO)

El MTA es un material desarrollado para endodoncia. Derivado del cemento Portland, (cemento hidráulico que fragua y endurece al reaccionar con el agua conformando una masa resistente y duradera, usada en arquitectura y construcción). (Fig. 1)

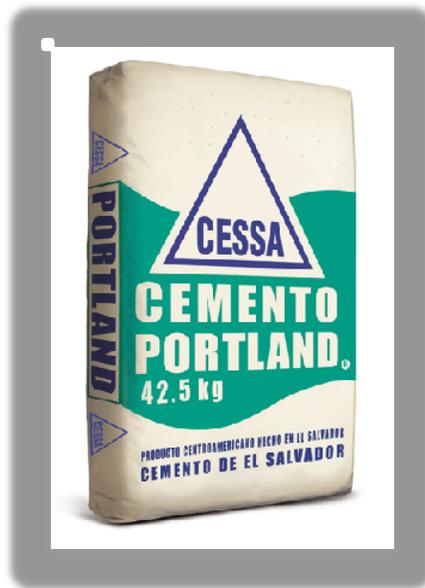


Fig. 1. Cemento Portland

El MTA fue desarrollado y reportado por primera vez de uso odontológico en 1993 por Lee, Torabinejad y colaboradores.⁶

Recibió su aprobación por los U.S. Food and Drug Administration en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental, el MTA ha sido utilizado en aplicaciones tanto quirúrgicas como no quirúrgicas. Su desempeño puede explicarse a través de su biotolerancia, baja inducción inflamatoria, insolubilidad y capacidad de sellado entre la cámara pulpar y los tejidos periodontales. Además, su capacidad reparativa puede ser atribuida a sus propiedades antimicrobianas y a su pH alto.

Estudios histológicos han reportado que puede existir la formación de nuevo cemento adyacente a pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos periodontales. Estos materiales incluyen al MTA, el cual favorece la formación de cemento y hueso, facilitando así la regeneración del ligamento periodontal.

La capacidad de permitir dicha regeneración, es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y el tejido periapical.

Una verdadera regeneración requiere la interacción entre osteoblastos, fibroblastos y cementoblastos, y estos últimos son el tipo de célula más apropiados para estudiar los efectos de los materiales endodóncicos sobre la cementogénesis. En un estudio se demostró que el MTA se adhiere a células cementoblásticas, factores de crecimiento, mRNA, y expresión de proteínas involucradas en un proceso de mineralización. Estos resultados soportan que el MTA es un material cemento conductor ya que permite la expresión de genes y proteínas involucradas con el proceso de la cementogénesis

⁶ Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR. Physical properties of a new root end filling material. (1995) J Endodon; 21: 349-53.

En una serie de estudios in vitro y in vivo se muestra la biotolerancia del MTA en cultivos de osteoblastos. El MTA, es un material que provee un sellado efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabolitos como endotoxinas, en base a varias investigaciones ha 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.

Por lo anterior, el MTA ha demostrado comparativamente, ser un material con propiedades superiores, aunque todos los materiales presentan cierto grado de citotoxicidad, ventajas y desventajas, por lo que la elección del material quedará a criterio del profesional según el caso a tratar.

Actualmente se disponen de diferentes marcas comerciales de MTA; entre ellas encontramos: ProRoot (Dentsply) y Angelus (Londrina, Brazil) ambas en dos presentaciones color gris y blanco:



A



B

Fig 2. MTA Angelus. A) Gris B) Blanco introducido en el año 2001.

ProRoot (Dentsply) se encuentra comercializado en 2 presentaciones, una de color gris, introducido en 1998 y otro de color blanco introducido en el año 2002; adjunta pipetas con agua estéril y el polvo de MTA contenido en sobres o frascos herméticamente sellados⁷ (Fig. 3)



A



B

Fig.3. MTA ProRoot. Maillefer-Dentsply

A) Presentación Gris B) Presentación Blanco

⁷ http://www.dentsplymaillefer.com/wp-content/uploads/2016/10/Dentsply_Maillefer_PROROOT_MTA_0216_DFU_ES.pdf

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MANIPULACIÓN DEL MTA.

El polvo que compone el Trióxido Mineral Agregado es principalmente cemento de tipo Portland, que está formado por compuestos cálcicos. (Fig.4)

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: $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Silica cristalina
0,6 %	Residuos insolubles
	Oxido de calcio
	Sulfato de potasio y sodio

Fig.4. Principales componentes del MTA.

El MTA es un polvo que consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad, es decir, que al hidratarse generan un gel coloidal que forman una estructura dura.

Se le ha adicionado óxido de bismuto (Bi_2O_3) en un 20%, que le da una radiopacidad superior a la dentina.

Composición química del MTA Blanco.



Fig 5. MTA Blanco

Recientemente, el MTA blanco se ha desarrollado y comercializado para sustituir el MTA gris cuando existe un compromiso estético, debido a que la presentación gris era propenso a pigmentar la estructura dentaria, por lo que en su contenido se observa una reducción significativa en la proporción del componente $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. (Aluminato Férrico Tetracálcico).

En este sentido, Asgary et al. analizaron y compararon los elementos constitutivos del ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) blanco y del ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) gris.⁸

El análisis de los resultados mostró que los óxidos predominantes en ambos tipos de MTA son el calcio, sílice y Bi_2O_3 respectivamente (73% en el gris y 82% en el blanco). Las mayores diferencias se encontraron en las

⁸ Asgary S, Parirokh M, Eghbal M, Ghoddusi J, Eskandarizadeh A. SEM evaluation of neodentinal bridging after direct pulp protection with mineral trioxide aggregate. Australian Endodontic Journal 2006; 32: 26-30

concentraciones de trióxido de aluminio, MgO y especialmente en el Fe₂O₃, siendo la concentración de estos considerablemente menores en el MTA blanco.⁶

Los autores hacen referencia, que la mayoría de los elementos transicionales como el cromo, magnesio, hierro y cobre, contienen electrones libres (relacionados con la adhesión), que son los que exhiben colores oscuros cuando forman óxidos. Todos estos elementos están presentes en el MTA gris. Por lo que la ausencia significativa de óxido de hierro en el MTA blanco es la causa principal de su color.⁹ En un estudio similar, Camilleri et al. determinaron la constitución de las dos presentaciones del MTA; ProRoot MTA gris y blanco (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) antes y después de la mezcla con agua. Los materiales fueron analizados utilizando energía dispersa por medio de rayos X (EDAX) y microscopio electrónico de barrido mediante difracción de rayos X (XRD).¹⁰

Los resultados demostraron mediante el EDAX, que el MTA blanco está compuesto principalmente por calcio, sílice, bismuto y oxígeno, mientras que el MTA gris está compuesto por calcio, sílice, aluminio, hierro, bismuto y oxígeno, siendo el calcio y el sílice los elementos más predominantes.

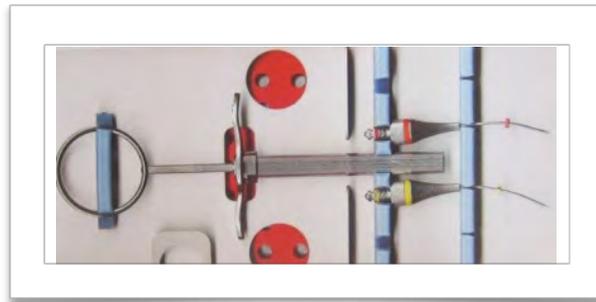
El análisis mediante el XRD, mostró que el MTA blanco está compuesto principalmente por 3CaO-SiO₂ y Bi₂O₃, mientras que el MTA gris está compuesto principalmente por 3CaO-SiO₂, 2CaO-SiO₂ y Bi₂O₃. El MTA blanco no contiene entre sus componentes el hierro, no engloba las grandes partículas del MTA gris, que son importantes para el manejo de sus propiedades clínicas.

⁹ Asgary S, Parirokh M, Eghbal M, Ghoddusi J, Eskandarizadeh A. SEM evaluation of neodentinal bridging after direct pulp protection with mineral trioxide aggregate. *Australian Endodontic Journal* 2006; 32: 26-30

¹⁰ Camilleri J, Montesin F, Papaicannou S, Mc Donald F, Pitt Ford T. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal* 2004; 37: 699-704.

MANIPULACIÓN DEL MTA.

- Una vez que se abra el sobre del polvo, el sobrante debe guardarse en recipiente con tapa hermética y lejos de la humedad.
- Se debe preparar según indicaciones del fabricante.
- Se debe mezclar el polvo con agua estéril o solución salina, en una relación de 3:1, en loseta de vidrio o papel, con espátula de metal o plástica.
- El área donde se aplicará debe secarse con algodón o gasa si hay exceso de humedad, el área puede tener leve humedad o sangrado.
- La mezcla debe tener una consistencia pastosa.
- Requiere de humedad para fraguar, por lo que no se debe dejar la mezcla expuesta al medio ambiente, pues se deshidrata, obteniendo una textura seca.
- La mezcla se deposita en un aplicador de metal "tipo Messing" o "Jeringa "Messing" o aplicador de plástico (portamalgama) para llevarla a la zona o la cavidad clínica a tratar.^{2,4} (Fig. 6)



(Fig. 6) Jeringa Messing

- El material se coloca en la zona a tratar compactándolo con una torunda de algodón húmeda. Según Arens y Torabinejad, Maroto y cols. en perforaciones de la furca se coloca el material con presión mínima.¹¹
- Al colocar el MTA en una perforación, éste absorbe la humedad de la zona, debe mantenerse una consistencia pastosa lo que mejora la fluidez, la humectación y adaptación a las paredes dentarias.
- Una vez colocado se pone una torunda de algodón húmeda, dejándola de uno a tres días para ayudar al fraguado.
- Sobre la torunda de algodón húmeda se coloca un material de obturación temporal, de fraguado rápido. Se deja durante tres días sin remover.
- El MTA por su composición puede provocar decoloración de la estructura dentaria, por lo que los autores recomiendan colocarlo por debajo de la línea gingival o cresta ósea.

Angelus propone un instrumento compuesto de acero inoxidable (Fig. 7), para la aplicación del MTA siguiendo las instrucciones del fabricante que se mencionan a continuación:¹²



¹¹ Parirokh, M., Torabinejad, M. (2010). Agregado Trióxido Mineral. Una revisión bibliográfica completa. Parte III: Implicaciones clínicas, desventajas y mecanismos de acción. Journal of the American Dental Association. 36.

¹² http://angelus.ind.br/medias/1708240835_MTA-ANGELUS---Bula.PDF

Indicaciones del fabricante (Angelus):

- Utilizarlo para insertar materiales (MTA o similares) en preparaciones radiculares apicales, perforaciones laterales de la raíz y ápices dentales no formados, en los procedimientos endodóncicos.
- Esterilización del instrumento previo a su uso.

Técnica de uso:

- Seleccione el material para uso
- Presionar la punta del aplicador sobre el material listo para cargar el aplicador.
- Posicione el aplicador a la región dental preparada y coloque el material.
- Condense el material en la cavidad con un instrumento para mejor adaptación.

Se considera que el MTA debe prepararse, según los fabricantes y diversos investigadores, inmediatamente antes de usarlo. El polvo de MTA es presentado en sobres herméticamente sellados. Después de ser abiertos, el material debe guardarse en recipientes con tapas herméticas y lejos de la humedad

El polvo debe mezclarse con agua estéril a una ratio de 3:1 en una loseta de vidrio o papel con la ayuda de una espátula de plástico o de metal. La mezcla puede llevarse en un transportador de plástico o metal a la zona operatoria. Si el área de aplicación está muy húmeda, el exceso de humedad puede eliminarse con un trozo seco de gasa, espuma, o algodón. En casos en que la mezcla esté muy seca, puede añadirse más agua a la mezcla hasta obtener una consistencia pastosa. Como el MTA requiere humedad para fraguar, dejar la mezcla en una loseta de vidrio o papel dará lugar a una deshidratación del material y a una mezcla seca y arenosa.

Se puede colocar el MTA en el área a sellar, compactándolo con una torunda de algodón. Al parecer, el MTA no tiene que compactarse tan firmemente como otros materiales para lograr una adecuada adaptación a la superficie del diente. El tiempo de trabajo se considera aproximadamente de 4 minutos, ya que el material comienza a deshidratarse si pasa más tiempo. Tras la colocación del MTA, se recomiendan cubrir el MTA con una torunda de algodón o una gasa húmeda de 1 a 3 días, para contribuir al fraguado.

Por otra parte, Sluyk y cols. estudiaron el MTA en perforaciones de la furca y evaluaron las diversas condiciones de sellado coronario, colocando una torunda de algodón húmeda o seca. Los resultados no mostraron diferencias significativas con relación a la resistencia al desalojo. Una posible explicación es que la humedad de la zona es adecuada para mantener la necesidad hidrofílica del polvo y la condición de la torunda en la cámara pulpar sólo origina una pequeña diferencia, observada y no estadísticamente significativa.¹³

Por otro lado, Pitt Ford y cols. recomiendan que al sellar las perforaciones de furca, se obture por completo el acceso de la cavidad con MTA y que la restauración definitiva se coloque de 1 a 7 días después. A diferencia del estudio anterior, Sluyk y col. demuestran que a las 72 horas, el MTA resiste un desplazamiento al desalojo significativamente mayor, que a las 24 horas. Por ello, recomiendan que después de colocar el MTA, éste sea protegido con un material de restauración intermedia, de fraguado rápido y se deje durante 3 días sin tocar. Por otro lado, como el MTA fragua en presencia de humedad, la sangre no afecta su habilidad de sellado.

¹³ Sluyk, S. R.; Moon, P. C.; Hartwell, G. R (1998). Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. J. Endod., 24(11):768-71.

En cuanto a otras recomendaciones de manejo del Agregado Trióxido Mineral, se considera que este material, por su composición química, puede provocar decoloración de la estructura dentaria, por lo que se recomienda que sea utilizado en el espacio del conducto radicular y cámara pulpar que se encuentra apicalmente a la línea gingival o cresta ósea.

PROPIEDADES DEL MTA

Se considera que las propiedades del MTA varían según características tales como: el tamaño de las partículas que lo forman, la proporción en la mezcla de polvo y agua, la temperatura ambiente, la presencia de agua y de aire en el medio en el cual se coloca, entre otras. Pero en los diversos estudios llevados a cabo hasta la fecha, los investigadores han hallado propiedades físicas y químicas generales que caracterizan a este material.

TIEMPO DE ENDURECIMIENTO

Se considera que el tiempo medio de endurecimiento del MTA es de 2 a 4 horas de media. Los resultados de múltiples estudios han mostrado que el MTA tiene un tiempo de endurecimiento más largo en comparación con otros materiales como la amalgama. Autores como Torabinejad y cols., consideran a este respecto que, aunque es deseable que un material de obturación endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad a sellar, para que el tiempo que esté sin fraguar en contacto con el tejido vital sea el mínimo, es importante que no sufra una gran contracción.¹⁴ Sin embargo, en términos generales, a mayor rapidez de fraguado

¹⁴ Torabinejad, M.; Chivian, N.; (1999). Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. J. Endod.25 (3):197-05.

del material, mayor rapidez de contracción. Por ello, consideran que este fraguado lento podría permitir al MTA una leve contracción, lo que podría explicar por qué el MTA tiene una gran capacidad de sellado, filtrando menos colorante y bacterias, en estudios de filtración realizados con este material.

Una de las ventajas que parece ofrecer el MTA, es que el fraguado de este material se produce en presencia de humedad. Por ello, puede ser aplicado en áreas donde exista sangrado u otros fluidos fisiológicos. Es por lo que, también, la mayoría de los autores aconsejan dejar en contacto con el MTA una torunda de algodón o una gasa húmeda durante un promedio de 3 a 24 horas, antes de obturar definitivamente el diente a tratar, e incluso algunos autores describen que es posible dejarlo en contacto directo con la saliva.

VALOR DEL PH

Según Torabinejad y cols., el pH obtenido por el MTA después de mezclado es de 10,2 y, a las 3 horas, se estabiliza en 12,5. A partir de estos hallazgos, Torabinejad y cols. dedujeron que, al presentar un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, si se aplicase esta sustancia como material de obturación apical, podría posibilitar efectos antibacterianos, así como inducir la formación de tejido duro, al igual que ocurre con el hidróxido de calcio.¹⁵

RADIOPACIDAD

Dentro de la composición del MTA se han incluido partículas de óxido de bismuto, para favorecer sus propiedades de radiopacidad. La medida de

¹⁵ Torabinejad, M.; Chivian, N.; (1999). Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. J. Endod.25 (3):197-05.

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

Shah y col. (citados por Torabinejad), evidencian que el MTA es más radiopaco que otros materiales de obturación apical como el IRM® y el Super-Eba®, y es también más radiopaco que la gutapercha convencional y que la dentina, lo que permite su fácil distinción en placas radiográficas¹⁶

Una de las características ideales para un material de obturación, es la de ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en la preparación cavitaria, y el MTA presentaría, pues, esta ventaja de distinguirse fácilmente en las radiografías.

Estudios de Laghios y cols., analizaron comparativamente la radiopacidad de diversos materiales empleados para la obturación apical de raíces (amalgama de plata, cemento de ionómero de vidrio, gutapercha, IRM® y Super-Eba®). Los resultados mostraron que el MTA se distingue de la dentina por su mayor radiopacidad, pero resulta ser menos radiopaco que los otros materiales de obturación analizados en este estudio.¹⁷

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En los diferentes estudios llevados a cabo con respecto al MTA, la resistencia a la compresión de este material ha resultado ser, a los 21 días, de aproximadamente 70 Mpa, comparable a la del IRM® y Super-Eba®, pero significativamente menor que de la amalgama, que es de 311 Mpa.

La resistencia a la compresión de un material es un factor importante a

¹⁶ 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

¹⁷ Laghios OD, Benson BW, Gutmann JL, Cutler CW. Comparative radiopacity of tetracalcium phosphate and other root-end filling materials. International Endodontic Journal 2000;33:311-

considerar, principalmente cuando se emplea como obturación en una cavidad que soporte cargas oclusales. Sin embargo, en los casos en que el material se emplee con fines como sellado apical, pulpotomía, recubrimiento pulpar, o reparación de lesiones de furca, la resistencia compresiva no es un factor principal, debido a que en estos casos los materiales no soportan una presión directa. Por todo ello, no se aconseja el empleo de MTA en áreas compresivas, pero sí en tratamientos internos dentales. Una de las características destacadas por los autores en los estudios sobre el MTA es que su endurecimiento y su resistencia a la compresión aumentan con el tiempo, siempre que en el ambiente donde esté situado exista un mínimo de humedad, pues este material, como ya se ha mencionado, fragua en presencia de humedad.

SOLUBILIDAD

Los trabajos realizados por Torabinejad y cols. respecto a la solubilidad del MTA concluyen, en términos generales, que no se evidencian signos significativos de solubilidad en agua.¹⁸ Así mismo, se han demostrado resultados similares en cuanto a solubilidad para otros materiales de obturación como el Super-Eba® y la amalgama, mientras que sí se observan signos de solubilidad para el IRM.

Según Grossman y Plum, la falta de solubilidad es una de las características ideales de un material de obturación para lograr un correcto sellado. El desgaste de los materiales de obturación puede ocurrir por los ácidos generados por la bacteria, ácidos presentes en comidas y bebidas, por desgaste por contacto oclusal o por contacto con fluidos internos como el del tejido

¹⁸ Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and Chemical Properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1995; 21(7):349-53.

perirradicular. El hecho de que el MTA presente un nivel muy bajo de solubilidad en agua, es una característica positiva para poder emplearlo como material de obturación y sellado¹⁹

CAPACIDAD DE SELLADO

La capacidad de sellado del MTA ha sido evaluada principalmente en calidad de material de obturación apical y de reparación de perforaciones de furca. Para ello se han empleado varias técnicas como el grado de penetración de colorantes, radioisótopos, bacterias, medios electroquímicos y técnicas de filtración de fluidos. Básicamente, estos estudios pueden ser divididos en dos grupos:

- microfiltración de partículas no bacterianas
- microfiltración de bacterias y toxinas En cuanto a la microfiltración de partículas, se han llevado a cabo numerosas investigaciones para analizar la filtración de partículas a través del MTA, siendo la penetración de colorantes uno de los métodos más empleados.

Según autores como Torabinejad y Bates, cuando un material de obturación no permite el paso de moléculas pequeñas, tales como las partículas de colorante, tiene el potencial de prevenir la filtración de bacterias y de muchas de sus endotoxinas, que tienen un tamaño molecular mayor que el del colorante.²⁰

Por ello, la técnica de filtración de fluidos permite evaluar la capacidad de un material de resistir la microfiltración. La medición del filtrado refleja la totalidad de la filtración acumulada en la interfase entre la restauración y la dentina y, en

¹⁹ Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001] Disponible en: dirección: <http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado7.ht>

²⁰ Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end-filling materials; effects of blood contamination. Journal of Endodontics 1994;20(4):159-63.

consecuencia, puede aportar información con valor cuantitativo. Este método es considerado actualmente el más fiable para determinar la capacidad de sellado de los materiales de obturación apical. La mayoría de los estudios de filtración de MTA se refieren a su aplicación como material de obturación apical.

ADAPTACIÓN MARGINAL, SUBOBTURACIÓN Y SOBROBTURACIÓN

En cuanto a la capacidad de adaptación marginal del MTA, la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha en referencia a esta cualidad, se han realizado con respecto a la utilización de este material como obturación apical y como reparador de perforaciones de furca. Se considera que un material de obturación ideal debe adaptarse y, si es posible, adherirse a las paredes de la dentina.

Con el fin de evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA en obturaciones apicales, Torabinejad y cols., realizaron un estudio comparándolo con otros materiales como el Super-Eba® y la amalgama. Los resultados mostraron que, excepto para las muestras obturadas con MTA, la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente presentaban brechas y vacíos entre el material de obturación y las paredes de la cavidad. Las cavidades apicales obturadas con amalgama mostraron un grado más bajo de adaptación a las paredes dentinarias, mientras que, con el MTA, se observó la mayor adaptación y menor cantidad de brechas, presentando también el MTA un significativo menor grado de microfiltración.²¹

También Lee, Monsef y Torabinejad, compararon en el año 1993, la

Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3): 159-71.

²¹

capacidad de sellado de amalgama, IRM® y MTA en perforaciones de furca. Los resultados mostraron, entre otras características, que el MTA presentaba menor grado de sobreobtusión que los otros dos materiales. Esto se debería, según los autores, a que la consistencia del MTA permite la adaptación en la lesión, sin necesidad de realizar una presión excesiva que pudiera extruir el material. Por otro lado, en este estudio se muestra también que el nivel de sobreobtusión no interfiere en el nivel de filtración de colorante y, por tanto, no influiría en los resultados clínicos del tratamiento.²²

La forma de condensación del MTA ha sido estudiada principalmente en su uso como obturación apical y como reparador de perforaciones radiculares y de furca. Según la mayoría de los autores, la extrusión más allá del ápice de cualquier material de relleno durante la reparación de perforaciones radiculares puede constituir un problema, pues puede causar una lesión traumática al ligamento periodontal circundante, generando así una inflamación que retarda la cicatrización de la lesión (Martin y cols. citados por Lee y cols.) Sin embargo, para otros autores, el hecho de que el MTA pueda sobrepasar los límites dentarios no supone un problema patológico, pues el tejido perirradicular tolera bien la presencia de este material, dado su alto nivel de biocompatibilidad.²³

Con respecto a la subobtusión, la amalgama mostró la mayor tendencia, seguido por el MTA y luego e IRM. Por otro lado, tanto en la sobreobtusión como en la subobtusión, el MTA presentó una menor penetración del colorante, siendo la diferencia estadísticamente significativa.

Otro estudio, realizado por Nakata y cols., donde se evaluó la sobreobtusión y subobtusión de los materiales de obturación apical, con la

²² Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics* 1993; 19(11):541-4

²³ Lewis B. Formaldehyde in dentistry: a review for the millennium. *Journal of clinical pediatric dentistry* 1998; 22(2):167-77.

finalidad de comparar la capacidad del MTA y de la amalgama para sellar perforaciones de la furca, mostró que la sobreobtención se observa comúnmente en las reparaciones con amalgama. Con respecto a la microfiltración bacteriana, se evidenció que el MTA, en los 45 días que duró el experimento, no mostró microfiltración, mientras que 8 de las 18 muestras reparadas con amalgama mostraron microfiltración bacteriana en 45 días, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.²⁴

Otro estudio en animales de experimentación que analizó la reacción tisular al empleo de MTA como obturación apical, fue el realizado por Shabanag y cols. en 1999.

Estos autores observaron, entre otras cosas, que el grado de sobreobtención de este material en el límite apical tiene consecuencias importantes. En efecto, en las 14 muestras estudiadas, se observó que en 2 de ellas, en las que el material se extruyó de 1 a 3 mm del límite dental, se formó una capa continua de tejido duro reparativo, pero de grosor significativamente menor que en los especímenes en los que el material se adaptó sin sobreobtención. Sin embargo, el grado de inflamación fue leve, al igual que en el resto de las muestras.²⁵ El estudio fue realizado en un lapso de tiempo de 12 semanas, por lo que no se conocen datos acerca del grosor del cemento neoforado a medio plazo.

²⁴Schwartz RS, Mauger M, Clement D, Walker WA. Mineral Trioxide Aggregate: a new material for endodontics. *Journal of the American Dental Association* 1999;130:967-75.

²⁵Shabahang S, Torabinejad M, Boyne P, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using Osteogenic Protein-1, Calcium Hydroxide, and Mineral Trioxide Aggregate in dogs. *Journal of Endodontics* 1999;25(1):1-5.

BIOCOMPATIBILIDAD

La biocompatibilidad se define como la capacidad de un material de producir una respuesta apropiada del huésped, cuando dicho material realiza una función o aplicación específica. Aplicado a la odontología, un biomaterial es toda aquella sustancia o material inerte que se puede utilizar durante un período de tiempo como una parte del sistema biológico o que interacciona con él, con el fin de tratar, aumentar o reemplazar a cualquier tejido, órgano o función bucodental.

La biocompatibilidad puede estudiarse *in vitro* (cultivos celulares), *in vivo* (en animales de experimentación) y mediante estudios clínicos (en personas). Se considera que si un material no supera las dos primeras pruebas, *in vitro* e *in vivo*, no es apto para su uso en humanos. Dentro de los tests *in vivo*, los más utilizados son los tests subcutáneos, los tests intraóseos y los de sensibilización.

En la actualidad, se aplican cuatro criterios para valorar científicamente la toxicidad de los materiales endodónticos (98). Estos consisten, en primer lugar, en la evaluación citotóxica (mediante cultivos celulares), en la implantación subcutánea, en la implantación ósea y, finalmente, en la tolerancia tisular *in vivo* (mediante la realización de procedimientos clínicos en animales de la misma forma en que se harían en humanos). Así, se considera que los 3 tests recomendados para analizar la biocompatibilidad de materiales de endodoncia son (99):

1) Ensayos de citotoxicidad (*in vitro*). 2) Pruebas de implantación en animales de experimentación mediante implantación subcutánea y ósea para ver la reacción de toxicidad local. 3) Tests de uso *in vivo* en animales y humanos.

Los resultados de las pruebas de citotoxicidad *in vitro* pueden no correlacionarse altamente con los obtenidos *in vivo*. Sin embargo, se puede asegurar que, si un material de prueba induce constantemente una fuerte reacción citotóxica en las pruebas de cultivo celular, es muy probable que también ejerza toxicidad en el tejido vivo. La investigación animal y su aplicación directa al género humano sigue siendo muy controvertida. Sin embargo, los modelos animales

tienen gran utilidad porque permiten el control de las distintas variables y siguen siendo un requisito indispensable para dar luz verde a aquellos fármacos o materiales que se van a utilizar posteriormente en personas.

En cuanto al MTA, se considera que este material ha superado positivamente las pruebas de citotoxicidad *in vitro*, de implantación en animales y los tests *in vivo*. Así, fue reconocido por la *Food and drug administration* americana y se comercializa para su uso en humanos. Se encuentran, en la literatura más actual, múltiples estudios acerca del MTA, referidos a estas pautas de análisis de la biocompatibilidad.

La citotoxicidad *in vitro* de los materiales de obturación apical se analiza generalmente con respecto a la reacción de fibroblastos, de células osteoblásticas (o similares) y de células del ligamento periodontal, siendo estos dos últimos grupos más representativos, según diversos autores, pues son las células que van a estar en contacto si el material investigado se emplea como obturación apical en humanos.^{26 27}

Torabinejad y cols. estudiaron, en 1995, la citotoxicidad del MTA empleando sistemas *in vitro* de cultivos celulares en placas de agar agar. Se encontró que la toxicidad del MTA era menor que la del IRM®, el Super-Eba® y la amalgama, tanto fresco como fraguado.²⁸

²⁶ Torabinejad M, Hong C, Pitt Ford TR, Kariyawasan SP. Tissue reaction to implanted Super-Eba and Mineral trioxide aggregate in the mandible of Guinea pigs: a preliminary report. *Journal of Endodontics* 1995;21(11):569-71.

²⁷ Zhu Q, Safavi KE, Spangberg LSW. Cytotoxic evaluation of root-end filling materials in cultures of human osteoblast-like cells and periodontal ligament cells. *Journal of Endodontics* 1999;25(6):410-2.

²⁸ Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end-filling materials. *Journal of Endodontics* 1995;21(10):489-92.

Koh y cols., investigaron *in vitro* la respuesta de células óseas al MTA, concluyendo que el material es biocompatible. Efectivamente, en este estudio se demostró que las células óseas permanecieron sin alteraciones patológicas en contacto directo con el MTA, y mostraron además un aumento en la producción de interleuquinas, que participan en la formación de hueso, por estimulación del MTA.

²⁹

Pitt Ford y cols. estudiaron, en 1996, la reacción de la pulpa dental al contacto directo con MTA, realizando recubrimientos pulpaes directos en dientes de monos. El análisis histológico posterior al tratamiento mostró la vitalidad de las pulpas tratadas, lo que sólo es posible en presencia de una pulpa vital, pues se formaron puentes dentinarios y demostró también la ausencia de bacterias y de inflamación en el tejido pulpar ³⁰

Otros estudios, como el de Myers y cols. en 1996, han mostrado la biocompatibilidad del MTA en su empleo como material de recubrimiento pulpar directo, es decir en contacto íntimo con la pulpa. ³¹

RESPUESTA INMUNOLÓGICA Y CELULAR

La respuesta de un huésped a los materiales en contacto con el tejido es compleja y depende de muchos factores. La formación o reabsorción de tejidos duros tales como dentina, hueso y cemento, depende de la interacción de dentinoblastos y dentinoclastos, osteoblastos y osteoclastos y cementoblastos y cementoclastos, y cada uno requiere del otro para activarse. La interacción de

²⁹ Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular Response to Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 1998; 24(8): 543-7

³⁰ Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasan SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *Journal of the American Dental Association* 1996; 127: 1491-6

³¹ Myers K, Kaminski E, Lautenschlager E, Miller D. The effects of Mineral trioxide aggregate on the dog pulp. *Journal of Endodontics* 1996; 22(4): 198.

estas células está gobernada por hormonas, factores de crecimiento y citoquinas.

En base a múltiples estudios histológicos realizados hasta la fecha, parece haberse demostrado que el MTA no es sólo un material de sellado que no provoca inflamación, sino que además no es inerte, porque produce un sustrato biológico activo para la formación de tejidos duros, estimulando este fenómeno.

Torabinejad y cols. estudiaron, en 1995, la respuesta del tejido perirradicular al MTA, en 46 dientes de perros beagle, cuando el MTA es empleado como obturación apical. Después de 18 semanas de haber realizado el tratamiento en los perros de investigación, se extrajeron los dientes y el área perirradicular quirúrgicamente, y se analizaron histológicamente. Los resultados mostraron que el MTA provoca una inflamación ligera, significativamente menor que la producida por la amalgama de plata, y promueve la formación de cemento reparador en el ápice.³²

Se considera que es mucho más favorable la formación de cemento sobre el material de obturación radicular o apical, que de otros tejidos fibrosos como ocurre como el resto de los materiales de obturación empleados hasta la actualidad. Esto es porque el cemento puede formar una unión biológica con el hueso similar a la superficie normal de una raíz dental. En la literatura actual, parece existir sólo una referencia a la formación de cemento con un material de obturación que no sea MTA, el composite, publicado por Andreasen en 1993.³³

El origen de este cemento puede hallarse, según las investigaciones, en el ligamento periodontal original, o bien deriva del tejido conectivo formado a partir

³² Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Journal of Endodontics 1995;21(12):603-8.

³³ Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebol L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrogrado composite fillings in humans. Journal of Endodontics 1993; 19: 151-3.

del hueso adyacente. Pero la cuestión sería por qué se forma este cemento reparativo; existen varios factores que permiten al MTA la capacidad de formación de cemento. Estos factores son principalmente su capacidad de sellado, su biocompatibilidad y su elevado pH.

Pero además, existiría una actividad del MTA que lo diferenciaría de otros materiales de obturación apical que son inertes o bien producen inflamación de los tejidos adyacentes. Esta propiedad del MTA es la capacidad de estimulación de citoquinas provenientes de células óseas.

El mecanismo de formación de cemento sobre el MTA se explicaría, según las distintas investigaciones, de la siguiente manera:

Por un lado, al contactar el óxido de calcio incluido en el MTA con el agua de los fluidos corporales, formaría hidróxido de calcio. Este compuesto reaccionaría a su vez con el dióxido de carbono presente en el tejido conectivo del ligamento periodontal, creando cristales de calcita. Estos cristales se verían rodeados por el organismo de fibronectina. Este tejido permitiría la adhesión celular. Por otro lado, el MTA desencadenaría además una reacción del sistema inmune de defensa que produciría citoquinas, células mediadoras del sistema inmune capaces de estimular la formación de tejidos duros, como hueso y cemento, al estimular células formadoras como los osteoblastos y los cementoblastos. Así pues, las citoquinas permitirían la diferenciación de las células adheridas a la fibronectina que rodea los cristales de calcita en osteoblastos y cementoblastos, estimulando así la formación de tejidos duros. Pero según los autores, este fenómeno aún no está muy definido y son necesarias más investigaciones al respecto.

En principio, según los autores consultados, el fenómeno de formación de cemento y hueso a nivel apical explicado anteriormente, sería similar al de formación de dentina. Las moléculas de dióxido de carbono de la pulpa serían las que reaccionarían con el hidróxido de calcio, y las células estimuladas serían

dentinoblastos formadores de dentina. Así, el resultado sería la formación de un puente de dentina en contacto con la pulpa dental.

En un estudio realizado por Hong y col., se evidenció el efecto antibacteriano del MTA sobre algunas bacterias. Se vio que el MTA posee un mayor efecto sobre el *Lactobacillus sp*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, y *Streptococcus salivarius* y un menor efecto antibacteriano sobre el *Streptococcus faecalis*, Se considera que una parte de los efectos antibacterianos del MTA se debe simplemente al fenómeno físico producido por su capacidad de sellado de los dientes y, por tanto, de evitar la filtración de bacterias. Por consiguiente, los estudios de microfiltración de bacterias comentados previamente podrían ser incluidos en este aspecto.³⁴

³⁴ Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia.

APLICACIONES DEL MTA

En las investigaciones realizadas hasta la fecha, el MTA se ha empleado principalmente en dientes permanentes. En éstos, el MTA se ha mostrado útil, tanto en casos de pulpas vitales como en los casos en que la pulpa dental es necrótica.

Las aplicaciones del MTA se pueden clasificar de la siguiente forma

1.- Aplicaciones en dientes permanentes con pulpa vital

- Recubrimiento pulpar directo

- Pulpotomía

- Apicogénesis

2.- Aplicaciones en dientes permanentes con pulpa necrótica.

- Apicoformación

- Obturaciones apicales retrógradas

- Reparación de lesiones de furca y de perforaciones radiculares

- Reparación de resorciones radiculares

- Barrera en blanqueamientos internos

- Para sellar fracturas verticales

- Tratamiento de dientes Avulsionados

- Para Cementar Postes Prefabricados

3.- Aplicaciones en dientes temporales

- Pulpotomía

- Como material de obturación temporal en órganos dentarios tratados con endodoncia

2.2 CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA

La obturación en endodoncia consiste en el reemplazo del contenido del sistema del conducto radicular y del espacio creado por la preparación quirúrgica por un material que lo rellene en forma permanente, tridimensional y estable, cerrando toda comunicación con el periodonto apical.

El objetivo de la obturación es brindar una barrera hermética a la penetración microbiana y a los fluidos titulares.

Siragusa, 1995, Los cementos son agentes selladores para obturar los conductos radiculares, comunicaciones entre el interior del diente y el periodonto, etc; son esenciales para el éxito del proceso de obturación, o tratamiento endodóncico, No solo ayuda a lograr el sellado tridimensional sino que también sirve para rellenar las irregularidades del conducto, las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación; nos ayudan a corregir accidentes postoperatorios y tratamientos en los que estaba indicada la extracción del órgano dentario.³⁵

³⁵ Leonardo M.R. Endodoncia. Tratamiento de conductos radiculares. Principios técnicos y biológicos. Vol. 1 y 2 Artes médicas Latinoamericanas. Sao Paulo Brasil.2005

CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER UN CEMENTO ENDODÓNTICO:

- Fácil manipulación y aplicación en el conducto: mezclando correctamente sus componentes manifiesta un mejor tiempo de trabajo al igual que las características que este presente según su tipo.
- Tiempo de endurecimiento no muy corto: ya que esto no permitirá modificarlo cuando sea necesario en la preparación. Y tampoco un tiempo muy prolongado ya que un cemento en estado plástico tiene una acción irritante mayor.
- Buena estabilidad dimensional, impermeabilidad y adherencia: debe llenar la forma estable y permanente los espacios entre los conos de gutapercha, lo cual no debe permitir la absorción tisular ni ser afectada por ella.; además debe tener adherencia a las paredes del conducto o bien que se adapte a su forma.
- Buen corrimiento: fluidez para ocupar los espacios de la anatomía propia de los conductos.
- Radiopacidad adecuada: para tener un control radiográfico de la obturación. Pero no tan intensa que cubra defectos de la obturación.
- No alterar el color del diente.
- Acción Antibacteriana: no favorecer el desarrollo de Microorganismos.
- Posibilidad de removerse en parte o por completo: en el caso de su remoción y ser remplazado por un retenedor intrarradicular o bien en un retratamiento.
- Biocompatibilidad: relación del material con tejido periodontal debe ser óptima.

CARACTERÍSTICAS DE UN CEMENTO OBTURADOR IDEAL

- 1.- Excelente capacidad de sellado.
- 2.- Biocompatible.
- 3.- Bioactivo (inducir cementogénesis y osteogénesis, capaz de promover la regeneración de los tejidos perirradiculares).
- 4.- No reabsorbible.
- 5.- Radiopaco.
- 6.- Bacterisotático.
- 7.- Fácil de Manipular.
- 8.- Dimensionalmente Estable.
- 9.- Insoluble en los fluidos tisulares.
- 10.- Estéticamente aceptable.

MATERIALES UTILIZADOS COMO CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA

AMALGAMA

Podemos definir la amalgama como la aleación en la que el mercurio es uno de sus principales componentes.

Históricamente, la amalgama ha sido un material ampliamente usado en odontología. Principalmente se utiliza como material de restauración en el tratamiento de la caries dental, pero también ha sido utilizado en el tratamiento de las perforaciones radiculares.

Actualmente su uso en la reparación de la perforaciones radiculares es muy excepcional, ya que como demostraremos en la discusión presenta muchas deficiencias, como pueden ser su baja capacidad de sellado en este campo, su deficiente biocompatibilidad o la producción de tinciones dentales.

YESO PARIS

Colocar un material de reparación que proporcione un sellado adecuado es una tarea difícil, esto lo podemos conseguir a veces aplicando una matriz. Esta matriz debe ser biocompatible y reabsorbible como es el caso del yeso París.

En un estudio comparativo se demostró que cuando el yeso de París se emplea como matriz en la reparación de perforaciones de furca, el sellado de la amalgama mejora, este sellado es incluso superior al que se obtiene cuando se empleaba el cemento Ketac Silver como reparador.

OXIDO DE ZINC EUGENOL

Este cemento ha sido muy utilizado en la obturación de conductos radiculares y concretamente el desarrollado por Rickert, ha sido el producto estándar que han utilizado los odontólogos durante años para este fin, sin embargo, este material presentaba algunos inconvenientes como la producción de tinciones dentales.

Este cemento también se ha utilizado en la reparación de perforaciones radiculares, pero presentaba algunas deficiencias, como se demuestra en un estudio realizado sobre animales en el que mostraba un pronóstico de reacciones inflamatorias.

SUPER EBA

Se utilizó para sellar las perforaciones del piso de la cámara pulpar o la pared del conducto radicular. Tiene propiedades ventajosas tales como su facilidad de manipulación y su excelente compatibilidad biológica con los tejidos periapicales. La alta adhesividad y adaptación a las paredes dentinarias son ventajas adicionales.

IRM

Este material es un cemento temporal formado a base de óxido de zinc y eugenol. Su duración oscila desde algunos días a semanas. Generalmente provoca baja irritación en los tejidos, ya que en el momento de colocación su pH se aproxima a 7. Mannocci demostró que el IRM proporciona un mejor sellado que la amalgama presentando menos fugas.³⁶

³⁶ Mannocci F, Vichi A, Ferrari M. Sealing ability of several restorative materials used for repair of lateral root perforations. J Endod. 1997 Oct;23(10):639-41.

21. N. Glickman y E walton. Endodoncia : principios y prác ca. In: Endodoncia: Principios y Prácticas. 4th ed. Ámsterdam ; Barcelona: Elsevier; 2010. p. 298-321.

GUTAPERCHA

Fue introducido por Bowman en 1987 y desde entonces es el material más utilizado en endodoncia. Este material presenta muchas ventajas como su platicidad, facilidad de manejo y su toxicidad relativamente baja. Entre los principales inconvenientes, podemos destacar su falta de adhesión a la dentina o la tendencia a separarse de las paredes del conducto debido a su elasticidad.³⁷

IONÓMERO DE VIDRIO

En principio, uno de los objetivos para lo que se creó este material fue para ser utilizado en restauraciones estéticas en el frente anterior. Debido a su potencial en la prevención de caries, se ampliaron los usos de este, entre los que encontramos la reparación de perforaciones radiculares.

Se ha constatado que el ionómero de vidrio causa poca irritación en los tejidos y tiene baja toxicidad, sin embargo se presentan dudas acerca de su capacidad de sellado ya que se han observado fracasos en la adherencia a la dentina.

IONÓMERO DE VIDRIO MODIFICADO CON METAL

Este material presenta mejor capacidad de sellado que la amalgama, el cavit o el ionómero de vidrio convencional.

³⁷ 21. N. Glickman y E. Walton. Endodoncia : principios y práctica. In: Endodoncia: Principios y Prácticas. 4th ed. Amsterdam ; Barcelona: Elsevier; 2010. p. 298–321.

COMPOSITE

El Bisfil 2B se ha probado como material para tratar las perforaciones, en un estudio este mostró mejor capacidad de sellado que la amalgama, sin embargo mostró tasas altas de sobreobtención.

HUESO DESHIDRATADO CONGELADO DESCALCIFICADO (DFDB)

Este material es biocompatible, fácil de obtener, usar y manipular, económico y actúa de barrera en el tratamiento de las perforaciones.

Hartwell encontró ventajas y desventajas en el uso de este material. Las ventajas fueron que todos los dientes tratados con DFDB presentaban tejidos periodontales de apariencia normal, ausencia de bolsas periodontales y defectos de furca y ausencia de inflamación en un 85% de los casos. Las desventajas fueron la ausencia de osteogénesis y crecimiento epitelial.³⁸

CEMENTO DE FOSFATO DE CALCIO

Fue patentado por W.Brown y L.Chow. Entre sus principales características podemos destacar que es un material prácticamente cristalino y con muy baja porosidad. Es igual de radiopaco que el hueso. Es insoluble en saliva y sangre pero muy soluble en ácidos por lo que puede ser retirado con facilidad en caso de que sea necesario. Además este material posee una alta capacidad de sellado.³⁹

James realizó un estudio en el que no se apreciaron diferencias en las fugas producidas por este material en comparación con el ionómero de vidrio fotopolimerizable.⁴⁰

³⁸ Hartwell GR, England MC. Healing of furcation perforations in primate teeth after repair with decalcified freeze-dried bone: a longitudinal study. J Endod. 1993 Jul;19(7):357-61.

³⁹ I. Ingle y W. Newton. Obturación del espacio radicular. In: Endodoncia. México: McGraw- Hill; 2005. p. 581-680.

⁴⁰ Chau JY, Hutter JW, Mork TO, Nicoll BK. An in vitro study of furcation perforation repair using calcium phosphate cement. J Endod. 1997 Sep;23(9):588-92.

FOSFATO TRICÁLCICO

Es una cerámica biodegradable. Ofrece buenos resultados en la terapia periodontal como material de reparación. Causa mayor inflamación que la amalgama y que la hidroxiapatita, pero menor que el hidróxido de calcio.

HIDROXIDO DE CALCIO

Se introdujo en 1920 y comenzó a ser utilizado en tratamientos conservadores. Es un material biocompatible con los tejidos periodontales y pulpares.

HIDROXIAPATITA

Se puede utilizar como material de reparación directo de la perforación o como matriz interna.

Cuando se utiliza como material de reparación directo ha demostrado regenerar el hueso, y cuando se utiliza para evitar la extrusión de materiales como la amalgama se comporta como una matriz estable.

BIOAGGREGATE

Es un material biocerámico que presenta unas características de biocompatibilidad y sellado parecidas a las del MTA.

ENDOSEQUENCE

Es un material biocerámico que presenta una excepcional estabilidad dimensional y una alta biocompatibilidad.

En un estudio realizado por Jeevani endosequence mostró mejor capacidad de sellado que MTA y Biodentine en la reparación de perforaciones en la furca.

BIODENTINE

Es un buen material para la reparación de perforaciones, incluso después de haber estado expuesto a irrigantes endodónticos, en comparación con el MTA. Es fácil de manejar y presenta un tiempo de fraguado corto, de aproximadamente 12 minutos, todo esto unido a que es un material biocompatible hace que sea adecuado para la reparación de perforaciones.

MTA

Desde su introducción en 1992 por Mahmoud Torabinejad tiene un amplio rango de usos y está muy aceptado por diversos motivos.⁴¹

Este material estimula la formación de cementoblastos y es biocompatible con los tejidos perirradiculares por lo que presenta un elevado potencial de sellado en la reparación de perforaciones.

Al comparar el MTA con la amalgama y el IRM se comprobó que el MTA producía mejor sellado y menos fugas.

CEM (CALCIUM ENRICHED MIXTURE)

Es un biomaterial con unas aplicaciones clínicas similares a las del MTA. Este material induce a la formación de puentes de dentina de forma comparable al MTA y superior al hidróxido de calcio.

Actualmente podemos encontrar una amplia gama de materiales utilizados en la reparación de perforaciones radiculares. Se considera que el MTA es un material de referencia en este procedimiento, uno de los más utilizados y que presenta mejores resultados.

⁴¹ Kakani AK, Veeramachaneni C, Majeti C, Tummala M, Khiyani L. A Review on Perforation Repair Materials. J Clin Diagn Res. 2015 Sep;9(9):ZE09-13.

Históricamente se han utilizado diversos materiales en el tratamiento de las perforaciones radiculares, pero a lo largo del tiempo se fue poniendo de relieve como los resultados obtenidos no eran los esperados, debido principalmente a la falta de capacidad para proporcionar un sellado adecuado y escasa biocompatibilidad.

Muchos son los autores que han realizado estudios que ponen de manifiesto que el MTA es uno de los materiales que aporta mejores resultados a la reparación de las perforaciones de furca promoviendo la formación de hueso y cemento.⁴²

Silva, según su estudio en 2012, concluyó que es el material ideal para la reparación de cualquier tipo de perforaciones radiculares.⁴³

Upadhyay en 2012 encontró que el MTA tiene excelentes propiedades, como son la radiopacidad y la resistencia a la humedad; También Torabinejad hace referencia a la excelente capacidad de sellado y biocompatibilidad del MTA⁴⁴

Nunes en 2012 informo del uso exitoso del MTA que mostraba una excelente capacidad de sellado, biocompatibilidad y potencial de estimulación en la creación de cemento y hueso.⁴⁵

⁴² Arens DE, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996 Jul;82(1):84–8.

⁴³ Emmanuel da Silva, Daniel Morante ES-J. Repair of iatrogenic perforation with MTA under operating microscope. *Int J Dent Clin.* 2012;4(1):18–21.

⁴⁴ Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995 Jun;21(6):295–9.

⁴⁵ Nunes E, Silveira FF, Soares JA, Duarte MAH, Soares SMCS. Treatment of perforating internal root resorption with MTA: a case report. *J Oral Sci.* 2012 Mar;54(1):127–31.

En una publicación de revisión de literatura realizado por Parirokh indica las ventajosas propiedades físicas químicas y antibacterianas que aporta el MTA a la reparación de las perforaciones radiculares.⁴⁶

Cuando se introdujo el MTA como alternativa en la reparación de las perforaciones, éste aportó unas propiedades muy favorables que no poseían los materiales usados hasta entonces, como su aptitud para promover la creación de cemento, facilitando así la regeneración del tejido periodontal.

Una vez revisados algunos de los estudios relacionados con las características del MTA procedemos a compararlo con otros materiales usados para el mismo fin.

En el caso de amalgama, éste es un material ampliamente utilizado en odontología restauradora, pero también destacó en la reparación de perforaciones asociada a una matriz de base. En este último caso su uso se ha limitado en los últimos años, debido descubrimiento de su toxicidad por mercurio, fugas marginales, expansión retardada y generación de tinciones. En el estudio de Algarhy se pone de manifiesto que el MTA solventa todos los problemas derivados del uso de la amalgama como material reparador de perforaciones y además destaca que aporta un mejor sellado, produciendo menos microinfiltraciones.⁴⁷

⁴⁶ Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. J Endod. 2010 Jan;36(1):16–27.

⁴⁷ Ahangari Z, Karami M. Evaluation of the Sealing Ability of Amalgam, MTA, Portland Cement and Coltozol in the Repair of Furcal Perforations. Iran Endod J. 2006;1(2):60–4.

Estudios comparativos de Torabinejad sobre materiales de retroobtención refieren que los tejidos perapicales muestran mayor inflamación y menor tejido fibroso adyacente con la amalgama que con el MTA.⁴⁸

El cemento Portland y el MTA tienen una composición muy similar. El 75% de su composición química es la misma. Al comparar la capacidad de sellado de ambos materiales, se comprobó que el MTA presentaba menos microfugas debido al mayor tamaño de las partículas del cemento Portland y también a que la rápida pérdida de agua y la deshidratación en éste dificultaban la condensación del material en la práctica. Por lo tanto, el elevado tamaño de las partículas cemento

Portland hace que existan espacios entre el margen del diente y el material de restauración a través de los cuales se producen microfugas.

El estudio realizado por Singh P. compara la capacidad de sellado del MTA, el cemento de fosfato cálcico y el cemento de ionómero de vidrio. Los resultados demostraron que el material que proporcionaba un sellado más eficaz era el MTA, seguido del cemento de fosfato cálcico y por último del cemento del ionómero de vidrio. El hecho de que el MTA presentase una mejor capacidad de sellado en comparación con estos dos materiales, se justifica por su capacidad hidrofílica y su mínima expansión.⁴⁹

Los avances en la tecnología bio-cerámica han supuesto una mejora en la ciencia de los materiales endodónticos. Las biocerámicas han entrado en la práctica clínica como alternativa al MTA para intentar solventar los defectos de este material.

⁴⁸ Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod.* 1995 Dec;21(12):603-8.

⁴⁹ Singh P, Paul J, Al-Khuraif AA, Vellappally S, Halawany HS, Hashim M, et al. Sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium phosphate cement, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Acta medica (Hradec Kral.* 2013;56(3):97-103.

Estos materiales dentales combinan una excelente biocompatibilidad con alta osteoconductividad, lo que los hace ideales para tratamientos endodónticos. Estos nuevos biomateriales son: Biodentine, Bioaggregate, EndoSequence y CEM.

Biodentine es un biomaterial que proporciona excelentes resultados. Tiene, al igual que el CEM, un tiempo de fraguado inferior al MTA (fraguado inicial de 6 minutos y final de 10-12 minutos) y unas mejores propiedades mecánicas y de manejo. Además produce menos decoloración marginal y es más biocompatible.

Biodentine también presenta mejores propiedades que el MTA en cuanto a regeneración ósea, como se demuestra en un estudio realizado por Han, debido a que produce mayor liberación de iones de calcio. Además, este material establece una unión a la dentina radicular significativamente mejor que el MTA, según los estudios de Guneser⁵⁰

Bioaggregate es un novedoso material biocerámico, el cual se considera como una versión modificada del MTA. Este material es el primer cemento de nanopartículas introducido en la reparación de perforaciones que tiene una biocompatibilidad y capacidad de sellado comparable con el MTA. En un estudio Hashem concluyó que el MTA está más influenciado por el pH ácido que el Bioaggregate cuando se usa como material de reparación de perforaciones.⁵¹

Aunque una de las ventajas mencionadas de Bioaggregate es su estabilidad en cuanto al color, en un estudio realizado por Keskin se demostró que, en contacto con hipoclorito de sodio o digluconato de clorhexidina, tanto

⁵⁰ Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):380-4.

⁵¹ Alsubait SA, Hashem Q, AlHargan N, AlMohimeed K, Alkahtani A. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, bioaggregate and biodentine. *J Contemp Dent Pract.* 2014 May 1;15(3):336-40.

Bioaggregate como Biodentine producen una decoloración clínicamente perceptible, aunque en menor grado que el MTA.⁵²

Endosequence es un material recientemente introducido para la resolución de algunos problemas endodónticos, tiene muchas propiedades comunes con el MTA pero tiene la ventaja de que fragua más rápido y permite un manejo más fácil. En cuanto a los valores de dureza, estos se ven reducidos en un ambiente ácido, ya que su estructura se vuelve más porosa y menos cristalina, a diferencia del MTA, que parece estar menos afectado por ambientes ácidos. Debido a este motivo, se recomienda el uso de MTA en áreas inflamadas, donde puede existir un valor de pH ácido más elevado.

Según las afirmaciones del fabricante, EndoSequence supera las deficiencias del MTA, incluyendo la posible decoloración de los dientes. Esto fue corroborado por Kohli en su estudio in vitro, en el que se observaba que EndoSequence causa significativamente menos decoloración comparada con MTA.⁵³

⁵² Keskin C, Demiryurek EO, Ozyurek T. Color stabilities of calcium silicate-based materials in contact with different irrigation solutions. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):409–11.

⁵³ Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. *J Endod.* 2015 Nov;41(11):1862–6.

2.3 APLICACIONES DEL MTA COMO CEMENTO OBTURADOR EN ENDODONCIA

Se considera que las propiedades ideales de todo cemento sellador en endodoncia consisten principalmente en ser bien tolerado por los tejidos, no contraer al fraguar, ser adhesivo, ser radiopaco, no pigmentar el diente, ser soluble en un solvente común para facilitar su remoción en caso necesario, ser insoluble en el medio bucal y tisular, ser bacteriostático y crear un buen sellado.

Según autores como Chiva y cols. (2002), actualmente ninguno de los selladores existentes en el mercado cumplen exactamente todos los requisitos ideales, ni físicos, ni clínicos ni biológicos.⁵⁴

En 1999, Holland y cols. analizaron histológicamente la reacción de los tejidos apicales en dientes con ápices abiertos de perros de experimentación. Se realizaron 15 endodoncias con gutapercha y MTA y 15 con gutapercha y Ketac-Endo® (Espe Co. Seefeld, Oberbay, Germany), y se hizo el estudio histológico después de 6 meses de la intervención.⁵⁵

Los resultados mostraron que no existía reacción inflamatoria en los tejidos periapicales en ninguno de los dientes tratados con MTA. Además, se observó el sellado apical mediante la aposición de cemento neoformado, no sólo en el foramen apical, sino también en los conductos accesorios. Sin embargo, el uso de Ketac-Endo® sólo estimuló el sellado apical en 2 de los 15 molares tratados, y en todos los especímenes se detectó algún grado de inflamación.

⁵⁴ Chiva F, Cózar A, Carrascosa J. Una metodología para el estudio de la biocompatibilidad intraósea de los cementos selladores. *Revista Europea de Odonto-Estomatología* 2002;14(4):209-16.

⁵⁵ Holland R, Souza V, Juvenal M, Otoboni JA, Bernabé PF, Dezan E. Reaction of dog's teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *Journal of Endodontics* 1999;22(2):728-30.

Dichos autores concluyeron que el MTA ofrece buenas propiedades biológicas para ser empleado como cemento sellador en tratamientos de conductos, pero que, sin embargo, sería necesaria la mejora de sus condiciones físicas para facilitar su uso en esta indicación. Por otro lado, esta investigación se realizó en dientes sin infección de sujetos sanos y, como especifican los autores, no es segura la extrapolación a una situación de infección dentaria.

Autores como Chiva y cols. (2002), consideran que existen pocos estudios publicados acerca del empleo del MTA como cemento sellador en endodoncia, si bien parecería ser un buen material, dada sus cualidades demostradas como producto de obturación apical y de reparación de perforaciones radiculares.⁵⁶

En las investigaciones realizadas hasta la fecha, el MTA se ha empleado principalmente en dientes permanentes. En éstos, el MTA se ha mostrado útil, tanto en casos de pulpas vitales como en los casos en que la pulpa dental es necrótica.

⁵⁶ Chiva F, Cózar A, Carrascosa J. Una metodología para el estudio de la biocompatibilidad intraósea de los cementos selladores. Revista Europea de Odonto-Estomatología 2002;14(4):209-16.

APLICACIONES EN DIENTES TEMPORALES Y PERMANENTES CON PULPA VITAL

(recubrimiento pulpar directo, pulpotomía, apicogénesis.)

RECUBRIMIENTO PULPAR Y PULPOTOMÍA

Debido a que el MTA tiene un alto nivel de sellado evitando la filtración y es claramente biocompatible, se ha propuesto como material adecuado para terapias en dientes con pulpa vital como son: el recubrimiento pulpar directo, la pulpotomía y la apicogénesis.

El recubrimiento pulpar y la pulpotomía en dientes permanentes sólo están indicados en dientes con ápices inmaduros cuando se exponen las pulpas dentales y se puede mantener la vitalidad pulpar. Estos procedimientos están contraindicados en dientes con signos y síntomas de pulpitis irreversible.

RECUBRIMIENTO PULPAR

El recubrimiento pulpar y la pulpotomía en dientes permanentes sólo están indicados en dientes con ápices inmaduros cuando se exponen las pulpas dentales y se puede mantener la vitalidad pulpar.

Estos procedimientos están contraindicados en dientes con signos y síntomas de pulpitis irreversible. Para Dominguez y Cols. el recubrimiento pulpar se define como la colocación de un material sobre la pulpa, expuesta o casi

expuesta, para promover la formación de dentina en el lugar donde se ha producido la injuria y mantener la vitalidad pulpar.⁵⁷

El recubrimiento de una exposición pulpar está indicado cuando se produce una lesión pulpar reversible después de un trauma físico o mecánico en dientes permanentes maduros o en desarrollo, favoreciendo en este caso la madurogénesis, es decir, el cierre apical completo y desarrollo fisiológico radicular, que incluye deposición de dentina a lo largo de la raíz, lo que proporciona a ésta mayor fuerza y resistencia a la fractura.

El éxito de un tratamiento de recubrimiento pulpar se ve afectado por una serie de factores.

- a. Edad del paciente
- b. Estado periodontal del diente afectado
- c. Desarrollo radicular
- d. Tamaño de la exposición
- e. Naturaleza de la misma (traumática, mecánica o cariosa)
- f. Contaminación bacteriana

Por lo que es importante eliminar los irritantes, controlar la infección y utilizar un material biocompatible. En cualquier caso, el principal factor para que el tratamiento sea un éxito depende de la capacidad de curación del diente afectado puesto que si al diente se le proporciona un medio adecuado libre de gérmenes, él

⁵⁷ [Domínguez y cols., 2003; Glossary, 2003; MeSH; Olsson y cols., 2006].

mismo presenta la capacidad de sobreponerse al daño y formar dentina sobre la pulpa expuesta mecánicamente sin necesidad de la colocación de ningún material.

Pitt Ford y col. estudiaron la capacidad del MTA como material de recubrimiento pulpar directo, comparándola con la del hidróxido de calcio. Para ello, se realizaron exposiciones pulpares intencionadas en 12 incisivos de monos, y se aplicó MTA en la mitad de ellos e hidróxido de calcio en la otra mitad.

Cinco meses después, las piezas fueron extraídas y estudiadas histológicamente. Los resultados mostraron la formación de un puente dentinario continuo con algunas irregularidades en las pulpas de todos los dientes tratados con MTA.⁵⁸

Se evidenciaron además túbulos dentinarios en dicho puente. Sin embargo, sólo se vieron estos puentes en 2 de los incisivos tratados con hidróxido de calcio, presentando estos puentes túneles y/o defectos. Histomorfométricamente se evidenció además menos inflamación en el grupo con MTA que en el tratado con hidróxido de calcio. Además, se halló filtración de bacterias en el tejido pulpar cubierto por hidróxido de calcio, pero fue indetectable en el grupo de MTA. Así pues, los autores concluyeron que el MTA demostró inducir una respuesta más favorable sobre el tejido pulpar remanente.

Consideran, además, que el MTA cumple los requisitos ideales de un material de recubrimiento pulpar por las siguientes razones: estimula la formación de un puente dentinario que permite el sellado de la pulpa dental, evita la

⁵⁸ Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasan SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *Journal of the American Dental Association* 1996; 127: 1491-6.

microfiltración de bacterias, fragua lentamente, lo que previene la contracción favoreciendo así la capacidad de sellado del material, no se disuelve con el tiempo ni con los fluidos orgánicos, como ocurre con otros materiales como el hidróxido de calcio, su resistencia a la compresión es baja pero similar a la de otros materiales que suelen emplearse de base, bajo la obturación final y permite ser tallado o retocado con una fresa después de su fraguado, en los casos en que sea necesario para la adaptación de la obturación final.

En cuanto al procedimiento clínico para la aplicación del MTA como material de recubrimiento pulpar, ha sido descrito por autores como Torabinejad y Chivian. Estos autores indican que el procedimiento debe comenzar por la anestesia local y el aislamiento con dique de goma. Se debe entonces eliminar completamente la caries con fresa redonda, con refrigeración de agua constante. Consideran que es aconsejable lavar la cavidad y sitio de exposición con hipoclorito de sodio diluido y que el sangrado profuso del sitio de la exposición puede ser controlado con una torunda de algodón impregnada con hipoclorito de sodio. Se mezcla entonces el polvo del MTA con agua estéril y se coloca la mezcla en la cavidad de acceso con un portamalgama grande. Con la ayuda de una torunda de algodón húmeda, mojada en hipoclorito sódico, se rellena con la mezcla el sitio de exposición. Se coloca una torunda de algodón sobre el MTA y se rellena el resto de la cavidad con un material temporal. En pacientes colaboradores, los autores opinan que se puede rellenar toda la cavidad con MTA, colocar una gasa húmeda entre el diente tratado y el diente antagonista, e indicar al paciente que evite masticar por ese lado durante 3 a 4 horas. Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser usado como material de obturación permanente, una semana después se remueve de 3 a 4 mm del MTA y se coloca la restauración definitiva final sobre el MTA. A partir de ese momento, es conveniente hacer un seguimiento clínico y radiográfico de la vitalidad pulpar, aproximadamente cada 6 meses, según se considere.

PULPOTOMÍA

La pulpotomía es la remoción quirúrgica de una pequeña porción de tejido pulpar vital coronal como medio para preservar la vitalidad del tejido pulpar remanente cuando se hace una pulpotomía, las capas superficiales de la pulpa son eliminadas suavemente hasta una profundidad de 1 ó 2 mm por debajo del nivel de la exposición.

En el caso de dientes temporales, la colocación de MTA en el tejido pulpar remanente hace que se mantenga la vitalidad y la función del complejo pulpo dentinario, lo que permite a los odontoblastos terminar de desarrollar la raíz del diente. La clave de la curación pulpar consiste en proporcionar un sellado que evite la filtración bacteriana futura.

El método habitual con el que tradicionalmente se ha realizado el recubrimiento pulpar es mediante la colocación hidróxido de calcio en la zona de la exposición

Diversos estudios han demostrado que el hidróxido de calcio destruye una fina capa de tejido por debajo del tejido pulpar recubierto, dejando una capa necrótica debido a su alto pH como resultado, se retrasan la curación pulpar y la formación de tejidos duros y existe la posibilidad de que haya síntomas. Asimismo, produce cambios degenerativos tales como inflamación persistente y calcificación distrófica en el tejido pulpar remanente [Holland y cols., 1985]. Entre el hidróxido de calcio y el puente dentinario suele aparecer una zona de necrosis.⁵⁹

⁵⁹ Holland R, Souza V, Nery MJ, Otoboni JA, Bernabé PF, Dezan E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *Journal of Endodontics* 1999;25(3):161-6.

El MTA ha demostrado inducir formación de tejidos duros de modo más predecible que el hidróxido de calcio en procedimientos de pulpotomía y recubrimiento pulpar. Hay menos inflamación pulpar y la falta de necrosis tisular localizada tras la aplicación de MTA en el tejido pulpar puede ser resultado del fraguado más rápido del mismo en comparación con el hidróxido de calcio, el cual mantiene un estado de alcalinidad local durante más tiempo.

En el estudio llevado a cabo por Pitt Ford y cols.⁶⁰ donde se comparó al MTA con el hidróxido de calcio en recubrimientos pulpares en monos durante 5 meses, solo en 2 de los 6 casos tratados con éste último se formaron puentes dentinarios, mientras que en todos los casos tratados con MTA se hallaron puentes de dentina continuos con la dentina subyacente y con presencia de túbulos dentinarios.

Tunca y cols, estudiaron el efecto del MTA sobre los vasos sanguíneos, ya que en el tratamiento de la pulpa vital el control de la hemorragia es un paso importante para el éxito del tratamiento. Concluyeron que, a dosis clínicas, el mineral trióxido provoca la contracción de los músculos de los vasos (dosis-dependiente), contracción relacionada con el flujo de calcio, lo cual afecta positivamente a los tratamientos de pulpotomía y recubrimiento pulpar.⁶¹

⁶⁰ Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasan SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *Journal of the American Dental Association* 1996; 127: 1491-6.

⁶¹ Tunca, Y. M.; Aydın, C.; Ozen, T.; Seyrek, M.; Ulusoy, H. B.; Yildiz, O. The effect of mineral trioxide aggregate on the contractility of the rat thoracic aorta. *J Endod*, 2007; 33: 823-826.

TECNICA:

En el caso de que se produzca una exposición pulpar, siempre bajo aislamiento con dique de goma, se debe eliminar el tejido cariado con un instrumento rotatorio de baja velocidad y fresas redondas de carburo de tungsteno.

En el caso de una pulpotomía (Maroto y cols.),⁶² se debe eliminar primero el techo de la cámara pulpar y realizar la remoción de la pulpa cameral mediante un instrumento rotatorio a baja velocidad y fresa redonda de carburo de tungsteno y spray de agua. Después, se debe realizar la limpieza de la cavidad y la(s) zona(s) de la exposición con hipoclorito sódico diluido al 2,5% - 5% (Torabinejad y cols., 1999).⁶³

Si se hubiera producido alguna hemorragia importante ésta puede controlarse con un algodón humedecido en solución salina estéril y comprobar la integridad del suelo de la cámara pulpar.

Silva y cols. (2006) estudiaron el control de la hemorragia en recubrimientos pulpares utilizando suero salino al 0,9%, digluconato de clorhexidina al 2% e hipoclorito sódico al 5,25% y demostraron que ninguno de los tres agentes hemostáticos impidió el proceso de curación del tratamiento de la exposición pulpar.⁶⁴

⁶² Maroto, M. Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 2003.

⁶³ Torabinejad, M.; Chivian, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 1999; 25: 197-205.

⁶⁴ Silva, A. F.; Tarquinio, S. B. C.; Demarco, F. F.; Piva, E.; Rivero, E. R. C. The influence of haemostatic agents on healing of healthy human dental pulp tissue capped with calcium hydroxide. *Int Endod J*, 2006; 39: 309-316.

A continuación, se debe preparar el MTA siguiendo las instrucciones del fabricante y colocar la mezcla en la cavidad de acceso con un transportador de amalgama, adaptando el material a la cámara pulpar mediante una ligera presión con una bolita de algodón húmeda. Posteriormente, se debe sellar la cámara pulpar con cemento ionómero de vidrio fotopolimerizable, limpiando seguidamente el contorno de la cavidad.

La capa de ionómero de vidrio directamente en la superficie coronal del mismo produce una barrera protectora de la destrucción potencial mediante agentes de grabado ácido.

Por último, se debe adaptar y cementar una corona metálica preformada previamente seleccionada con cemento de ionómero de vidrio autopolimerizable. Se debe comprobar la vitalidad pulpar cada 3 y 6 meses.

Barrieshi-Nusair y cols. trataron mediante pulpotomías, con extirpación de unos 2 a 4 mm de tejido pulpar, y recubrimiento con MTA exposiciones pulpares de primeros molares permanentes.⁶⁵

Según los autores, es preferible realizar una pulpotomía a un recubrimiento pulpar por las siguientes razones:

- 1- La tasa de éxito de un recubrimiento pulpar sobre tejido pulpar expuesto por caries en dientes permanentes después de 5 a 10 años es de un 37% y un 13% respectivamente.
- 2- En dientes jóvenes con caries y exposición pulpar tratados con pulpotomías la tasa de éxito aumenta hasta 91,4-93,5%.

⁶⁵ Barrieshi-Nusair, K. M.; Qudeimat, M. A. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanent teeth. *J Endod*, 2006; 32: 731- 735.

Después de eliminar la lesión de caries, con una fresa en forma de llama y de diamante a alta velocidad e irrigación con agua, extirparon de 2 a 4 mm de tejido pulpar. Inmediatamente irrigaron con suero fisiológico hasta que dejó de sangrar. Colocaron una capa de 2 a 4 mm de MTA gris, mezclado según las instrucciones del fabricante y compactado con una bolita de algodón humedecida. Seguidamente, las exposiciones tratadas fueron recubiertas con una capa de ionómero de vidrio fotopolimerizable e inmediatamente todos los molares fueron restaurados de forma definitiva. Después de un período de evaluación de 12 a 26 meses, obtuvieron un 79% de vitalidad positiva y en los molares que no la presentaron no se detectó ningún signo de fracaso clínico o radiológico. En un 64% observaron formación de un puente de tejido duro y los casos que presentaban ápice abierto al principio del tratamiento mostraron continuidad en la maduración radicular.

La pulpotomía en dientes temporales está indicada en los casos en el que el proceso de caries provoca inflamación pulpar limitada a la pulpa coronal sin afectación de la pulpa radicular. El objetivo de este tratamiento es la conservación de la vitalidad de la pulpa radicular, manteniendo así el diente asintomático para que cumpla sus funciones de masticación, estética, fonación y mantenimiento del espacio hasta el momento de su exfoliación, aunque también sirve para mantener el diente temporal en los casos en los que hay agenesia del diente permanente.

Pitt Ford y col. estudiaron la capacidad del MTA como material de recubrimiento pulpar directo, comparándola con la del hidróxido de calcio.⁶⁶

⁶⁶ Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasan SP. Using Mineral Trioxide Aggregate as a pulp-capping material. *Journal of the American Dental Association* 1996;127:1491-6.

Ellos Consideraron, además, que el MTA cumple los requisitos ideales de un material de recubrimiento pulpar por las siguientes razones: estimula la formación de un puente dentinario que permite el sellado de la pulpa dental, evita la microfiltración de bacterias, fragua lentamente, lo que previene la contracción favoreciendo así la capacidad de sellado del material, no se disuelve con el tiempo ni con los fluidos orgánicos, como ocurre con otros materiales como el hidróxido de calcio, su resistencia a la compresión es baja pero similar a la de otros materiales que suelen emplearse de base, bajo la obturación final y permite ser tallado o retocado con una fresa después de su fraguado, en los casos en que sea necesario para la adaptación de la obturación final .

En 1999, Torabinejad y Chivian reportaron un caso de un primer molar inferior con una caries extensa y ápices abiertos. Se realizó la remoción de la caries, se aplicó MTA como recubrimiento pulpar directo y se obturó con amalgama como restauración final. El control post-operatorio a los tres años, evidenció el cierre de los ápices y la ausencia de patologías perirradiculares⁶⁷

Así pues, los resultados de los diversos estudios han demostrado que el MTA tiene una alta capacidad de sellado y que estimula la formación de puentes de dentina adyacentes a la pulpa dental.

En cuanto al procedimiento clínico para la aplicación del MTA como material de recubrimiento pulpar, ha sido descrito por autores como Torabinejad y Chivian. Estos autores indican que el procedimiento debe comenzar por la anestesia local y el aislamiento con dique de goma.

Se debe entonces eliminar completamente la caries con fresa redonda, con refrigeración de agua constante. Consideran que es aconsejable lavar la

⁶⁷ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3):159-71

cavidad y sitio de exposición con hipoclorito de sodio diluido y que el sangrado profuso del sitio de la exposición puede ser controlado con una torunda de algodón impregnada con hipoclorito de sodio. Se mezcla entonces el polvo del MTA con agua estéril y se coloca la mezcla en la cavidad de acceso con un portamalgama grande.

Con la ayuda de una torunda de algodón húmeda, mojada en hipoclorito sódico, se rellena con la mezcla el sitio de exposición. Se coloca una torunda de algodón sobre el MTA y se rellena el resto de la cavidad con un material temporal. En pacientes colaboradores, los autores opinan que se puede rellenar toda la cavidad con MTA, colocar una gasa húmeda entre el diente tratado y el diente antagonista, e indicar al paciente que evite masticar por ese lado durante 3 a 4 horas.

Como el MTA tiene una fuerza compresiva baja y no puede ser usado como material de obturación permanente, una semana después se remueve de 3 a 4 mm del MTA y se coloca la restauración definitiva final sobre el MTA. A partir de ese momento, es conveniente hacer un seguimiento clínico y radiográfico de la vitalidad pulpar, aproximadamente cada 6 meses, según se considere necesario.

En los casos en que la pulpa dental está vital, pero existe una afectación de la pulpa cameral, el tratamiento indicado es la pulpotomía, que puede ser parcial o total. La pulpotomía parcial consiste en eliminar solamente la parte de la pulpa inflamada adyacente a la exposición pulpar, dejando un pequeño recubrimiento sobre la cavidad de la lesión, la cual cicatrizará formando una barrera mineralizada que protegerá la pulpa y que

hará que este tratamiento, en principio, sea definitivo, prescindiendo de un futuro tratamiento de conductos.

Los productos más empleados hasta la actualidad para la pulpotomía, tanto parcial como total, han sido el formocresol y el hidróxido de calcio.

En cuanto a los casos de pulpotomías, los autores citados consideran que el procedimiento es el mismo que para el recubrimiento pulpar directo con la diferencia de que la pulpa coronaria debe ser removida con una fresa larga de diamante montada en turbina con refrigeración continua, para rellenar a continuación la cámara pulpar con MTA.⁶⁸

Autores como Bakland en el año 2000 describen la técnica de pulpotomía parcial: el diente a tratar se anestesia, aísla y desinfecta, y se lleva a cabo una pulpotomía parcial, eliminando aproximadamente 2 mm de la exposición pulpar cameral con fresa a alta velocidad e irrigación. Una vez que disminuye el sangrado por presión, se coloca el MTA directamente sobre el tejido pulpar y se ataca con un algodón húmedo. Este autor considera que el MTA tarda en fraguar entre 6 y 24 horas, y que se debe dejar, durante ese lapso de tiempo, el algodón húmedo sobre la cavidad, hasta la realización de la obturación definitiva.⁶⁹

Una de las ventajas que ofrece este tratamiento es que no es necesario retratar como ocurre con el hidróxido de calcio, el cual hay que retirar una vez formado un puente dentinario. Además, es posible aplicar el

⁶⁸<http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado7.ht>

⁶⁹ Bakland LK. Management of traumatically injured pulps in immature teeth using MTA. Californian Dental Association Journal 2000;28:855-8.

MTA en presencia de sangrado abundante, pues esto no impide su fraguado, sino que al contrario, lo favorece .

APICOGÉNESIS

Es el tratamiento indicado para preservar el tejido pulpar vital en la parte apical de un conducto radicular para completar la formación del ápice radicular, es decir que es un procedimiento utilizado en piezas dentales con rizogénesis incompleta.



Fig. 9. Colocación de MTA para inducir una Apicogénesis.

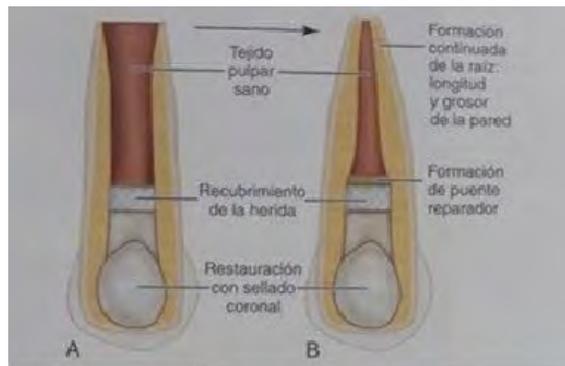


Fig 10. A (Formación incompleta de la raíz) B (Formación completa de la raíz)

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO PULPAR

Lesión traumática que puede o no involucrar fractura coronal

pulpitis irreversible

periodontitis apical o absceso agudo (necrosis)

TRATAMIENTO

Como mantener la pulpa y permitir el cierre fisiológico radicular, en caso de ser una exposición pulpar pequeña se realizara un recubrimiento hasta que se produzca la maduración apical.

APLICACIONES EN DIENTES PERMANENTES CON PULPA NECRÓTICA.

APICOFORMACIÓN.



Fig. 10. MTA como barrera apical (Apicoformación)

El objetivo principal de una apicoformación es conseguir que el organismo del paciente tratado cierre el ápice del diente cuyo desarrollo ha quedado detenido por una necrosis del paquete vásculo-nervioso que ha destruido los odontoblastos y las células de la vaina radicular epitelial de Hertwig.

Dado que se han destruido los odontoblastos no se va a producir ya formación de dentina y, por tanto, el grosor de la pared radicular del diente va a quedar en el estado de formación al que había llegado hasta el momento de la patología. Por otro lado, al haber ocurrido igualmente la destrucción de las células de la vaina radicular epitelial de Hertwig, de la misma manera la longitud de la raíz del diente va a quedar en la situación en la que se encontraba al producirse la infección de la pulpa radicular.

Cuando no se logra la formación, por parte del organismo, de una barrera apical natural, sino que la barrera es artificial, el tratamiento se denomina

simplemente sellado, obturación, barrera o cierre apical por vía ortógrada o coronal. En todo caso, el fin de obtener una barrera apical es, no sólo favorecer el sellado biológico de la raíz, sino también obtener un tejido duro a nivel apical para evitar la extrusión del material de obturación del conducto pulpar. El material que más se ha empleado hasta la actualidad para el tratamiento de apicoformación es el hidróxido de calcio.

Sin embargo, a pesar de su popularidad en el procedimiento de apexificación o apicoformación, la terapia del hidróxido de calcio tiene algunas desventajas, entre las que destacan la impredecibilidad del cierre apical y el tiempo del tratamiento (su variabilidad y su larga duración). Se estima que el tiempo necesario para la apexificación puede ser de 6 meses a varios años. Por todo ello, las investigaciones relacionadas con la búsqueda de un material más eficaz que induzca la formación de una barrera calcificada y que reduzca el tiempo del tratamiento, no han cesado durante los últimos años.

En esta línea, se ha visto que es posible también la realización de una apicoformación en una sola sesión, creando un “stop” o barrera apical artificial, con un material biocompatible que permita realizar un tratamiento de conductos inmediatos. Para este procedimiento, se han empleado productos como el fosfato cálcico o tricálcico reabsorbible, la amalgama, la mezcla de hueso cortical con dentina, o el hidróxido de calcio puro en polvo. Actualmente se ha propuesto el empleo de MTA con el objetivo de crear una barrera apical e inducir además una barrera biológica.

Así, en base a la capacidad de sellado y la alta biocompatibilidad del Agregado Trióxido Mineral, este material se ha utilizado como barrera apical para permitir una inmediata obturación del conducto radicular, realizándose estudios clínicos tanto *in vitro* como en animales y en humanos.

En diversos casos clínicos en los que se muestra el tratamiento de apicoformación con MTA de dientes con ápices abiertos y pulpas necróticas

debido a traumatismo. En todos ellos se refiere un éxito del tratamiento en un lapso de tiempo de 6 meses a 1 año de control posterior.

En cuanto al procedimiento clínico recomendado en la utilización del MTA en dientes permanentes con necrosis pulpar y apices incompletamente formados, Torabinejad y Chivian indican que, tras anestesiar, se debe colocar un dique de goma y preparar la cavidad de acceso en el diente a tratar. Después, se limpian los conductos con instrumentos de endodoncia y se irriga con hipoclorito sódico (NaOCl). Para desinfectar el conducto radicular, los autores aconsejan colocar una pasta de hidróxido de calcio en el conducto radicular durante 1 semana. Transcurrido este tiempo, se limpia el hidróxido de calcio del conducto radicular con NaOCl y se seca con puntas de papel. Se mezcla entonces el polvo MTA con agua estéril y se lleva la mezcla con un transportador de amalgama grande al conducto.

La condensación de la mezcla de MTA en el extremo apical de la raíz se lleva a cabo con atacadores o puntas de papel. Se debe preparar así un tapón apical de 3 a 4 mm de MTA, comprobando radiográficamente su extensión. Si en el primer intento no se puede crear un tapón ideal, se lava el MTA con agua estéril y se repite el proceso. Se coloca después una bolita de algodón húmeda en el conducto y se cierra la cavidad de acceso con una restauración temporal durante al menos 3 a 4 horas. Transcurrido este tiempo, se obtura el resto del conducto con gutapercha o una resina de composite en dientes con paredes finas, y se sella la cavidad de acceso con una restauración final. Por último, se debe valorar la curación perirradicular clínica y radiográficamente.

OBTURACIÓN APICAL RETRRÓGRADA

Debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, la eliminación de las bacterias y el subsecuente establecimiento de una barrera efectiva para prevenir nuevamente el paso de microorganismos o sus productos a los tejidos periapicales, no siempre se logra con el tratamiento de conductos convencional, o con la repetición del tratamiento de conductos. En estos casos, la cirugía periapical puede ser el tratamiento de elección.

La realización de una apicectomía y la colocación de materiales de obturación apical en la cavidad *a retro* están indicadas para conseguir un buen sellado apical y evitar la penetración de irritantes desde el sistema de conductos radiculares hacia los tejidos perirradiculares y viceversa.

La cirugía apical se realiza en presencia de patología perirradicular persistente, cuando el tratamiento y retratamiento endodóntico convencional fracasan. El procedimiento de cirugía apical consiste básicamente en la exposición del ápice afectado y en la resección de éste y de la lesión. Se prepara después una cavidad apical y se inserta el material de obturación apical. Se debe destacar que un gran número de investigadores recomiendan la inserción de un material de obturación apical en dientes que requieren la resección del ápice.

Uno de los materiales para obturación del ápice más empleados ha sido la amalgama. Sin embargo, entre sus desventajas se incluyen: filtración inicial, corrosión secundaria, contaminación con mercurio y estaño, sensibilidad a la humedad, necesidad de profundizar la preparación cavitaria, pigmentación de los tejidos duros y blandos y esparcimiento de partículas de amalgama.

Por tales desventajas, los cementos a base de óxido de cinc-eugenol tales como el IRM® y el Super-Eba®, han ido sustituyendo poco a poco a la amalgama de plata como material de obturación a retro apical. Sin embargo, estos cementos tienen igualmente desventajas: sensibilidad a la humedad, irritación del tejido vital,

solubilidad y dificultad en la manipulación clínica del material.

Recientemente se ha sugerido el MTA para sellar todas las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y la

El protocolo recomendado para la realización clínica de obturaciones apicales a retro es el siguiente:

En primer lugar se levanta un colgajo de tejido blando, se hace una ostectomía, una apicectomía y una preparación a retro. Torabinejad y Pitt Ford postulan que, para sellar el ápice radicular, el operador debe eliminar de 2 a 3 mm del ápice radicular, preparar una cavidad apical clase I y colocar el material de obturación apical, en este caso el MTA.⁷⁰

Por otro lado, es esencial controlar la hemorragia perirradicular. Una falta de control de humedad y la presencia de un exceso de sangrado durante la colocación del MTA en la cavidad a retro, hace que el MTA sea muy blando e inmanejable. Con el uso de un pequeño portador o portamalgama, se coloca una mezcla de MTA en la cavidad a retro y se condensa con un pequeño atacador. Tras el relleno completo de la cavidad a retro, se limpia la superficie de la apicectomía y la mezcla de MTA con un trozo húmedo de gasa. Como el MTA fragua en presencia de humedad, se debe crear una ligera hemorragia del ligamento periodontal y el hueso, y llevar la sangre sobre la apicectomía y el MTA. No se recomienda lavar el campo quirúrgico tras colocar MTA en la cavidad a retro. Posteriormente, se sutura el colgajo de tejido blando y se valora la cicatrización en revisiones periódicas.

⁷⁰ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3): 159-71.

REPARACIÓN DE PERFORACIONES RADICULARES



Fig. 11. Reparación de Perforaciones con MTA.

Las perforaciones radiculares pueden producirse durante el tratamiento de conductos radiculares en la colocación de postes o pernos, o también como resultado de la extensión de una reabsorción interna a los tejidos perirradiculares. El fracaso de un diente con una perforación ocurre por la afectación del tejido óseo (reabsorción ósea) y por la inflamación periodontal crónica (formación de tejido de granulación inflamatorio). La reparación de la perforación tras un accidente o como consecuencia de una reabsorción interna puede realizarse intracoronalmente y/o mediante un abordaje quirúrgico externo.

Se considera que el sellado de perforaciones radiculares debe realizarse inmediatamente tras su detección, incluso en algunos casos, antes de hacer el tratamiento de conductos. El pronóstico de las perforaciones mejora en general cuanto más pronto se sellan, pues se evita así la filtración bacteriana, y cuanto más biocompatible sea el material de obturación empleado en la lesión.

El acceso no quirúrgico o intracoronal usualmente precede a la reparación quirúrgica. El factor importante en ambos accesos es lograr un buen sellado entre el diente y el material de reparación, el objetivo del tratamiento de las perforaciones es mantener los tejidos saludables, sin inflamación o pérdida de la adhesión periodontal. En caso de ya existir lesiones, el objetivo es restablecer la salud periodontal en torno al diente perforado.

El pronóstico de estos tratamientos depende del tamaño de la perforación, el daño al hueso y ligamento, el tiempo entre la perforación y la reparación, la localización de la lesión, pudiendo ser infraósea o supraósea.

El éxito en la reparación de perforaciones radiculares puede verse afectado por la ubicación, el tiempo que tarde en repararse la perforación, la habilidad del operador y por las características físicas y químicas del material de reparación. La extrusión del material de relleno es un problema potencial en la reparación de perforaciones radiculares.

Esto ocurre usualmente durante la condensación del material de relleno en el sitio de la perforación. La extrusión del material de relleno causa una lesión traumática al ligamento periodontal, resultando en inflamación y retardo en la reparación. El control de la hemorragia es otro factor que afecta la habilidad de sellado del material de reparación. Actualmente, los materiales de reparación disponibles se utilizan únicamente en campos secos (69, 129). Materiales como el Cavit, el óxido de cinc-eugenol, el hidróxido de calcio, la amalgama, la gutapercha, el fosfato tricálcico y la hidroxiapatita, se han empleado para reparar perforaciones radiculares.

Estudios en dientes extraídos han mostrado que el MTA tiene la capacidad de lograr un buen sellado. Los hallazgos histológicos de estudios en dientes de perros confirman que estimula la cicatrización

Autores como Torabinejad y Chivian en 1999, Azabal en 2000, Miñana en 2002, describen el procedimiento clínico de las reparaciones de perforaciones radiculares como se detalla a continuación.^{71 72}

⁷¹Azabal M, Hidalgo JJ. Tratamiento de las perforaciones de furca. Caso clínico. Profesión Dental 2000; 3(8): 499-502

En cuanto a la reparación intracoronal o intraconducto, se debe, tras anestesiarse y colocar el dique de goma, localizar la zona de la perforación, y limpiar ésta cuidadosamente con hipoclorito sódico diluido o con clorhexidina. Autores como Azabal y cols. consideran que, si bien esta limpieza con productos antisépticos no es imprescindible, sí mejora las condiciones de asepsia, evitando la contaminación bacteriana y mejorando así el pronóstico.

Así mismo, Torabinejad y Chivian consideran que en casos de perforaciones de larga evolución o en presencia de contaminación, debe dejarse hipoclorito sódico en el sistema de conductos radiculares durante unos pocos minutos y desinfectar la zona de la perforación.⁷³

En todo caso, tras una instrumentación y obturación completa de los conductos con gutapercha y un sellador de conductos radiculares apical a las zonas de la perforación, 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. La condensación se realiza con un atacador o una bolita de algodón, empujando la mezcla contra la zona dañada. Se coloca entonces una bolita de algodón mojada sobre el MTA y se sella la cavidad de acceso con material de obturación temporal. Este material se mantiene un mínimo de 3 a 4 horas. Transcurrido este tiempo, se retira el provisional y la bolita húmeda de algodón y se coloca un material de obturación permanente en la raíz y/o en la preparación de la cavidad de acceso. Al colocar MTA en perforaciones con un alto grado de inflamación, el material continúa blando cuando se comprueba en la

⁷² Miñana-Gómez M. El Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. RCOE 2002; 7(3):283-9.

⁷³ Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end-filling materials; effects of blood contamination. Journal of Endodontics 1994; 20(4): 159-63.

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 periodonto en el lugar de la perforación, no impide la reparación ni el cierre del defecto, pues permite la unión al nuevo cemento formado.

El control de los resultados se revisa en controles posteriores

Para perforaciones apicales, los autores aconsejan colocar el MTA mezclado en la porción apical del conducto, con una pistola de medición o con un pequeño atacador de amalgama. Debe atacarse con atacadores pequeños o puntas de papel. Se necesita un tapón apical de 3 a 5 mm para evitar la filtración coronal y la extrusión del material de obturación a los tejidos periapicales. Tras inducir un tapón apical, se coloca una bolita de algodón mojada y se cierra la cavidad de acceso con un material de obturación temporal. Se retira la bolita de algodón al menos 3 a 4 horas más tarde y se obtura el resto del conducto con gutapercha y sellador de conductos radiculares. En casos con una perforación apical grande y mucha humedad, la colocación del tapón apical y la obturación del conducto radicular puede conseguirse en una visita.⁷⁴

En cuanto al procedimiento clínico para la reparación de perforaciones provocadas por una reabsorción interna, los autores consideran que, tras anestésiar y preparar la cavidad de acceso, el conducto radicular se debe limpiar y modelar completamente. En la mayoría de los casos, debido a la presencia de tejido de granulación y la presencia de comunicación entre el conducto radicular y el periodonto, se produce una hemorragia importante durante la instrumentación de estos casos.

⁷⁴ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. *Endodoncia* 1999, 17(3): 159-71.

Para reducir este exceso de sangrado, es adecuado el uso de hipoclorito sódico (NaOCl) durante la limpieza y configuración y la colocación de pasta de hidróxido cálcico entre citas. Así, se lava el hidróxido de calcio del conducto radicular con NaOCl en la siguiente cita y se obtura la porción apical del conducto con una técnica de obturación seccional con gutapercha y sellador de conductos radiculares. Se coloca entonces la mezcla de MTA en el defecto, condensándola con la ayuda de atacadores y bolitas de algodón. Es necesario dejar después una bolita de algodón húmeda sobre el MTA, y se cierra la cavidad de acceso con un material de obturación temporal. Se elimina el provisional y la bolita de algodón al menos 3 ó 4 horas más tarde, y se coloca una obturación permanente en la cavidad de acceso. La cicatrización se valora en las revisiones posteriores, cada 3 ó 6 meses.

En los casos en que la reparación de perforaciones falla, tras un abordaje intracanal, o si las perforaciones no son accesibles a través de la cavidad de acceso, está indicada la reparación quirúrgica de estos accidentes.

En estas situaciones, el procedimiento clínico se inicia con el levantamiento de un colgajo y la localización de la zona de la perforación. El defecto debe modificarse con una fresa pequeña si está indicado. Es necesario controlar totalmente la hemorragia al intentar reparar la zona perforada, pues la presencia de un exceso de humedad en el campo operatorio provoca que el material se vuelva blando e inmanejable. Tras mezclar el polvo de MTA con agua estéril, se adapta la mezcla en la cavidad preparada y se condensa bien con un atacador. Se remueve después el exceso con un excavador y/o con un trozo de gasa húmeda o telfa (Kendall Health Care Co., Mansfield, MA). No se recomienda lavar el área tras colocar MTA en la perforación. Finalmente, se sutura el colgajo de tejido blando y se valora la cicatrización en las revisiones posteriores.

RESORCIÓN RADICULAR INTERNA

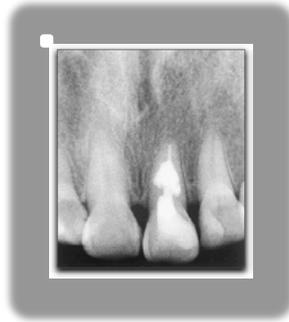


Fig. 12. Resorción radicular interna tratada con MTA.

La resorción interna (RI) es una rara condición en dientes permanentes que dificulta el tratamiento endodóntico. El proceso de resorción dental es una condición asociada a procesos fisiológicos y patológicos que involucra una compleja interacción entre células inflamatorias, células resorptivas y células formativas asociadas a la matriz extracelular. La resorción dental involucra tejidos mineralizados como dentina, cemento, hueso y estructuras no mineralizadas que permiten un intercambio biológico cuyo desequilibrio desencadena hacia condiciones patológicas.

La RI se produce por lesiones e irritaciones del ligamento periodontal y/o de la pulpa dental y puede surgir como secuela de un traumatismo dentario, luxación traumática, por movimientos ortodónticos, infecciones pulpares crónicas o de las estructuras periodontales.

Altundasar y sus colaboradores la describen como resultado de una inflamación crónica e invasión bacteriana. Fuss y su equipo mencionan que la etiología de la resorción radicular requiere de dos fases: lesión y estimulación.

La lesión está relacionada con los tejidos menos mineralizados que cubren la superficie externa de la raíz. El tejido mineralizado denudado es colonizado por células multinucleadas que inician el proceso de resorción. Sin embargo, sin estimulación de las células odontoclásticas el proceso se detendrá espontáneamente.⁷⁵

Cohen y sus colegas refieren que, histológicamente, células multinucleadas del tejido de granulación en la pulpa absorben la parte interna de la raíz. La pulpa debe estar vital para que se produzca la resorción. La RI es generalmente asintomática y se identifica en radiografías de rutina.⁷⁶

El proceso de resorción es activo solamente si permanece pulpa vital, por lo que las pruebas de sensibilidad pueden ser positivas. No obstante, es usual que la pulpa coronal se encuentre necrótica mientras que la apical permanece vital; en este caso, la respuesta a la prueba de sensibilidad podría ser negativa.

Puede aparecer dolor si se produce perforación de la corona. La presencia de una mancha rosada en el diente se asocia a una resorción coronal. Generalmente, se observa una zona radiolúcida de densidad uniforme sobre la luz del conducto. Se ha encontrado presencia de RI en ápices con patologías dentoalveolares. En un estudio donde se evaluó la presencia y extensión de estas lesiones, se encontró que el 74.7% de las muestras de 75 ápices tenían resorción interna.

Las lagunas de resorción que se encontraron eran similares a las Lagunas de Howship con estructura circular de diferentes tamaños que daban el aspecto de

⁷⁵ Rafael Octavio Vera Martínez, Dolores Adriana Quintero González, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver Parra Fuente: Revista Nacional odontológica de Mexico Año 3 Vol VI - 2011

panal, rodeadas por dentina intacta. El tratamiento de la RI consiste en remover la pulpa dental, ya que las células clásticas son de origen pulpar. La endodoncia convencional es el tratamiento de elección; sin embargo, la limpieza y obturación del conducto se pueden ver ampliamente afectadas debido a la dificultad para acceder a las paredes del defecto.

Algunos autores proponen la medicación en el conducto para inhibir células clásticas. Dentro de las opciones está utilizar hidróxido de calcio dos a tres veces por semana, durante cuatro semanas. El hidróxido de calcio Ca(OH)_2 se emplea por ser antimicrobiano, por sus propiedades de curación y la interrupción del proceso de resorción.¹³ Otro material utilizado en la actualidad es el MTA; Schwartz y sus colaboradores refieren que es un material biocompatible con los tejidos y se utiliza en la endodoncia para procedimientos involucrados en la reparación del conducto.⁷⁷

REPARACIÓN DE FRACTURAS VERTICALES

Para la reparación de fracturas verticales, Torabinejad propone el siguiente método de trabajo: en primer lugar, se debe eliminar el material de obturación de conductos radiculares del diente tratado y unir las piezas internamente con resina de composite. Después, se levanta un colgajo (o se extrae el diente para un reimplante intencionado) y se hace un surco en toda la fractura vertical del composite con una fresa redonda pequeña, bajo irrigación constante con agua. Se adapta entonces el MTA en el surco, recubriéndolo con una membrana

⁷⁷ Rafael Octavio Vera Martínez, Dolores Adriana Quintero González, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver
Parra Fuente: Revista Nacional odontológica de Mexico Año 3 Vol VI - 2011

reabsorbible y se sutura el colgajo de tejido blando. Para mejorar el pronóstico de estos casos, el autor recomienda instruir a los pacientes para seguir una higiene oral meticulosa y no sondar el diente tratado durante un mínimo de 12 semanas. A pesar de su éxito, en muchos casos, en la reparación de fracturas verticales con MTA en situaciones en las que este producto entra en contacto directo con la cavidad oral durante un período prolongado de tiempo, es impredecible el resultado. Esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido como el producido por un ambiente de inflamación, perdiendo sus propiedades.⁷⁸

BARRERA EN BLANQUEAMIENTOS INTERNOS

Se considera que el blanqueamiento interno de los dientes puede causar, en algunos casos, reabsorción externa o interna radicular. Por ello, es recomendable utilizar algún material como tapón coronario después de una obturación completa del sistema de conductos radiculares y antes del blanqueamiento interno de los dientes teñidos. Según autores como Cummings y Torabinejad (1995), ningún material es capaz de prevenir correctamente la filtración de los agentes blanqueadores. 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 ha propuesto su uso como material de barrera coronaria, después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno.⁷⁹

Autores como Miñana y cols. (2002) consideran también que el MTA puede ser empleado correctamente como barrera de blanqueamientos pero evitando utilizar el material por encima del margen gingival, porque se puede provocar la

⁷⁸ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. *Endodoncia* 1999, 17(3): 159-71.

⁷⁹ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. *Endodoncia* 1999, 17(3): 159-71.

decoloración del diente. Muy recientemente, ha aparecido una fórmula de MTA de color blanco, para evitar este tipo de situaciones.⁸⁰

Torabinejad y Chivian (1999) proponen para el uso de MTA en barreras para blanqueamiento la introducción de la mezcla del MTA de 3 a 4 mm de espesor en la cavidad preparada. Después, según estos autores, se coloca una torunda de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Una vez transcurridas 3 ó 4 horas como mínimo, se puede remover el material de obturación temporal y obturar permanentemente el diente tratado.⁸¹

TRATAMIENTO DE DIENTES AVULSIONADOS

Goldbeck y cols. (2008) describen un caso de avulsión de un incisivo central permanente en una paciente de 7 años. El diente estuvo fuera de boca menos de 3 horas y sumergido en leche fría. Los autores reimplantaron el diente en el alveolo y colocaron una ferulización semirígida durante una semana. A los 14 meses, observaron resorción inflamatoria apical radicular con fístula vestibular, así que procedieron al tratamiento del conducto radicular y, después de instrumentarlo y desinfectarlo con hipoclorito sódico, colocaron hidróxido de calcio durante 3 meses.⁸²

⁸⁰ Miñana-Gómez M. El Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. RCOE 2002; 7(3):283-9.

⁸¹ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3): 159-71.

⁸² Goldbeck, A. P.; Haney, K. L. Replantation of an avulsed permanent maxillary incisor with an immature apex: report of a case. Dent Traumatol, 2008; 24: 120-123.

Posteriormente, y al observar la desaparición de la fístula, eliminaron el hidróxido de calcio del interior del conducto y, tras la limpieza y desinfección total del mismo con hipoclorito sódico, rellenaron la totalidad del conducto radicular del diente con ápice abierto con MTA. A los 14 meses se observó la totalidad curación periapical del diente reimplantado.

Villa y cols. trataron a una paciente de 8 años que había sufrido la avulsión de un incisivo central permanente superior.⁸³ El diente estuvo fuera de boca 20 minutos envuelto en una servilleta de papel y, tras ser reimplantado, se le colocó una ferulización semirígida durante 3 meses. Al igual que en el caso anterior, el diente sufrió necrosis y periodontitis apical crónica, aunque no se observaron signos de resorción radicular. Los autores instrumentaron y desinfectaron el conducto y lo rellenaron con hidróxido de calcio durante 8 meses, tiempo en el que se produjo la curación de la lesión periapical. Una vez limpiado el conducto y comprobado que el ápice permanecía abierto, éste fue rellenado con MTA en su totalidad. 24 meses después, el diente no presentó signos de resorción radicular y sí la formación de una barrera apical mineralizada.

CEMENTADO DE POSTES PREFABRICADOS

Vargas y cols. realizaron un estudio cuyo objetivo fue intentar encontrar un material que sirviera simultáneamente para reparar perforaciones radiculares y cementar postes. Para ello compararon la fuerza de un cemento de fosfato de cinc, de un cemento de ionómero de vidrio y de MTA en la retención de postes prefabricados. En sus resultados finales observaron que los cementos de fosfato de cinc y de ionómero de vidrio fueron superiores al MTA como agentes de

⁸³ Villa, P.; Fernández, V. P. Apexification of a replanted tooth using mineral trioxide aggregate. Dent Traumatol, 2005; 21: 306-308.

cementado de postes en dientes endodonciados, por lo que los autores no recomiendan el uso de MTA para este fin.⁸⁴

OBTURACIÓN APICAL A RETRO

Debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, la eliminación de las bacterias y el subsecuente establecimiento de una barrera efectiva para prevenir nuevamente el paso de microorganismos o sus productos a los tejidos periapicales, no siempre se logra con el tratamiento de conductos convencional, o con la repetición del tratamiento de conductos.

En estos casos, la cirugía periapical puede ser el tratamiento de elección.

La realización de una apicectomía y la colocación de materiales de obturación apical en la cavidad *a retro* están indicadas para conseguir un buen sellado apical y evitar la penetración de irritantes desde el sistema de conductos radiculares hacia los tejidos perirradiculares y viceversa.

La cirugía apical se realiza en presencia de patología perirradicular persistente, cuando el tratamiento y retratamiento endodóncico convencional fracasan.

⁸⁴ Vargas, J. W.; Liewehr, F. R.; Joyce, A. P.; Runner, R. R. A comparison of the *in vitro* retentive strength of glass ionomer cement, zinc-phosphate cement, and mineral trioxide aggregate for the retention of prefabricated posts in bovine incisors. J Endod, 2004; 30: 775-777.

El procedimiento de cirugía apical consiste básicamente en la exposición del ápice afectado y en la resección de éste y de la lesión. Se prepara después una cavidad apical y se inserta el material de obturación apical. Se debe destacar que un gran número de investigadores recomiendan la inserción de un material de obturación apical en dientes que requieren la resección del ápice.

Se han empleado numerosas sustancias como material de obturación radicular; el material obturador de ápice ideal se debe adherir a las paredes de la preparación y sellar el sistema de conductos, no debe ser tóxico, debe ser bien tolerado por el tejido periapical y debe promover la cicatrización del tejido circundante.

Además, no debe corroerse y no debe producir cambios de coloración en el tejido. Otra ventaja sería presentar una fácil manipulación y ser radiopaco. Además, se puede añadir el hecho de ser dimensionalmente estable, no absorbible, y no alterarse en presencia de la humedad..

Sin embargo, los materiales empleados hasta la fecha presentan una serie de desventajas entre las que destacan: su incapacidad para evitar la salida de irritantes del conducto radicular infectado a los tejidos perirradiculares, la ausencia de una biocompatibilidad completa con los tejidos vitales con los que entra en contacto y su incapacidad de producir regeneración de los tejidos perirradiculares, de modo que alcancen su estado normal previo a la enfermedad.

Uno de los materiales para obturación del ápice más empleados ha sido la amalgama. Sin embargo, entre sus desventajas se incluyen: filtración inicial, corrosión secundaria, contaminación con mercurio y estaño, sensibilidad a la humedad, necesidad de profundizar la preparación cavitaria,

pigmentación de los tejidos duros y blandos y esparcimiento de partículas de amalgama.

Por tales desventajas, los cementos a base de óxido de cinc-eugenol tales como el IRM® y el Super-Eba®, han ido sustituyendo poco a poco a la amalgama de plata como material de obturación a retro apical. Sin embargo, estos cementos tienen igualmente desventajas: sensibilidad a la humedad, irritación del tejido vital, solubilidad y dificultad en la manipulación clínica del material.

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

La utilización del MTA como material de obturación apical a retro fue estudiada por Pitt Ford y cols.⁸⁵ En esta investigación se examinó la respuesta del tejido perirradicular en perros, utilizando MTA y amalgama como material de obturación a retro. Al realizarse el estudio histológico, a las 10 y 18 semanas, se evidenció una menor extensión y severidad de la inflamación perirradicular en los grupos tratados con MTA, en comparación con las muestras tratadas con amalgama.

Se observó, además, una mayor aposición ósea adyacente al MTA, comparado con la amalgama y se halló la presencia de cemento sobre la

superficie del MTA. Los autores concluyeron, basándose en estos resultados, que el MTA puede ser utilizado como material de obturación apical.⁸⁶

Posteriormente, Torabinejad y cols. realizaron un estudio para evaluar la respuesta del tejido perirradicular en perros al MTA y a la amalgama empleados como materiales de obturación a retro.⁸⁷

La evaluación histológica evidenció que los tejidos perirradiculares de todas las raíces con amalgama presentaban inflamación, de moderada a severa. Sin embargo, sólo un tercio de las raíces obturadas con MTA mostraron inflamación moderada, la diferencia resultó ser estadísticamente significativa.

También es importante destacar que se observó aposición de cemento sobre el MTA, en 1 de 11 muestras en un período de tiempo de 2 a 5 semanas; y en 10 de las 10 muestras en el período de 10 a 18 semanas. La formación de cemento no se observó sobre ninguna de las muestras de amalgama. Los autores concluyeron que el MTA ofrece muy buenas propiedades para poder ser usado como material de obturación apical.⁸⁸

En otro estudio realizado también por Torabinejad y cols., con la finalidad de examinar la respuesta del MTA y la amalgama en el tejido perirradicular, se observaron resultados muy similares: ausencia de inflamación perirradicular adyacente en 5 de los 6 ápices obturados con MTA, formación de una capa completa de cemento sobre el material de obturación

86

87 Pitt Ford TR, Hong CU, Torabinejad M. Minera trioxid aggregate as a root-end filling material. AAE Abstracts of Papers submitted to the American Association of Endodontics 1994;22(4):188

en 5 de los 6 ápices obturados con MTA. Sin embargo, existió inflamación perirradicular en todos los dientes obturados con amalgama y ausencia de formación de cemento sobre la este material.⁸⁹

La diferencia entre las respuestas de los tejidos ante los dos materiales de obturación fue, según los autores, significativa. En cuanto a la capa de cemento observada sobre el MTA, resultó continuarse con la formada sobre la dentina seccionada.

Además, alguna de las superficies de cemento presentó unas inserciones fibrosas, imitando, según los autores, las fibras de Sharpey. Otro estudio similar de Torabinejad y cols. en 1997 demostró, comparando la formación de cemento sobre MTA y sobre amalgama empleados como materiales de obturación apical, que para el uso de MTA no es necesario emplear sistemas complementarios previos, como el uso de grabado ácido, para conseguir la cementogénesis deseada.⁹⁰

Artículos recientes de aplicación clínica del MTA en cirugía periapical, como los de Flores-Legasa y Fabra H. (126, 127) en el año 2002, confirman las ventajas de la aplicación de este material mostradas por otros investigadores.

Así, estos autores considera que el MTA tiene una serie de cualidades, desde el punto de vista clínico, que hacen de él un material útil y cada vez más empleado en cirugía periapical: es fácil de mezclar y de introducir en la

⁸⁹ Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasan SP. Perirradicular tissue response to mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 1996;22(4):189.

⁹⁰ Abedi HR, Torabinejad M, McMillan P. The effect of demineralization of resected root ends on cementogenesis. *Journal of Endodontics* 1997;(abstract)23(4):258.

cavidad apical; dada su naturaleza hidrofílica, no es indispensable su empleo en un campo totalmente seco; resulta sencillo eliminar restos de material en la cavidad quirúrgica con una cucharilla, o instrumentos similares, y un aspirador quirúrgico y una vez terminada la condensación, basta con pasar un algodón húmedo por la superficie tratada para observar el sellado.

El protocolo recomendado para la realización clínica de obturaciones apicales a retro es el siguiente:

En primer lugar se levanta un colgajo de tejido blando, se hace una ostectomía, una apicectomía y una preparación a retro. Torabinejad y Pitt Ford postulan que, para sellar el ápice radicular, el operador debe eliminar de 2 a 3 mm del ápice radicular, preparar una cavidad apical clase I y colocar el material de obturación apical, en este caso el MTA.⁹¹

Por otro lado, es esencial controlar la hemorragia perirradicular. Una falta de control de humedad y la presencia de un exceso de sangrado durante la colocación del MTA en la cavidad a retro, hace que el MTA sea muy blando e inmanejable. Con el uso de un pequeño portador o portamalgama, se coloca una mezcla de MTA en la cavidad a retro y se condensa con un pequeño atacador.

Tras el relleno completo de la cavidad a retro, se limpia la superficie de la apicectomía y la mezcla de MTA con un trozo húmedo de gasa. Como el MTA fragua en presencia de humedad, se debe crear una ligera hemorragia del ligamento periodontal y el hueso, y llevar la sangre sobre la apicectomía y el MTA.

⁹¹ Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasan SP. Perirradicular tissue response to mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 1996;22(4):189.

No se recomienda lavar el campo quirúrgico tras colocar MTA en la cavidad a retro.

Posteriormente, se sutura el colgajo de tejido blando y se valora la cicatrización en revisiones periódicas.

REPARACIÓN DE PERFORACIONES RADICULARES

Las perforaciones son lesiones artificiales e involuntarias que producen una comunicación patológica, mecánica o iatrogénica entre el sistema radicular de conductos, el periodonto o desde ambos, constituyendo una invasión de las estructuras de sostén, que inicialmente pueden provocar solo inflamación con pérdida de inserción, llegando a colocar en peligro al órgano dentario, evitando la cicatrización y provocando secuelas inflamatorias; si llega a establecerse dicho proceso inflamatorio y las complicaciones nos dan un mal pronóstico se determinaría la extracción del diente.

(Fig. 14) Órgano dentario extraído debido a una perforación por caries.



Sin embargo, hoy en día se puede prolongar de manera predecible la supervivencia del diente si la perforación se descubre pronto y sus límites se visualizan adecuadamente con el Microscopio, se puede acceder y sellar completamente con nuevos cementos biotolerantes.

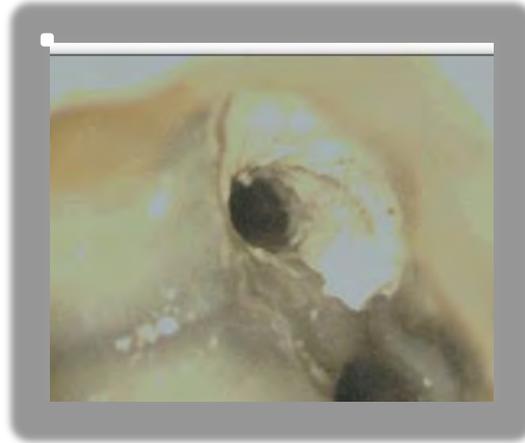


Fig. 15. Vista bajo el microscopio de la perforación sellada con MTA blanco.

Las perforaciones radiculares pueden producirse durante el tratamiento de conductos radiculares en la colocación de postes o pernos, o también como resultado de la extensión de una reabsorción interna a los tejidos perirradiculares.

El fracaso de un diente con una perforación ocurre por la afectación del tejido óseo (reabsorción ósea) y por la inflamación periodontal crónica (formación de tejido de granulación inflamatorio). La reparación de la perforación tras un accidente o como consecuencia de una reabsorción interna puede realizarse intracoronalmente y/o mediante un abordaje quirúrgico externo.

Se considera que el sellado de perforaciones radiculares debe realizarse inmediatamente tras su detección, incluso en algunos casos, antes de hacer el

tratamiento de conductos. El pronóstico de las perforaciones mejora en general cuanto más pronto se sellan, pues se evita así la filtración bacteriana, y cuanto más biocompatible sea el material de obturación empleado en la lesión. El objetivo del tratamiento de las perforaciones es mantener los tejidos saludables, sin inflamación o pérdida de la adhesión periodontal. En caso de ya existir lesiones, el objetivo, es restablecer la salud periodontal en torno al diente perforado, lo cual es muy difícil de lograr con los materiales disponibles (Pitt Ford y col. 1995).⁹²

La reparación de las perforaciones se logra intracoronal y/o quirúrgicamente. El acceso no quirúrgico o intracoronal usualmente precede a la reparación quirúrgica. El factor importante en ambos accesos es lograr un buen sellado entre el diente y el material de reparación. Se puede afectar por la ubicación, el tiempo que tarde en repararse la perforación, la habilidad del operador y por las características físicas y químicas del material de reparación (Lee y col. 1993).⁹³ La extrusión del material de relleno es un problema potencial en la reparación de perforaciones radiculares. Esto usualmente ocurre durante la condensación del material de relleno en el sitio de la perforación.

La extrusión del material de relleno causa una lesión traumática al ligamento periodontal, resultando en inflamación y retardo en la reparación. El control de la hemorragia es otro factor que afecta la habilidad de sellado del material de reparación. Actualmente, los materiales de reparación disponibles sólo se utilizan únicamente en campos secos (Benenati y col. 1986).⁹⁴

92

93

94

Estudios en dientes extraídos comprueban que el MTA, tiene la capacidad de lograr un buen sellado (Torabinejad y col.1993,1994).⁹⁵ Los hallazgos histológicos de estudios en dientes de perros, confirman que tiene un gran potencial en la cicatrización del tejido (Pitt Ford, 1993).

Lee y col. (1993), realizan un estudio para comparar la capacidad de sellado del MTA, amalgama e IRM, en perforaciones laterales inducidas experimentalmente. Los resultados evidencian que el Agregado Trióxido de Mineral (MTA), tiene significativamente menos filtración que el IRM y la amalgama; que el MTA, tanto en la sobre-obturación como en la sub-obturación, presenta siempre el menor grado de penetración de colorante, y que considerando que las perforaciones, usualmente contaminadas con sangre o fluido tisular, éstos materiales no son ideales para la reparación de perforaciones; mientras que para el MTA, presenta características hidrofílicas, la humedad actúa como un activador en la reacción química con el tejido.⁹⁶

Hong y col. (1994), realizó un estudio histológico de la respuesta tisular de las perforaciones de la furca reparadas con amalgama (AM) o el Agregado Trióxido Mineral (MTA). Los resultados indican que el MTA se puede utilizar para reparar las perforaciones de las furcas, como un material alternativo a la amalgama.⁹⁷

Pitt Ford y col. (1995), analizan la respuesta histológica de la amalgama y el MTA, cuando se utiliza como material de obturación de las perforaciones. Sus resultados muestran que en los dientes reparados inmediatamente con MTA, se demostró ausencia de inflamación y la formación de cemento en cinco de seis dientes (Fig. 7); mientras que los reparados con amalgama originan inflamación, de moderada a severa.

95

96

97

Procedimiento de Reparación intracoronal de perforaciones radiculares.

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

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

conducto radicular. En casos con perforación apical grande, y mucha humedad, el establecimiento del tapón apical y la obturación del sistema del conducto radicular se puede lograr en una sesión.

REPARACIÓN DE PERFORACIONES POR RESORCIÓN INTERNA.

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

Reparación quirúrgicas de las perforaciones:

Cuando la reparación de perforaciones falla después del abordaje intra radicular, o son inaccesibles a través de la cavidad de acceso, esta indicado en la reparación quirúrgica de estos accidentes.

Procedimiento clínico:

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

REPARACIÓN DE FRACTURAS VERTICALES

Para la reparación de fracturas verticales, Torabinejad propone el siguiente método de trabajo: en primer lugar, se debe eliminar el material de obturación de conductos radiculares del diente tratado y unir las piezas internamente con resina de composite.

Después, se levanta un colgajo (o se extrae el diente para un reimplante intencionado) y se hace un surco en toda la fractura vertical del composite con una fresa redonda pequeña, bajo irrigación constante con agua.

Se adapta entonces el MTA en el surco, recubriéndolo con una membrana reabsorbible y se sutura el colgajo de tejido blando. Para mejorar el pronóstico de estos casos, el autor recomienda instruir a los pacientes para

seguir una higiene oral meticulosa y no sondar el diente tratado durante un mínimo de 12 semanas.

A pesar de su éxito, en muchos casos, en la reparación de fracturas verticales con MTA en situaciones en las que este producto entra en contacto directo con la cavidad oral durante un período prolongado de tiempo, es impredecible el resultado.

Esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido como el producido por un ambiente de inflamación, perdiendo sus propiedades.

BARRERA EN BLANQUEAMIENTOS INTERNOS

Se considera que el blanqueamiento interno de los dientes puede causar, en algunos casos, reabsorción externa o interna radicular. Por ello, es recomendable utilizar algún material como tapón coronario después de una obturación completa del sistema de conductos radiculares y antes del blanqueamiento interno de los dientes teñidos. Según autores como Cummings y Torabinejad (1995), ningún material es capaz de prevenir correctamente la filtración de los agentes blanqueadores.⁹⁸

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 ha propuesto su uso como material de barrera coronaria, después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno.

⁹⁸ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3):159-71. Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001]

Autores como Miñana y cols. (2002) consideran también que el MTA puede ser empleado correctamente como barrera de blanqueamientos pero evitando utilizar el material por encima del margen gingival, porque se puede provocar la decoloración del diente. Muy recientemente, ha aparecido una fórmula de MTA de color blanco, para evitar este tipo de situaciones.⁹⁹

Torabinejad y Chivian (1999) proponen para el uso de MTA en barreras para blanqueamiento la introducción de la mezcla del MTA de 3 a 4 mm de espesor en la cavidad preparada. Después, según estos autores, se coloca una torunda de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Una vez transcurridas 3 ó 4 horas como mínimo, se puede remover el material de obturación temporal y obturar permanentemente el diente tratado.¹⁰⁰

SELLADO INTRACORONAL DE DIENTES TRATADOS ENDODONCICAMENTE

Barrieshi-Nusair y cols. (2005) compararon la capacidad del MTA y un ionómero de vidrio como selladores sobre gutapercha intracoronar para prevenir la filtración después de un tratamiento endodóncico. En sus resultados finales observaron que 4 mm de MTA gris evitaron la filtración coronal y sellaron el canal significativamente mejor que el ionómero de vidrio. Además, su eliminación resulta más fácil y rápida que la del ionómero de vidrio y otras resinas modificadas, de igual color que la dentina, si fuera necesario colocar un poste para restaurar el diente o en el caso de retratamiento.

⁹⁹ Miñana-Gómez M. El Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. RCOE 2002;7(3):283-9.

¹⁰⁰ Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. Endodoncia 1999, 17(3):159-71.

CAPITULO III

CONCLUSIONES

3.1 CONCLUSIONES

El Agregado Trióxido Mineral (MTA). Este material posee varias características que hacen que podría ser útil en el tratamiento de pulpotomía en dientes temporales. En primer lugar, se ha demostrado en tests *in vitro* e *in vivo*, en pruebas de implantación y en estudios clínicos, que es un material biocompatible; además, presenta un pH básico de 12,5 de media, característica que favorece, según se ha demostrado, la curación pulpar y la reducción de infección bacteriana . Por otro lado, se ha visto que tiene una gran capacidad de sellado, lo que también favorece el proceso de curación pulpar y la formación de dentina reparativa

Múltiples estudios han demostrado también que el MTA no es un material inerte, sino que es capaz de estimular la formación de tejido dentinario por parte de la pulpa, lo que, según numerosos autores, sería otra de las características ideales de un material de pulpotomía.

El MTA posee otras propiedades tales como su radiopacidad, que permite su control radiográfico un nivel de resistencia a la compresión

suficiente para ser material de relleno de la cámara pulpar, siempre que ésta sea sellada además con otro material y una baja solubilidad, lo que permitiría su permanencia en el tiempo de forma estable en la cámara pulpar. Éste material es capaz de estimular la formación de tejidos duros como hueso, cemento y dentina. En particular, se ha visto que cuando permanece en contacto con pulpa dental vital, estimula la formación de dentina, se considera que esta capacidad del MTA se basa principalmente en tres características, que permiten que la pulpa tenga las condiciones favorables para reparar la lesión mediante la formación de dentina reparativa. Estas características serían: su biocompatibilidad, su pH básico y su elevada capacidad de sellado. Pero además, aunque el mecanismo no está todavía completamente demostrado, existen investigaciones que han mostrado que el MTA no sería un material inerte, sino biológicamente activo. Así pues, este material sería capaz de estimular la activación del sistema inmune que participaría en la diferenciación celular de los dentinoblastos para la producción de dentina.

El MTA se ha empleado en dientes permanentes jóvenes para tratamientos de recubrimiento pulpar y de pulpotomía

Se ha concluido, en los estudios realizados con MTA, que el fraguado de este material es completo cuando transcurre una media de cuatro horas después de su aplicación, necesitando, para que esto ocurra, un ambiente húmedo, por ello, múltiples autores recomiendan el empleo de una torunda de algodón o una gasa húmeda en contacto con el MTA durante un mínimo de 4 horas antes de la restauración final.

El MTA es un material ampliamente utilizado en el tratamiento de las perforaciones radiculares, debido a que presenta unas excelentes características para este fin, como pueden ser la biocompatibilidad, la alta capacidad de sellado,

la radiopacidad, la condición de material hidrofílico y el potencial de inducción de cementogénesis y osteogénesis.

A pesar de las buenas propiedades del MTA, algunos autores también informan de que posee algunas deficiencias, como su dificultad de manejo, alto coste, tiempos de fraguado prolongados o la generación de decoloración prospectiva.

Para intentar solventar estos problemas, se ha desarrollado una nueva generación de materiales biocerámicos: Bioaggregate, Biodentine, Endosequence y CEM.

Tras revisar los artículos que comparan estos materiales con el MTA, podemos concluir que se pueden considerar como alternativas a éste, ya que también ofrecen unas excelentes propiedades para la reparación de las perforaciones radiculares y mejoran algunas de las características del MTA.

BIBLIOGRAFÍA

- Peñarrocha Diago, Miguel. Cirugía periapical. Edit. Ars Médica, 2006. Pp.92-94.
- www.dentsplyargentina.com.arg.
- Bellet, LI., Guinot, F., Arrequi, M. (2006). Aplicaciones clínicas del MTA en Odontopediatría. Denum, 6(3), 96-102.
- Generalidades del Agregado Trióxido Mineral MTA y su aplicación en Odontología. Revisión de literatura. Acta Odontológica Venezolana. Vol.45 No.3. 2007.
http://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/3/trioxido_mineral.asp
- Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JHS, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate sealers. Journal of Endodontics 2005;31:453-6.
- Asgary S, Parirokh M, Eghbal M, Brink F. Chemical Differences Between White and Gray Mineral Trioxide Aggregate. Journal of Endodontics 2005; 31: 101-3
- Furcation perforation repair comparing gray and White MTA: A dye extraction study. J Endod. 2006;32,4.
- Camilleri J, Montesin F, Brady K, Sweeney R, Curtis R, Pitt Ford T. The constitution of mineral trioxide aggregate. Dental Materials. 2005; 21: 297;303.

- Maroto, E.M., BARberia, LE. & Planells del Pozo, P. (2004). Estudio clínico del Agregado Trióxido Mineral en pulpotomías de molares temporales: Estudio piloto a 15 meses. RCOE; 9(1), 41-93
- Instructivo Angelus.
- Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001].
- Uso clínico del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. Odontol. Sanmarquina 2007, 10(1): 21,24.
- Tobón Calle D. Obturación de perforación radiculares. Revista CES Odontología. 2006;14,1.
- Mineral Trioxide Aggregate: A comprehensive literatura review- Part I: Chemical, Physicalm and Antibacterial Properties. Parirokh and Torabinejad, JOE-2010; 36. 1.
- Hashem and H. Proroot MTA, MTA-Angelus and IRM Used to Repair Large Furcation Perforations: Sealability Study.JOE-2008;34. 1.208.
- Propiedades y Usos en Odontopediatria del MTA (Agregado de Trióxido Mineral) * Dra.Patricia Rodríguez-Villalobos Dra. Violeta Bolaños-López. Publicación Científica Facultad de Odontología • UCR • N°13 • 2011
- Holland RM. Otoboni et. al. Mineral Trioxide Aggregate Repair of lateral root perforations. JOE. Sao Paulo, Brasil, 2010; 27(4): 281-4.
- Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate: Repair of Root Perforations. Mente et. al. JOE-2010; 36,2.

- Reparación de perforación de furca utilizando agregado de trióxido mineral (MTA) Acta Odontológica Venezolana. 2009;47,No. 4.<http://www.actaodontologica.com/ediciones/2009/4/art12.asp>
- Accorinte et. al. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-Capping Agents in Human Teeth. JOE-2008;34,1.
- Canalda Sahli, C. Brau Aguadé E. Endodoncia, técnicas clínicas y científicas. Edit. Masson.2007, Pp.179,190,317-319.
- R Nageswar,Rao.Endodoncia avanzada. Edit. Amolca. 2008. Pp.277.280,343,344.
- [American Association of Endodontists (AAEs)Glossary of Endodontic Terms].
- Mondragón-Varela-Meléndez-Ramírez-León. Fundamentos y actualidades Endodoncia clínica. Primera edición, 2014, Pp.136-139.
- Merino M, Enrique. Microcirugía endodoncica, Edit. Quintes-sence, SL.Pp.104-106, 224-236.
- Cohen, S & Bums, R." Vías de la pulpa- 8ª.ed. Elsevier Scirvier, 2002, pp.679.722
- Zabalegui Andonegui,I. Tabernero Gallimó. Uso del MTA para la reparación de la perforación de furca con pérdida del hueso alveolar. 2005; 23,1.
- Efectividad del M.T.A en el manejo no quirúrgico de perforaciones apicales José Elias Flórez Ariza, Edinson Gabriel Quintero Ricardo. DUAZARY, JUNIO DE 2013, Vol. 10
- Manangment of Longstanding Furcation Perforation Using a Novel Aproach. JOE- Vol.40, Num.8, August, 2014.

- Perforaciones endodóncicas: Revisión de la literatura “en línea. Revista Brasileña de Patología Oral. Ruiz. P.A.2005.
- Marunato et.al. In Vitro Evaluation of Proroot MTA, Biodentine, and MM-MTA on Human Alveolar Bone Marrow Stem Cells in Terms of Biocompatibility and Mineralization. JOE-2015;41,10.
- Rodríguez. A. Endodoncia. Consideraciones actuales. Madrid. Edit. Amolca S.L. 2003.
- DDS. Mineral Trioxide Aggregate Obturation. A review and case series. Bogen, Kuttler, JOE-2009;35,6.
- Pitt Ford T. Mannocci. Survey on the teaching and use of mineral trioxide aggregate in UK dental schools Eur. J Dent. Educ.August,2007.
- Hsien HC, Repair of Perforating Internal Resorption with Mineral Trioxide aggregate; a case report J, Endod 2003;29:538-9.
- Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. Mente et. al. JOE-2010;36,2.
- Bernabé P, Holland R. Cirugía endodóntica: Cómo practicarla con fundamento científico. En: Estrela C. editor. Ciencia Endodóntica. Brasil. Editora Artes Médicas Latinoamerica 2005: 657-797.
- Lin, L.M. Rosemberg P.A. Do procedural errors, caos endodotic treatment failure. JAM Dent Assoc, 2005; 136: 187-193.
- Young, G. R. Contemporary management of lateral root perforation diagnosed with the aid of dental computed tomography. Aust Endod J, 2007; 33:112-118.
- Bargholz, C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. Int Endod J, 2005; 38: 59-69.
- Miñana-Gómez M. El Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. RCOE 2002;7(3):283-9.

- Fundación Acta Odontológica Venezolana RIF: J-30675328-1 - ISSN: 0001-6365 - Caracas – Venezuela
- 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
- Holland et. al. Reaction of the Lateral Periodontium of Dogs' Teeth to Contaminated and Noncontaminated Perforations Filled with Mineral Trioxide Aggregate. JOE-2007;33,10.
- Repair of Root perforations Using Mineral Trioxide Agregate: A long-term Study. JOE-2014;30,2
- Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. Journal of Endodontics 1993; 19, 541&endash;4.
- Wu M, Kontakiotis E, Wesselink P. Long-term seal provided by some root-end filling materials. Journal of Endodontics 1998; 24: 557-60.
- Torabinejad M, Watson T, Pitt Ford. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. Journal of Endodontics 1993; 19, 591&endash;5.
- Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Pitt Ford T. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. Journal of Endodontics 1995; 21, 349&endash;53.

- Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 1999; 25, 197&endash;205.
- Tselnik M, Baumgartner J, Marshall J. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *Journal of Endodontics* 2004; 30, 782&endash;4.
- Torabinejad M, Hong C, Pitt Ford T, Kaiyawasam S. Tissue reaction to implanted Super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *Journal of Endodontics* 1995; 21, 569&endash;71.
- Shabahang S, Torabinejad M, Boyne P, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 1-5.
- Torabinejad M, Hong C, Pitt Ford T, Kettering J. Antibacterial effects of some root end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995; 21: 403-6.
- Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JHS, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate sealers. *Journal of Endodontics* 2005;31(6):453-6.
- Material Safety Data Sheet (MSDS). ProRoot MTA (mineral trioxide aggregate) Root Canal Repair Material. Tulsa, OK: Dentsply Tulsa Dental; 2002.

- Orosco F, Bramante C, Garcia R, Bernadineli N, Moraes I. Sealing ability of gray MTA Angelus™, CPM™ and MBPc used as apical plugs. *Journal of Applied Oral Science* 2008;16(1):50-4.
- Angelus. MTA Angelus: cimento reparador. Londrina: Angelus.
- Asgary S, Parirokh M, Eghbal M, Brink F. Chemical Differences Between White and Gray Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 101-3.
- Camilleri J, Montesin F, Brady K, Sweeney R, Curtis R, Pitt Ford T. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials* 2005; 21: 297&endash;303.
- Bernabé P, Holland R. Cirugía endodóntica: Cómo practicarla con fundamento científico. En: Estrela C. editor. *Ciencia Endodóntica*. Brasil. Editora Artes Médicas Latinoamerica 2005: 657-797.
- Sarkar N, Caidedo R, Tirwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 97&endash;100.

- Estrela C, Bammann L, Estrela C, Silva R, Pecora J. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Brazilian Dental Journal* 2000; 11: 3-9.
- Funteas U, Wallace J, Fochtman E. A comparative analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Australian Endodontic Journal* 2003; 29: 43-4. Abdullah D, Ford T, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002; 23: 4001-10.
- Islam I, Chng H, Yap A. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 193&endash;7. Weidmann G et al. En Estrela C, Bammann L, Estrela C, Silva R, Pecora J. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Brazilian Dental Journal* 2000; 11: 3-9.
- Wiltbank K, Schwartz S, Schindler W. Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 1235&endash; 8.
- Danesh G, Dammaschke T, Gerth H, Zandbiglari T, Schafer E. A comparative study of selected properties of ProRoot® mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *International Endodontic Journal* 2006; 39: 213&endash;9. Camilleri J, Montesin F, Curtis R, Pitt Ford T. Characterization of Portland cement for use as a dental restorative material. *Dental Materials* 2006; 22: 569 &endash;75.
- Dammaschke T, Gerth H, Zunchner H, Schafer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot® MTA and two Portland cements. *Dental Materials* 2005; 21: 731&endash;8.

- Huang T, Shie M, Kao C, Ding S. The Effect of Setting Accelerator on Properties of Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 2008; 34:590&endash;593.
- Kogan P, He J, Glickman G, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 569&endash;72
- Roberts H, Toth J, Berzins D, Charlton D. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dental Materials* 2007, 1-16.
- Bernabé P, Holland R. Cirugía Paraendodóntica: Como practicarla con fundamento científico. En: Estrela, C. editors. *Ciencia Endodóntica*. Artes Médicas Latinoamerica. 2005, Brasil.
- Torabinejad M, Smith P, Kettering J, Pitt-Ford T. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995; 21: 295-99
- Understanding cement: cement science made easier. Disponible en: <http://www.understanding-cement.com/hydration.html>. Copyright 2005-6 WHD Microanalysis Consultants Ltd, United Kingdom.
- Arnold J, Rueggeberg F, Anderson R, Weller R, Borker J, Pashley D. The disintegration of SuperEBA® cement in solutions with adjusted pH and osmolarity. *Journal of Endodontics* 1997;23:663-68.
- Fridland M, Rosado R. Mineral Trioxide Aggregate (MTA), solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *Journal of Endodontics* 2003; 19: 814 &endash;7.

- Sluyk S, Moon P, Hartwell G. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 768-71
- Coomaraswamy K, Lumley P, Hofmann M. Effect of Bismuth Oxide Radioopacifier Content on the Material Properties of an Endodontic Portland Cement-based (MTA-like) System. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 295-298.
- Holt D, Watts J, Beeson T, Kirkpatrick T, Rutledge R. The anti-microbial effect against *Enterococcus faecalis* and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 844-847.
- Torabinejad M, Rastegar A, Kettering J, Pitt Ford T. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1995; 21: 109-112.
- Torabinejad M, Higa R, McKendry D, Pitt Ford T. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *Journal of Endodontics* 1994; 20:159-63.
- Bates C, Carnes D, Del Rio C. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1996; 22: 575-578
- De Bruyne M, De Bruyne R, Rosiers L, De Moor R. Longitudinal study on microleakage of three root-end filling materials by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *International Endodontic Journal* 2005; 38: 129-136.

- Matt G, Thorpe J, Strother J, McClanahan S. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) stimulating a one- or two-step apical barrier technique. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 876-9.
- Lamb E, Loushine R, Weller N, Kimborough W, Pashley D. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:732&endash;5.
- Gutiérrez E, Aranda R. Estudio comparativo in vitro para medir la microfiltración en obturación retrógrada con PRO ROOT®, CPM® y Súper-EBA®. *Revista Odontológica Mexicana* 2007; 11(3): 140-144.
- Duarte M, Demarchi A, Yamashita J, Kuga M, Fraga S. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 95(3): 345-7.
- Broon N, Bortoluzzi E, Bramante C, Bernardinelli N, Moraes I, García R. Evaluación de la capacidad selladora del agregado trióxido mineral blanco de dos marcas comerciales y cemento Portland blanco en obturación retrógrada. *Medicinal Oral* 2004; 4(2) 41-46.
- Bortoluzzi E, Broon N, Bramante C, Garcia R, De Mores I, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *Journal of Endodontics* 2006;3 2:897&endash;900.
- Estrello A, Poblano R, Rivera V, Noriega J, Morales L. Sellado apical con cemento Portland y agregado trióxido mineral en obturaciones retrógradas. *Medicina Oral* 2006; 8(1): 13-16.

- Hamad H, Tordik P, McClanahan S. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 337&endash;40.
- Pelliccioni G , Vellani C, Gatto M, Gandolfi M, Marchetti C, Prati C. ProRoot mineral trioxide aggregate cement used as a retrograde filling without addition of water: an in vitro evaluation of its microleakage. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 1082&endash;1085.
- Shahi S, Rahimi S, Yavari H, DDS, Shakouie S, Nezafati S, Abdolrahimi. Sealing ability of white and gray mineral trioxide aggregate mixed with distilled water and 0.12% chlorhexidine gluconate when used as root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 1429 &endash;1432.
- Rivera G, Arroniz S, LLamosas, E. Estudio comparativo de la filtración a nivel del tercio cervical utilizando MTA, cemento Portland y fosfato de zinc como selladores. *Revista Oral* 2008; 9(27): 419-425.
- Torabinejad M, Pitt Ford T. Root end filling materials: A review. *Endodontic Dental Traumatology* 1996; 12: 161-78.
- Fischer E, Arens D, Miller C. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, IRM® and SuperEBA® as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 176-179.
- Nakata T, Bae K, Baumgartner J. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 184&endash;6
- Ferris D, Baumgartner J. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 422-4.
- Ruiz A, Aranda R, Mejía L. Evaluación de la microfiltración bacteriana en obturaciones retrógradas con MTA, SuperEBA®, amalgama y cemento

Portland en dientes extraídos. *Revista Odontológica Mexicana* 2006; 10(4): 157-161.

- Baumgartner J, Falkler W. Bacteria in the apical 5 mm of infected root Canals. *Journal of Endodontics* 1991; 17: 380-3.
- Hong C, Torabinejad M, Kettering J. The effects of three retrofilling materials on selected oral bacteria. *Journal of Endodontics* 1993; 19:200.
- Quintana I, LLamosas E, Morales R. Evaluación de la biocompatibilidad del cemento Portland implantado en tejido conectivo subepitelial de ratas. *Revista de la Asociación Dental Mexicana* 2003; LX(2):45-51.
- Stuart C, Schwartz S, Beeson T, Owatz C. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 93&endash; 8.
- Stowe J, Sedgley M, Stowe B, Fenno C. The effects of chlorhexidine gluconato (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot® mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 429 &endash;31.
- Sipert C, Hussne R, Nishiyama C, Torres S. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex®, mineral trioxide aggregate, Portland cement and EndoRez. *International Endodontic Journal* 2005; 38: 539&endash;43.
- Eldeniz A, Hadimili H, Ataoglu H, Ørstavik D. Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 345&endash;9.
- Al-Hezaimi K, Al-Shalan T, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations

against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro. *Journal of Endodontics* 2006. Article In Press. Clinical Research.

- Al-Nazhan S, Al-Judai A. Evaluation of antifungal activity of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2003; 29: 826 &endash;7.
- Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* in vitro. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 684&endash;6.
- Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Comparison of antifungal activity of white-colored and gray-colored mineral trioxide aggregate (MTA) at similar concentrations against *Candida albicans*. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 365&endash;.
- Kettering J, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995; 21: 537&endash;.
- Pitt Ford T, Torabinejad M, Abedi H, Bakland L, Kariyawasam S. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996;127:1491&endash;.
- Torabinejad M, Pitt Ford T, McKendry D, Abedi H, Miller D, Kariyawasam S. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *Journal of Endodontics* 1997; 23: 225&endash;.
- Koh E, Torabinejad M, Pitt Ford T, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *Journal of Biomedical Materials Research* 1997. 37, 432-9
- Koh E, McDonald F, Pitt Ford T, Torabinejad M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 543-7.

- Osorio R, Hefti A, Vertucci F, Shawley A. Cytotoxicity of endodontic materials. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 91&endash;6.
- Wucherpfennig A, Green D. Mineral trioxide vs. Portland cement: two compatible filling materials [abstract]. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 308.
- Keiser K, Johnson C, Tipton D. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *Journal of Endodontics* 2000; 26: 288 &endash;91. Zhu Q, Haglund R, Safavi K, Spangberg L. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 2000; 26: 404&endash;6
- Holland R, Souza V, Nery M, Faraco Junior I, Bernabe P, Otoboni Filho J, et al. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, Portland cement, or calcium hydroxide. *Brazilian Dental Journal* 2001; 12(1): 3-8. Holland R, Souza V, Murata S, Nery M, Bernabe P, Otoboni J, et al. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Brazilian Dental Journal* 2001; 12: 109-13. Holland R, Souza V, Nery M, Faraco Junior I, Bernabe P, Otoboni Filho J, Dezan Junior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin filled with a white mineral trioxide aggregate. *Brazilian Dental Journal* 2002; 13: 23-6. Perez A, Spears R, Gutmann J, Opperman L. Osteoblasts and MG-63 osteosarcoma cells behave differently when in contact with ProRoot TM MTA and White MTA. *International Endodontic Journal* 2003; 36: 564-570.
- Camilleri J, Montesin F, Papaicannou S, Mc Donald F, Pitt Ford T. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal* 2004; 37: 699-704.

- Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg L. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2003; 95: 483-9.
- De Deus G, Ximenes R, Gurgel-Filho E, Plotkowski M, Coutinho-Filho T. Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. *International Endodontic Journal* 2005;38:604-609.
- Duarte M, Demarchi A, Yamashita J, Kuga M, Fraga S. Arsenic release provided by MTA and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:648-50.
- International Organization for Standardization. *Dentistry—Water based cements. Part 1: Powder/Liquid acid-base cements. ISO 9917:2003.*
- Vosoughhosseini S, Lotfi M , Shahi S, Baloo H, Mesgariabbasi M, Saghiri M, et al. Influence of White versus Gray Mineral Trioxide Aggregate on Inflammatory Cells. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 715—717.
- Torabinejad M, Hong C, Lee S, Monsef M, Pitt Ford T. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs *Journal of Endodontics* 1995; 21: 603— 8.
- Holland R, Souza V, Nery M, Otoboni Filho J, Bernabé P, Dezan Junior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 161-166.
- Holland R. Calcium salts deposition in rat connective tissue after the implantation of calcium hydroxide-containing sealers. *Journal of Endodontics* 2002; 28: 173-76.
- Cintra L, Moraes I, Bernabé F, Gomes-Filho J, Bramante C, Brandao R, et al. Evaluation of the tissue response to MTA and MBPC: microscopic

analysis of implants in alveolar bone of rats. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 556 &endash;559.

- McCormick J. Tissue pH of developing periapical lesions in dogs. *Journal of Endodontics* 1983; 9: 47-51.
- American Association of Endodontists Glossary of Endodontic Terms. 2003; 7th ed; 2003.
- Sinai IH. Endodontic perforations: their prognosis and treatment. *J Am Dent Assoc.*1977;95:90 &endash;5.
- Pitt Ford T, Torabinejad M, McKendry J, Hong C, Kariyawasam S. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology Endodontic* 1995;79:756-62.
- Arens D, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate. Two case reports. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology Endodontic* 1996;82:84-8.
- Schwartz R, Mauger M, Clement D, Walker W. Research: Case Reports. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *JADA* 1999; 130; 967-8. Holland R, Filho J, de Souza V, Nery M, Bernabé P, Dezan E. Mineral Trioxide Aggregate Repair of Lateral Root Perforations. *Journal of Endodontics* 2001; 27:281-4.
- Daoudi M, Saunders W. In Vitro Evaluation of Furcal Perforation Repair Using Mineral Trioxide Aggregate or Resin Modified Glass Ionomer Cement with and without the Use of the Operating Microscope. *Journal of Endodontics* 2002; 28: 512-3.

- Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of Root Perforations Using Mineral Trioxide Aggregate: A Long-term Study. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 80-3.
- Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *International Endodontic Journal* 2005; 38, 59&endash;69.
- Menezes R, Neto, U, Carneiro E, Letra A, Bramante C, Bernadinelli N. MTA Repair of a Supracrestal Perforation: A Case Report. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 212-2.
- Bortoluzzi E, Araujo G, Tanomaru J, Tanomaru-Filho M. Marginal Gingiva Discoloration by Gray MTA: A Case Report. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 325&endash;327.
- Hashem A, Hassanien, E. ProRoot® MTA, MTA®-Angelus and IRM® Used to Repair Large Furcation Perforations: Sealability Study. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 59-61
- Meire M, De Moor R. Mineral Trioxide Aggregate Repair of a Perforating Internal Resorption in a Mandibular Molar. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 220-223.
- Hsien H, Cheng Ya, Lee Y, Lan W, Lin W. Repair of Perforating Internal Resorption with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report. *Journal of Endodontics* 2003; 29: 538-539.
- Di Giuseppe E. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. Tesis de Grado de Especialización. Universidad Central de Venezuela. Caracas.1999.
- Peters C, Peters O. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal* 2002; 35 22&endash;29.

- Baek S, Plenk H, Kim S. Periapical Tissue Responses and Cementum Regeneration with Amalgam, SuperEBA and MTA as Root-End Filling Materials. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 444-449.
- Montellano A, Schwartz S, Beeson T. Contamination of Tooth-Colored Mineral Trioxide Aggregate Used as a Root-End Filling Material: A Bacterial Leakage Study. *Journal of Endodontics* 2006; 452-455.
- Saunders W. A Prospective Clinical Study of Periradicular Surgery Using Mineral Trioxide Aggregate as a Root-end Filling. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 660-665.
- Rafter M. Apexification: a review. *Dental Traumatology*. 2005; 21: 1&endash; 8.
- Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *International Endodontic Journal*. 2007; 40: 186&endash; 197.
- Metzger Z, Solomonov M, Mass E. Calcium hydroxide retention in wide root canals with flaring apices. *Dental Traumatology*. 2001; 17: 86.
- Hachmeister, D., Schindler, W., Walker, W., Thomas, D. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *Journal of Endodontics*. 2002; 28: 386-390.
- Ainehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar A. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2002; 36: 225-231.
- Swift E, Trope M, Ritter A. Vital pulp therapy for the mature tooth&endash; can it work?. *Endodontic Topics* 2003;5:49 &endash;56.

- McComb D. Comparison of physical properties of commercial calcium hydroxide lining cements. *J Am Dent Assoc* 1983;107:610 &endash;3. Hayashi M, Shimizu A, Ebisu S. MTA for Obturation of Mandibular Central Incisors with Open Apices: Case Report. *Journal of Endodontics*. 2004; 30:120-122.
- Felipe W, Felipe M, Rocha M. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *International Endodontic Journal*, 2006;39, 2&endash;9.
- Mestreneer SR, Holland R, Dezan E Jr. Influence of age on the behavior of dental pulp of dog teeth after capping of an adhesive system or calcium hydroxide. *Dental Traumatology* 2003;19:255&endash; 61. Cox C, Hafez A, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B. Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of non-human primate teeth. *Am J Dent* 1998;11:55&endash; 63.
- Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002; 35: 245-254.
- Koh E, Pitt Ford T, Kariyawasan S, Chen N, Torabinejad M. Prophylactic Treatment of Dens Evaginatus Using Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 2001; 27: 540-542.
- Parirokh M, Asgary S, Eghbal M, Stowe S, Eslami B, Eskandarizadeh A, et al. A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *Dental Traumatology* 2005; 21: 150&endash;154.
- Asgary S, Parirokh M, Eghbal M, Ghodduji J, Eskandarizadeh A. SEM evaluation of neodentinal bridging after direct pulp protection with mineral trioxide aggregate. *Australian Endodontic Journal* 2006; 32: 26-30.

- Tunca Y, Aydin C, Ozen T, Seyrek M, Ulusoy H, Yildiz O. The Effect of Mineral Trioxide Aggregate on the Contractility of the Rat Thoracic Aorta. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 823-826.
- Accorinte M, Holland R, Reis A, Bortoluzzi M, Murata S, Dezan E, et al. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 1-6.
- Naik S, Hedge A. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: An in vivo study. *J Indian Soc Pedo Prev Dent* 2005; 13-16.
- Barrieshi-Nusair K, Qudeimat M. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanent teeth. *Journal of Endodontics* 2006;32:731&endash;5