



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA

REACCIONES PERIODONTALES ANTE EL MINERAL
TRIÓXIDO AGREGADO, USADO COMO SELLADOR EN
PERFORACIONES RADICULARES Y
RETROOBTURACIONES.

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A :

MARIO ANTONIO ZALDIVAR SAHAGÚN

TUTORA: MTRA. ALINNE HERNÁNDEZ AYALA



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.



Agradezco a mis padres por darme el apoyo, la comprensión el afecto, el cariño y las ganas para seguir adelante en mi camino.

A mis hermanas por estar a mi lado en el trayecto que he andado y que estarán en lo que me falta por recorrer.

A mis abuelos que siempre van conmigo a donde quiera que este, dándome su cariño y su amor.

A mi familia que siempre han tenido palabras de ánimo en mis días malos y felicitaciones en los buenos, que siempre cuento con su apoyo incondicional.

A mis amigos que están conmigo siempre que los necesito.

A mis profesores no solo por transmitirme sus conocimientos y experiencias sino sus valores e integridad.

A mis compañeros por compartir esta etapa de mi vida que fue tan grandiosa.

A las profesoras Amalia Cruz y Alinne Hernández por su paciencia y apoyo en la realización de esta tesina

A laura por ser la amiga en quien puedo más confiar, por estar siempre con migo en las buenas y las malas y siempre encontrar en ella a la mejor de las personas

Y sobre todo quiero agradecer a esa persona que sin importarle nada me ha acompañado en todos mis días, que aparte de darme la vida me ha enseñado a vivirla, que ha soportado todo con migo, que ha hecho hasta lo imposible por hacerme sentir mejor en una depresión, que se ha desvelado con migo en las noches de estudio, que se alegra por mis logros y me anima en mis derrotas, a quien sin su esfuerzo este trabajo no hubiera sido posible, ati

Mama te doy las gracias por todo tu amor.



INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	5
1. MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA).....	6
1.1 Historia.....	6
1.2 Componentes.....	7
1.3 Propiedades físico-químicas.....	8
1.4 Manipulación.....	11
1.5 Usos.....	12
1.5.1 Terapia en pulpas vitales.....	12
1.5.2 Terapia de pulpas no vitales.....	13
1.5.3 Reparación de perforaciones dentales.....	13
1.5.4 Obturación retrograda.....	15
1.5.5 Barrera durante el blanqueamiento dental.....	15
1.5.6 Otros usos.....	16
2. ESTRUCTURAS PERIODONTALES RELACIONADAS CON EL SISTEMA DE CONDUCTOS.....	18
2.1 Cemento.....	18
2.2 Ligamento periodontal.....	22
2.3 Hueso alveolar.....	26



3. PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS ENDO-PERIO.....	31
3.1 Cirugía endodóntica.....	31
3.1.1 Indicaciones.....	31
3.2 Sellado de perforaciones y/o fisuras radiculares.....	33
3.2.1 Procedimientos Clínicos.....	34
3.2.2 Tratamiento de las perforaciones en el tercio coronal y de la bifurcación.....	35
3.2.3 Tratamiento de las perforaciones en el tercio medio.....	35
3.3 Obturación retrograda.....	36
3.4 Hemisección.....	38
3.5 Radisectomía.....	39
4. REACCIONES DE LOS TEJIDOS PERIODONTALES ANTE EL MTA.....	41
4.1 Microfiltración bacteriana.....	41
4.2 Citotoxicidad.....	44
4.3 Respuesta de los tejidos periapicales.....	48
CONCLUSIONES.....	52
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	54



INTRODUCCIÓN:

Una de las causas más comunes en la extracción de órganos dentales son las patologías periapicales. Estas pueden ser causadas por un mal tratamiento de conductos llevándonos a la pérdida del diente. Las perforaciones radiculares son una de las causas más comunes de estos problemas. Estas provocan una comunicación directa al periodonto desde el sistema de conductos. Deben ser tratadas de forma que sellemos la comunicación entre el conducto radicular y el periodonto, evitando su contaminación. Estas lesiones deberán ser tratadas dependiendo la extensión y severidad de la misma y pueden ser selladas desde el interior de la cámara pulpar o los conductos o a través de acceso quirúrgico.

Se han utilizando materiales como Cavit, óxido de zinc-eugenol, hidróxido de calcio, amalgama, ionómero de vidrio, etc. para reparar las perforaciones.

Recientemente el material, Mineral Trióxido Agregado (MTA), ha hecho su aparición como un producto innovador principalmente utilizado en el campo de la Endodoncia y Periodoncia. El MTA, es utilizado principalmente en obturaciones retrogradas al realizar apicectomías y como una barrera que aísla y permite la restauración de un diente, cuando se ha hecho una comunicación con el periodonto a través de diversos tratamientos odontológicos.

Al utilizarlo debemos estar seguros que no tendremos reacciones indeseables en los tejidos que estén en contacto con este material como lo es el ligamento periodontal, cemento radicular y hueso alveolar, evitando de esta forma complicaciones que requieran de retratamientos en los órganos y mas molestias para el paciente.



1. MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO

1.1 Historia

El Mineral Trióxido Agregado (MTA), consiste en un polvo de partículas finas hidrofílicas, que endurecen en presencia de humedad. El resultado es un gel coloidal que solidifica a una estructura dura en menos de 4 horas.⁽⁷⁾

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

Las apicectomías y la colocación de retroobturaciones se han realizado desde mediados del siglo XVIII y aunque se han estudiado muchos materiales como la amalgama, el cavit, la gutapercha, el oro, las resinas, el IRM, el Súper-EBA, los ionómeros de vidrio y los cementos a base de fosfato de calcio, en un esfuerzo para encontrar un material de obturación ideal, aún no existe aquel que logre conjuntar todas estas propiedades.

Varios materiales han sido utilizados en Endodoncia para la reparación de lesiones radiculares, especialmente en las perforaciones laterales, como es la amalgama, el IRM, el hidróxido de calcio, los composites y los ionómeros de vidrio.

En este sentido, recientemente el Dr. Mahmoud Torabinejad en la Universidad de Loma Linda California, desarrolló un nuevo material denominado: Mineral Trióxido Agregado (MTA) para sellar todas las vías de comunicación existente en el sistema de conductos radiculares y la superficie externa. Los estudios disponibles parecen demostrar que este material es prometedor para utilizarse tanto en perforaciones radiculares como en



obturaciones retrógradas y en el tratamiento de exposiciones pulpares, gracias a que tiene la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, tener pH alcalino y que no favorece la inflamación.

El MTA recibió su aprobación por la U.S. Food and Drug Administration en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental por Lee en 1993, el MTA ha sido utilizado en aplicaciones tanto quirúrgicas como no quirúrgicas.

Un dato curioso son las investigaciones que realizó Liné, sobre los cementos que usaron los Mayas, para sostener incrustaciones de jade, jadeíta, pirita etc. en dientes de diversos personajes. Él determinó que la composición química de este, es similar a la de cemento que se emplea para la construcción, en este caso menciona al Pórtland, aunque también podría ser el cemento Cruz Azul o Tolteca, con los que estamos más familiarizados.

Es necesario mencionar que el MTA es un derivado del cemento Pórtland y que comparten los mismos componentes principales como es el calcio, el fosfato y el sílice. La similitud entre estos dos cementos nos lleva a la idea de que el MTA es parecido al cemento maya. No tenemos pruebas para afirmar que se tomó como base de obtención del MTA, pero como hicimos notar éste es un dato curioso.⁸

1.2 Componentes

El cemento MTA, Angelus, blanco, según instructivo del fabricante (Industria de productos odontológicos Ltda. Londrina - PR – Brazil) tiene los siguientes componentes: Silicato tricálcico (3CaO-SiO_2), Aluminato tricálcico ($3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$), Silicato dicálcico (2CaO-SiO_2), Aluminato férrico tetracálcico ($4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$), Oxido de Bismuto (Bi_2O_3), Sulfato de calcio dihidratado



($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y residuos insolubles (sílice cristalina, óxido de calcio y sulfato de potasio y sodio).

Es un material biocompatible cuyo pH obtenido después de mezclado con agua bidestilada es de 10.2 y a las 3 horas se estabiliza en 12.5, lo cual le confiere propiedades antibacterianas por su alcalinidad.

Se han obtenido resultados alentadores de uso por la capacidad de sellado que ha demostrado en dientes extraídos, mas aun los hallazgos histológicos al ser utilizado en perforaciones en dientes de perros han confirmado las observaciones de que este material, tiene un gran potencial de facilitar la cicatrización tisular.

La composición química del MTA fue analizada a través de diversas investigaciones, donde se utilizó la técnica de Rayos X con su espectrómetro de energía dispersa, conjuntamente con el microscopio electrónico.

1.3 Propiedades físico-químicas

La hidratación del polvo del MTA, forma un gel coloidal que solidifica a una estructura dura, en aproximadamente 4 horas. Las características del agregado dependen del tamaño de las partículas, la proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire comprimido.

Valor de pH

Después de mezclado es de 10.2 y a las 3 horas se estabiliza en 12.5. Presenta un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, luego de aplicar esta sustancia como material de obturación apical.



Radiopacidad

Entre las características ideales para un material de obturación, encontramos que debe ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en la preparación cavitaria.

La medida de radioopacidad del MTA es de 7.17 mm equivalente al espesor de aluminio. En cuanto a la radioopacidad de materiales de obturación retrógrada, se encontró que la amalgama es el material más radiopaco (10mm equivalentes al espesor del aluminio). La radioopacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14mm, IRM 5.30mm, Super-EBA 5.16mm, MTA 7,17mm y la dentina 0.70mm. Por lo que le MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible sobre las radiografías.

Tiempo de endurecimiento

El cemento MTA en contacto con el agua forma un gel coloidal que se solidifica formando una estructura rígida en un intervalo de 15 minutos. Sin embargo el promedio del tiempo de endurecimiento encontrado en otro trabajo en el que se comparan diferentes materiales es de: amalgama: 4 min. +/- 30 seg.; SuperEBA: 9 min. +/- 30 seg.; IRM: 6 min. +/- 30 seg.; y MTA 2 horas 45 min. +/- 5 min.

La amalgama tiene el tiempo de endurecimiento más corto y el MTA el más largo. Esta condición puede permitir una estabilidad dimensional en el material después de su colocación, y en contacto con el tejido vital; en términos generales a mayor rapidez de fraguado del material, más rápido se contrae. Este fenómeno explica la causa, del porque el MTA filtra menos colorante; y bacterias, que otros materiales.



Resistencia compresiva

Es un factor importante para considerar, cuando se coloca el material en una cavidad que soporte cargas oclusales. La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 Mpa, la cual es comparable a la del IRM y el superEBA, pero significativamente menor que la amalgama, que es de 311 Mpa.

Solubilidad

Los materiales de obturación, están normalmente en contacto con el fluido de los tejidos perirradiculares hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o el cemento. No se evidencian signos significativos de solubilidad en agua para superEBA, para la amalgama y para el MTA, mientras que sí se observan para el IRM.³

Microfiltración

En un estudio hecho por Edward J. Fisher (1998) en dientes uniradiculares extraídos y retroobturados, se determinó que con el MTA la filtración empieza después del día 49 e incluso existieron muestras en las cuales no se evidenció penetración; se concluyó que el MTA es el material más efectivo en la prevención de la penetración por *S. marcescens*.

A causa del predominio de microorganismos anaerobios en las infecciones de origen endodóntico, la utilización de un modelo de filtración anaerobia es clínicamente relevante (Baumgartner y Falkler, 1991 citados por Walton y Torabinejad, 1997). Por tales motivos Nakata y col. (1998), utilizan un modelo de filtración bacteriana anaerobia, para evaluar la calidad del sellado del MTA y la amalgama cuando son utilizados como obturación de



perforaciones. En este estudio se demuestra que los dientes obturados con MTA permiten una menor microfiltración bacteriana del *Fusobacterium nucleatum* en comparación con los dientes obturados con amalgama, siendo la diferencia estadísticamente significativa.

Adaptación marginal

Un material de obturación ideal debe adherirse y adaptarse perfectamente a las paredes de la dentina. En este sentido, Torabinejad y col. (1993), realizaron un estudio, para evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA, el Super EBA y la amalgama. Los resultados mostraron que en las muestras obturadas con Super EBA y amalgama había presencia de brechas y vacíos entre el material de obturación y las paredes de la cavidad en la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente. El tamaño y la profundidad de las brechas varían entre la amalgama y el cemento Super-EBA. Las cavidades apicales obturadas con amalgama, presentaron un grado mas bajo de adaptación a las paredes dentinarias; por el contrario, con el MTA se observó la mayor adaptación y menor cantidad de brechas; presentando también el MTA un significativo grado menor de microfiltración.¹¹

1.4 Manipulación

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



1.5 Usos

1.5.1 Terapia en pulpas vitales (Recubrimiento pulpar directo y Apicogénesis)

La reparación de las exposiciones pulpares no dependen del material de recubrimiento, pero sí está relacionado con la capacidad de estos materiales para evitar la filtración bacteriana, y también de las condiciones de asepsia en las que se realiza este tipo de procedimientos. En algunos estudios, como los realizados por Thomson y Berry (2003) o Torabinejad M, Chivian (1999), el MTA ha demostrado prevenir la filtración bacteriana, además de tener un alto grado de biocompatibilidad, por tal motivo ha sido usado como material de recubrimiento directo en pulpas expuestas experimentalmente en monos.

Los resultados de estudios realizados por Torabinejad M, Chivian (1999) demuestran que el MTA estimula la formación de puentes de dentina adyacentes a la pulpa. La dentinogénesis del MTA se puede deber a su sellado, biocompatibilidad y alcalinidad.

Un puente dentinario puede ser un signo de reparación o de irritación, y es conocido que la presencia de bacterias es un factor determinante en la inhibición de la reparación de las exposiciones pulpares. El hidróxido de calcio no se adhiere a la dentina y pierde su capacidad de sellado. Defectos en los puentes dentinarios bajo el recubrimiento con hidróxido de calcio puede actuar como vías para la microfiltración. Este material también tiene la tendencia a disolverse con el paso del tiempo. ¹³



1.5.2 Terapia en pulpas no vitales (Apexificación)

Varios materiales han sido utilizados como medicamentos intraconducto para la formación de tejido duro o como tope apical para prevenir la extrusión de materiales de obturación en dientes con ápices abiertos. [11]

El hidróxido de calcio se ha convertido en el material de elección para la apexificación.

Se realizaron estudios por Shabahang, S., Torabinejad (1999) para comparar la eficacia de la OP-1, hidróxido de calcio y el MTA para la inducción de formación de la raíz, donde el MTA fue usado como tope apical en premolares inmaduros de perros que fueron infectados a propósito con diversos microorganismos endopatógenos y luego desinfectados con hidróxido de calcio. Los resultados mostraron que el MTA induce la formación de tejido duro más frecuentemente y provoca menor inflamación que los otros materiales. Basados en estos resultados el MTA puede ser utilizado como una barrera apical en dientes con ápices inmaduros.

Otra técnica utilizada para procedimientos de apexificación ha sido la combinación de la colocación de una barrera de MTA con la subsiguiente adhesión interna contra la barrera, que pueda disminuir el tiempo del tratamiento y aumentar el pronóstico a largo tiempo. Los fabricantes recomiendan que se debe colocar de 3 a 5 mm de espesor de MTA en el ápice para los procedimientos de apexificación.

1.5.3 Reparación de perforaciones dentales

Las perforaciones dentales pueden ocurrir durante el procedimiento endodóntico o en la preparación para postes y también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radiculares. La reparación de la



perforación después de un procedimiento accidental o como consecuencia de una reabsorción interna puede ser realizada intracoronalmente o mediante un procedimiento quirúrgico dependiendo el caso.

Materiales como el Cavit, el óxido de zinc-eugenol, el hidróxido de calcio, la amalgama, la gutapercha y la hidroxiapatita han sido usados para reparar perforaciones.

El MTA fue evaluado experimentalmente para reparar perforaciones de furca en dientes de perro. Se observó que en ausencia de contaminación la respuesta del tejido fue caracterizada por una ausencia de inflamación y por la formación de cemento en la mayoría de los dientes analizados por Holland, R.m Otoboni (2001). Igualmente algunos autores han reportado resultados en casos clínicos de dientes humanos en la reparación de perforaciones de furca con MTA, y observando que este material permite la reparación de hueso y la eliminación de síntomas clínicos.⁷

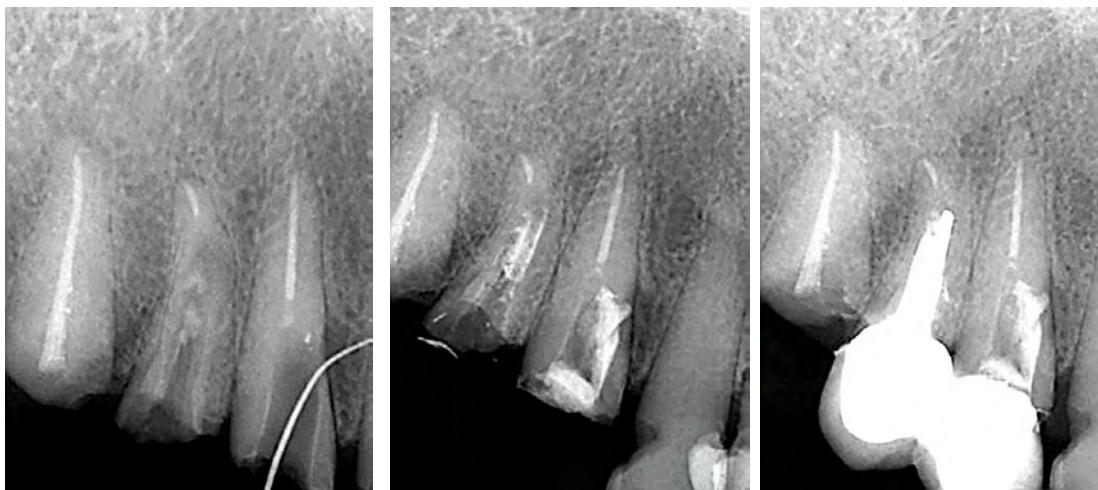


Fig.1. Perforación radicular ocasionada por medio de fresado en canino superior derecho.



1.5.4 Obturación retrógrada

Numerosas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada. La principal desventaja de estos materiales incluyen su poca capacidad para prevenir la filtración de irritantes de los tejidos periapicales infectados a los conductos radiculares, la ausencia de una completa biocompatibilidad con los tejidos vitales y su incapacidad para promover la regeneración de los tejidos periapicales a su estado normal.

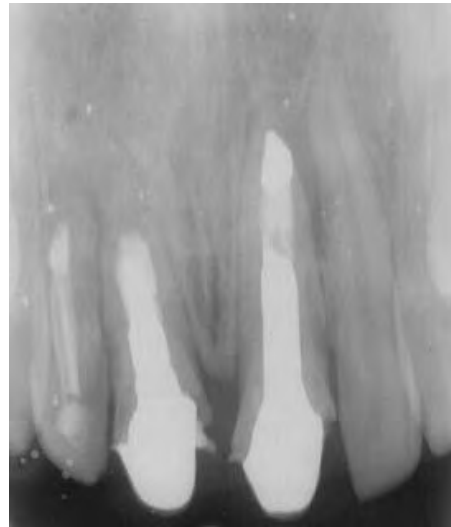


Fig.2. Obturación retrograda en central superior izquierdo.

1.5.5 Barrera durante el blanqueamiento dental

El blanqueamiento interno de los dientes puede causar resorción externa radicular. Ningún material es capaz de prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Debido a que el MTA provee un sellado efectivo en contra de la penetración de colorantes, bacterias y de sus metabolitos como son las endotoxinas, se puede utilizar como material de barrera coronaria (se requiere de 3 a 4 mm de espesor), después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno.



En un estudio realizado por Tang, H. M. Morrow, J. D (1997) con la finalidad de comparar la efectividad del MTA, el IRM, y el fosfato de Zinc ($ZnPO_4$) como barreras de aislamiento para prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Los resultados mostraron que el Fosfato de Zinc ($ZnPO_4$) presentó significativamente mayor filtración que el IRM o el MTA, y el MTA tuvo la menor filtración entre los materiales estudiados. Basados en estos resultados, el MTA se puede utilizar como una barrera de aislamiento para el blanqueamiento interno.

Es importante resaltar que el MTA presenta una composición química que puede provocar pigmentación de la estructura dentaria, por lo que se recomienda utilizarse en el espacio del conducto y cámara que se encuentren por debajo del margen gingival (instructivo ProRoot MTA, Tulsa Dental).

1.5.6 Otros usos

Como material de obturación temporal. Se coloca una torunda de algodón en la cámara pulpar y se rellena el resto de la cavidad del acceso con MTA colocando una gasa húmeda entre la superficie oclusal del diente y el diente adyacente, posteriormente se remueven los excesos de MTA con una fresa redonda y se le debe informar al paciente que no debe morder por ese lado de 3 a 4 horas.

Para la reparación de una fractura vertical. Se debe remover el material de obturación del diente y se deben unir las superficies internamente con resina. Después de levantar un colgajo o de extraer el diente para un reimplante intencional se debe hacer una cavidad sobre toda la superficie de la fractura con una fresa pequeña bajo irrigación constante. Para mejorar el pronóstico en estos casos, el paciente debe ser instruido para seguir una higiene oral meticulosa. A pesar del éxito en algunos casos de la reparación de fracturas



verticales, cuando el MTA en está en contacto directo con la cavidad oral por un periodo largo de tiempo el pronóstico es impredecible. Esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido.⁷



2. ESTRUCTURAS PERIODONTALES RELACIONADAS CON EL SISTEMA DE CONDUCTOS

2.1. Cemento

Es el tejido mesenquimatoso calcificado que forma la cubierta exterior de la raíz anatómica del diente. Los tipos principales de cemento radicular son el cemento acelular (primario) y el celular (secundario). Ambos constan de una matriz interfibrilar calcificada y fibrillas de colágena.

Hay dos fuentes de fibras de colágena en el cemento: las fibras de Sharpey (extrínsecas), en la porción insertada de las fibras principales del ligamento periodontal, formadas por los fibroblastos, y las fibras que pertenecen a la matriz de cemento *per se* (intrínsecas), producidas por los cementoblastos. Estos últimos forman también los componentes de naturaleza no colágena de la sustancia fundamental interfibrilar, como proteoglicanos, glucoproteínas y fosfoproteínas.

El cemento acelular es el primero en formarse y cubre casi desde el tercio cervical hasta la mitad de la raíz; no contiene células. Este cemento se forma antes que el diente alcance el plano oclusivo y su espesor varía desde los 30 hasta los 230 nanómetros. Las fibras de Sharpey constituyen la mayor parte de la estructura del cemento acelular, que posee una función principal en soporte dentario. Casi todas las fibras se insertan en la superficie radicular en ángulos casi rectos y penetran el cemento a profundidad; sin embargo otras entran desde varias direcciones distintas. Su tamaño, cantidad y distribución aumenta con la función. Las fibras de Sharpey se encuentran mineralizadas por completo y los cristales minerales están dispuestos de forma paralela a las fibrillas, al igual que en la dentina y el hueso, excepto en una zona de 10 a 50 nanómetros de anchura próxima a la unión cemento-



dentina, donde se encuentran calcificadas de manera parcial. El cemento acelular también contiene fibras de colágena intrínsecas calcificadas y dispuestas irregularmente o paralelas a la superficie.

El cemento celular, formado una vez que el diente llega al plano oclusivo, es más irregular y contiene células (cementocitos) en espacios individuales (lagunas) que se comunican entre sí a través de un sistema de canalículos conectados. El cemento celular es menos calcificado que el tipo acelular. Las fibras de Sharpey ocupan una porción más reducida del cemento celular y están separadas por otras fibras desordenadas o paralelas a la superficie radicular. Las fibras de Sharpey pueden estar calcificadas por completo o en parte o poseer un núcleo sin calcificar rodeada por un borde calcificado.

El cemento celular y acelular poseen una configuración en laminillas separadas por líneas acumulativas paralelas al eje longitudinal de la raíz. Dichas líneas representan los periodos de reposo de la formación de cemento y se encuentran más mineralizadas que el cemento adyacente.

Permeabilidad del cemento.

En animales muy jóvenes, tanto el cemento celular como el acelular son muy permeables y permiten la difusión de colorantes desde la pulpa a la superficie radicular externa. El cemento celular, los canalículos de ciertas zonas y los túmulos dentinarios están contiguos. Con la edad la permeabilidad del cemento disminuye.

Unión amelocementaria.

El cemento que se halla en la unión amelocementaria e inmediatamente subyacente a ella es de importancia clínica particular en el raspado radicular. En la unión amelocementaria el cemento presenta relaciones de tres clases. En el 60 a 65% de los casos el cemento se superpone al esmalte; en casi el



30% de los casos, la unión tiene lugar borde con borde y en 5 a 10% el cemento y el esmalte no están en contacto. En este caso la recesión gingival genera gran sensibilidad por exposición de la dentina.

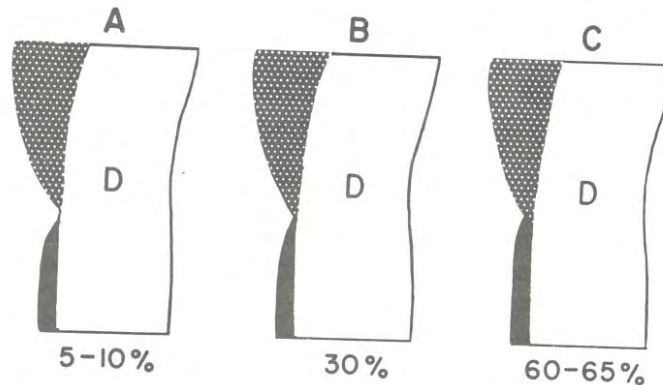


Fig.3. Tipo de unión cemento-esmalte

Espesor del cemento.

El depósito de cemento es un mecanismo continuo que prosigue a velocidades cambiantes a través de la vida. La formación del cemento es más rápida en las zonas apicales, de donde compensa la erupción del diente, que a su vez compensa la atrición. En la mitad coronaria de la raíz, el grosor del cemento varía de 16 a 60 nanómetros, casi el espesor de un cabello. Alcanza su espesor máximo (hasta 150 a 200 nanómetros) en el tercio apical y en las zona de furcación. Es más grueso en las superficies distales que en las mesiales, tal vez por la estimulación funcional debida a la migración mesial. Entre los 11 y 70 años de edad, el espesor promedio del cemento se triplica dándose el incremento mayor en la región apical.

Resorción y reparación del cemento

Los dientes permanentes no tienen resorción fisiológica, como los primarios. Sin embargo, el cemento de los dientes erupcionados e incluidos puede estar sujeto a resorción. Los cambios por resorción pueden ser de proporción microscópica o suficientemente extensos como para presentar alteración del



contorno radicular reconocible en radiografías. La resorción cementaria microscópica es muy frecuente. Se han encontrado resorciones de este tipo en 236 de 261 dientes estudiados (90.5%).

La resorción del cemento puede suceder por causas locales o sistémicas; también tiene lugar algunas veces sin causa evidente (idiopática). Entre las causas locales se encuentra el traumatismo oclusal, movimientos ortodónticos, presión por dientes erupcionados en mal posición, quistes y tumores, dientes sin antagonistas funcionales, dientes retenidos, reimplantados y traslapados, etc. Entre los estados sistémicos se encuentran la deficiencia de calcio, hipotiroidismo, osteodistrofia fibrosa hereditaria y enfermedad de Paget.²⁷

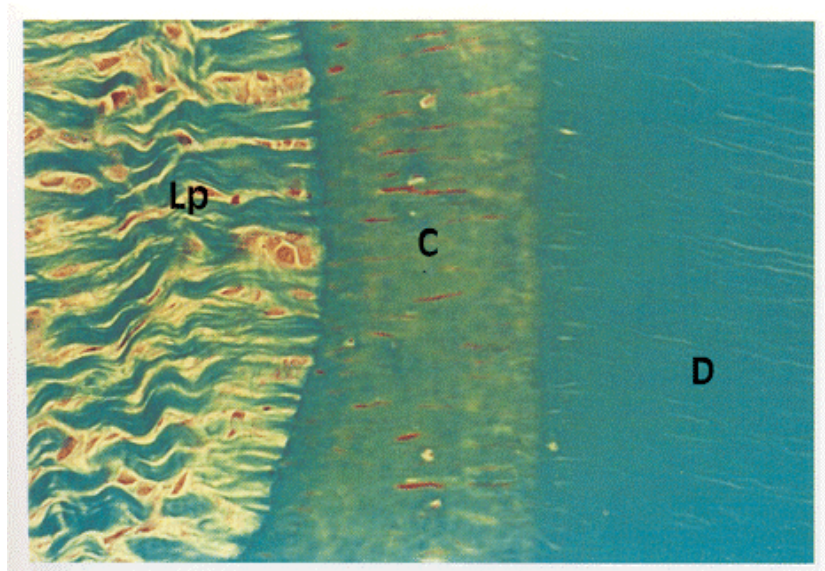


Fig. 4 Imagen histológica del ligamento periodontal (Lp), cemento (C) y dentina (D).

2.2. Ligamento periodontal



Es el tejido conectivo que rodea la raíz y le conecta con el hueso alveolar. Se continúa con el tejido conectivo de la encía y se comunica con los espacios medulares a través de los conductos vasculares del hueso.

Fibras periodontales.

Las fibras principales son los elementos más importantes del ligamento periodontal; son de colágena, están dispuestas en haces y siguen una trayectoria sinuosa en cortes longitudinales. Las porciones terminales de las fibras principales que se insertan en el cemento y el hueso reciben el nombre de fibras de Sharpey. Los haces de estas fibras principales constan de fibras individuales que forman una red continua de conexiones entre el diente y el hueso.

La colágena es una proteína compuesta por diferentes aminoácidos, los más importantes son la glicina, prolina, hidroxilisina e hidroxiprolina. El contenido de esta última puede servir para determinar la cantidad de colágena en un tejido.

La biosíntesis de colágena tiene lugar dentro de los fibroblastos para formar moléculas de tropocolágena, y una característica periodicidad de 64 nm. En los tipos I y III de colágena las fibrillas se juntan para conformar fibras y en la colágena de tipo I las fibras lo hacen para integrar haces.

Los fibroblastos, condroblastos, osteoblastos, odontoblastos y otras células sintetizan colágena. Son varios los tipos de ésta, todos diferenciados por su composición química, distribución, función y morfología. Las fibras principales incluyen de modo primario colágena de tipo I, en tanto que las fibras reticulares son de colágena del tipo III. La colágena IV se reconoce en la lámina basal.

La configuración molecular de las fibras de colágena les confiere una resistencia a la tracción mayor que la del acero. En consecuencia, la



colágena aporta una combinación peculiar de flexibilidad y resistencia a los tejidos donde se localiza.

Las fibras principales del ligamento periodontal están dispuestas en 6 grupos: transeptales, de la cresta alveolar, horizontales, oblicuas, apicales e interradiculares.

Grupo transeptal. Las fibras transeptales se extienden en sentido interproximal sobre la cresta alveolar y se insertan en el cemento de los dientes adyacentes. Son un hallazgo notablemente constante y se reconstruyen aun después de la destrucción del hueso alveolar en la enfermedad periodontal. Se puede considerar que estas fibras pertenecen a la encía porque no se insertan en el hueso.

Grupo de la cresta alveolar. Estas fibras se extienden en sentido oblicuo desde el cemento apenas por debajo del epitelio de unión hasta la cresta alveolar. También discurren desde el cemento, por encima de la cresta alveolar, hasta la capa fibrosa del periosteo que cubre el hueso alveolar. Evitan la extrusión del diente y se oponen a los movimientos laterales. Su incisión no incrementa de modo relevante la movilidad dentaria.

Grupo horizontal: las fibras horizontales se extienden perpendiculares al eje longitudinal del diente, desde el cemento hasta el hueso alveolar.

Grupo de fibras oblicuas: Son el grupo más voluminoso del ligamento periodontal, se extiende desde el cemento, en dirección coronal y oblicua, hacia el hueso. Sostienen la mayor parte de la tensión masticatoria vertical y la transforma en tensión sobre el hueso alveolar.



Grupo apical: estas fibras divergen de manera irregular desde el cemento hacia el hueso en el fondo del alveolo. No aparecen sobre las raíces de formación incompleta.

Grupo interradicular: las fibras interradiculares se abren en abanico desde el cemento hacia el diente en las zonas de las furcaciones de los dientes multirradiculares.

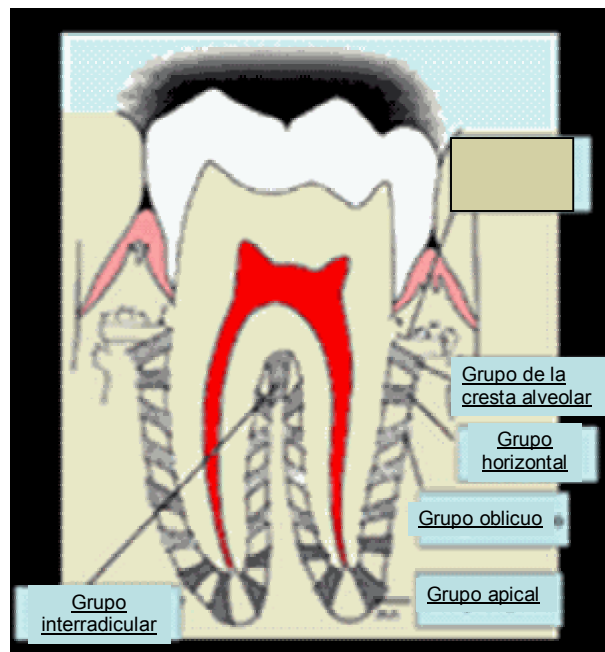


Fig. 5. Fibras del ligamento periodontal.

Elementos celulares del ligamento periodontal.

Se reconocen cuatro tipos de células en el ligamento periodontal: células del tejido conectivo que incluyen: a los fibroblastos, cementoblastos y odontoblastos. Los restos epiteliales de Malassez forman un entramado en el ligamento periodontal y aparecen como grupos aislados de células o bandas entrelazadas, se considera que los restos epiteliales son remanentes de la vaina radicular de Hertwig, que se desintegra durante la formación radicular,



se distribuyen cerca del cemento a través del ligamento periodontal de casi todos los dientes y son mas numerosos en la región apical. Células de defensa: incluyen neutrófilos, linfocitos, macrófagos, mastocitos y eosinófilos y las relacionadas con lo elementos neurovasculares.

Sustancia fundamental.

El ligamento periodontal también contiene una proporción considerable de sustancia fundamental que rellena los espacios entre las fibras y las células. Consta de dos componentes principales: glicosaminoglicanos, como ácido hialurónico y proteoglicanos, y glucoproteínas, como fibronectina y laminina; su contenido de agua también es elevado (70%).

Funciones del ligamento periodontal.

Las funciones del ligamento periodontal son física, formativa, de remodelación, nutricionales y sensitivas.

Función física:

- Provisión de un “estuche” de tejido blando para proteger los vasos y nervios de lesiones por fuerzas mecánicas.
- Transmisión de fuerzas oclusivas al hueso.
- Unión del diente al hueso.
- Conservación de los tejidos gingivales en relación adecuada con los dientes.
- Resistencia al impacto de las fuerzas oclusivas (amortiguación).

Función de formación y remodelación:

Las células del ligamento periodontal intervienen en la formación y resorción del cemento y hueso, que ocurre en el movimiento dental fisiológico, la adaptación del periodonto ante las fuerzas oclusivas y la reparación de las



lesiones. Las variaciones de la actividad enzimática celular se relacionan con el proceso de remodelación.

Funciones sensitiva y nutricional:

El ligamento periodontal aporta nutrientes al cemento, hueso y encía por medio de los vasos sanguíneos, además de proveer drenaje linfático.

El ligamento periodontal se encuentra muy innervado por fibras nerviosas sensitivas con capacidad para transmitir sensaciones táctiles, de presión y de dolor por las vías trigeminales. Los fascículos nerviosos avanzan hacia el ligamento periodontal desde la región periapical y por los conductos del hueso alveolar que siguen la trayectoria de los vasos sanguíneos. Se dividen en fibras mineralizadas únicas, que al final pierden sus vainas de mielina y confluyen en uno de los cuatro tipos de terminaciones neurales: terminaciones libres, que poseen configuración arborea; mecanorreceptores de tipo Ruffini, sobretodo en la zona apical; corpúsculos espirales de Meissner también mecanorreceptores, particularmente en la región radicular media; y terminaciones fusiformes, para recibir presión y vibración, rodeadas por una cápsula fibrosa, en especial en el ápice.²⁷

2.3. Hueso alveolar

El proceso alveolar es la porción del maxilar y la mandíbula que forma y sostiene a los alveolos dentarios. Se forma cuando el diente erupciona a fin de proveer la inserción ósea para el ligamento periodontal; desaparece de manera gradual una vez que se pierde el diente.

El proceso alveolar consiste de lo siguiente:

- Una tabla externa del hueso cortical.



- Pared interna del alveolo, constituida por hueso compacto delgado llamado hueso alveolar, aparece en las radiografías como cortical alveolar. Desde el punto de vista histológico, contiene una serie de aberturas (lamina cribiforme) por las cuales los paquetes neurovasculares unen el ligamento periodontal con el componente central del hueso alveolar, que es el hueso esponjoso.

-Pared del alveolo.

Esta formado por hueso laminar denso, parte del cual posee una disposición en sistemas haversianos, y hueso fascicular. Hueso fascicular es el término que se otorga al hueso contiguo del ligamento periodontal que contiene una gran cantidad de fibras de Sharpey. Se caracteriza por presentar laminas delgadas dispuestas en capas paralelas a la raíz, con líneas de aposición interpuestas. El hueso fascicular se encuentra dentro de la cortical alveolar. Algunas fibras de Sharpey se encuentran calcificadas por completo. Sin embargo, la mayor parte contienen un núcleo central no calcificado dentro de una capa externa calcificada.

La porción esponjosa del hueso alveolar consta de trabéculas que rodean a los espacios medulares de forma irregular revestidos por una capa de células endósticas delgadas y aplanadas. El patrón trabecular del hueso esponjoso es muy variado. La matriz de de trabéculas esponjosas está integrada por laminillas dispuesta de forma irregular, separadas por líneas aumentativas y de resorción, teñidas intensamente, que indican actividad ósea previa, con algunos sistemas haversianos.

- Trabéculas esponjosas, entre esas dos capas compactas, que operan como hueso alveolar de soporte. El tabique interdental consta de hueso esponjoso de soporte rodeado por un borde compacto.



Además, el hueso de los maxilares se compone de hueso basal, el cual es la porción de la mandíbula ubicada en sentido apical pero sin relación con los dientes.

Células y matriz intracelular.

Los osteoblastos, células que producen la matriz orgánica del hueso, se diferencian de células foliculares pluripotenciales. El hueso alveolar se forma durante el crecimiento fetal por osificación intramembranosa y consta de una matriz calcificada con osteocitos encerrados dentro de espacios llamados lagunas. Los osteocitos emiten prolongaciones hacia los canaliculos que se irradian desde las lagunas. Los canaliculos forman un sistema anastomosante a través de la matriz intercelular del hueso, que llevan oxígeno y nutrientes a los osteocitos por medio de la sangre y elimina los desechos metabólicos. Los vasos sanguíneos se ramifican extensamente a través del periostio. El endostio se localiza junto a los vasos de la médula. Hay crecimiento óseo por aposición de una matriz orgánica depositada por los osteoblastos. Los sistemas haversianos (osteones) son las vías internas que suministran sangre al hueso demasiado grueso al cual no podrían irrigar sólo vasos superficiales. Se hallan en las tablas corticales y la cortical alveolar.

El hueso contiene dos terceras partes de materia inorgánica y una de matriz orgánica. La primera está compuesta sobre todo por los minerales calcio y fosfato junto con hidroxilo, carbonatos, citrato y vestigios de otros iones, como sodio magnesio y flúor. Las sales minerales aparecen en al forma de cristales de hidroxiapatita de tamaño ultramicroscópico y constituyen alrededor de dos tercios de la estructura ósea.

La matriz orgánica consiste principalmente en colágena tipo I (90%), con pequeñas cantidades de proteínas no colágenas, como osteocalcina, proteína morfogenética ósea, fosfoproteínas y proteoglicanos.



El remodelado es el mecanismo óseo más importante como vehículo de cambios de forma, resistencia a fuerzas, reparación de heridas y homeostasis del calcio y fósforo en el organismo.

Médula ósea.

En el adulto, la médula de la mandíbula es un tipo de médula grasa o amarilla inactiva. No obstante, algunas veces hay focos de médula ósea roja en los maxilares, casi siempre con resorción de trabécula ósea.

Periostio y endostio.

Todas las superficies óseas están cubiertas por capas de tejido conectivo osteógeno diferenciado. El tejido que cubre la superficie externa del hueso se llama periostio, en tanto que aquel que reviste las cavidades óseas internas recibe el nombre de endostio.

El primero está compuesto por una capa interna de osteoblastos rodeado por células osteoprogenitoras, que tienen el potencial de diferenciarse en osteoblastos, y por un estrato exterior rico en vasos sanguíneos y nervios que consta de fibras de colágeno y fibroblastos. El endostio está formado por una sola capa de osteoblastos y algunas veces una pequeña cantidad de tejido conectivo. La capa interna es la capa osteogénica y la externa la capa fibrosa.

Tabique interdental.

Consta de hueso esponjoso limitado por las corticales alveolares de la pared del alveolo de dientes vecinos y las tablas corticales vestibular y lingual. Si el espacio interdental es estrecho, el tabique puede constar sólo de cortical alveolar.

Las dimensiones mesiodistales y vestibulolinguales, así como la forma del tabique interdental, depende del tamaño y la convexidad de las coronas de



dos dientes contiguos, así como la posición de los dientes en los maxilares y su grado de erupción.

Topografía ósea.

El contorno del hueso se adecua normalmente a la prominencia de las raíces, con depresiones verticales intermedias que convergen hacia el margen. La anatomía del hueso alveolar varía de una persona a otra y posee derivaciones clínicas notorias. La alineación de los dientes, la angulación de la raíz con el hueso y las fuerzas oclusivas afectan la altura y el espesor de las tablas óseas vestibular y lingual. En los dientes en malposición, el margen del hueso vestibular se localiza más apicalmente que en los dientes bien alineados. El margen óseo se adelgaza en filo de cuchillo y muestra un arco acentuado en dirección del ápice. En dientes con linguoversión, la tabla ósea vestibular es más gruesa que lo normal.²⁷



3. PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS ENDO-PERIO

3.1. Cirugía endodóntica

La cirugía endodóntica es el tratamiento de elección para los dientes que no pueden ser tratados mediante técnicas endodónticas vía conducto más que las quirúrgicas, eliminando así la periodontitis apical crónica, impidiendo su recidiva, facilitando la cicatrización y en algunas ocasiones la regeneración para devolver la función a los tejidos .²

Uno de los objetivos principales de la cirugía periapical es aislar los microorganismos presentes en el conducto radicular de los tejidos periapicales. Por esta razón es que uno de los procedimientos en cirugía perirradicular incluye la retropreparación y la retroobturbación con diferentes materiales que han sido estudiados para este fin.

Se han utilizado varios materiales para retroobturbación como: gutapercha, cavit, cemento de poliacrilato, ionómero de vidrio, resinas compuestas, amalgama, IRM, súper EBA y recientemente MTA.

A través del tiempo se ha tratado de encontrar un material que reúna las características ideales como sellado marginal, biotolerancia, estabilidad dimensional, baja citotoxicidad, antibacteriano, estimulador de la reparación de tejidos blandos y duros, económico, de fácil manipulación, tiempo de trabajo óptimo y baja susceptibilidad a la humedad y a la contaminación con sangre.¹

3.1.1 Indicaciones de la cirugía periapical

Hay tres indicaciones básicas:



1. Fracaso del tratamiento convencional de conductos. Siempre ha de intentarse un retratamiento de conductos antes de optar por la cirugía periapical.
2. Cuando es imposible realizar el retratamiento de un tratamiento de conductos previo que fracasó.
3. Si se requiere una biopsia de la lesión.

Estas indicaciones son poco específicas y han sido matizadas y ampliadas:

- Cirugía correctora de la técnica endodóntica, cuando la endodoncia ha fracasado (el tamaño de la lesión periapical no ha disminuido e incluso ha aumentado, o existe dolor persistente); si la obturación radicular es incorrecta (insuficiente o excesiva), existiendo patología periapical persistente, que no puede eliminarse por vía ortógrada; presencia de instrumentos rotos dentro del conducto radicular que no pueden ser retirados con facilidad o el diente tiene una gran reconstrucción con espiga o un muñón colado; o cuando existe una perforación de la raíz creando una falsa vía.
- Cirugía periapical por anomalías anatómicas: tratamiento de un dens in dente, un ápice con una gran curvatura inaccesible a la endodoncia, dientes con anatomías radiculares anómalas (surcos), cuando el ápice radicular se encuentre por fuera de la cortical externa y provoque sintomatología, o cuando existan conductos accesorios no accesibles por vía ortógrada.
- Cirugía periapical por patología dentaria: incluye conductos radiculares obliterados por dentina secundaria (dentina reactiva, o calcificación progresiva del conducto por envejecimiento fisiológico); si el ápice no se ha cerrado a pesar de los tratamientos oportunos; fractura horizontal del tercio apical o reabsorción del ápice radicular.



- También existen otras técnicas quirúrgicas relacionadas con la patología periapical cuyas indicaciones están muy limitadas y suelen aplicarse en casos de urgencia. Estas son: la incisión para drenaje y/o curetaje, la trepanación (perforación de la cortical vestibular) y la cirugía diagnóstica, es decir, abrir para ver, en cuyo caso, deberemos estar preparados para realizar el tratamiento corrector en el mismo tiempo quirúrgico.⁶

3.2. Sellado de Perforaciones radiculares

La perforación es una lesión artificial e involuntaria que comunica la cavidad pulpar con el ligamento periodontal, siendo uno de los posibles accidentes y complicaciones que ocurren durante el tratamiento endodóntico o durante la preparación de un endoposte así como en una simple eliminación de caries.⁴

En la práctica odontológica los accidentes de procedimiento tales como las perforaciones de conductos, perforaciones de furca, o del foramen apical pueden ocurrir y afectan el pronóstico del tratamiento. En un estudio sobre fracasos endodónticos Ingle reportó que las perforaciones constituyen la segunda causa de fracaso endodóntico. Las perforaciones especialmente las de furca tienen un notorio efecto negativo en el pronóstico del tratamiento. Numerosos estudios han demostrado que las perforaciones de furca, predisponen a la fractura del diente y eventualmente a la pérdida de adherencia periodontal lo cual en muchas instancias es irreparable y frecuentemente lleva a la pérdida del diente.

En términos generales, el pronóstico del tratamiento de las perforaciones radiculares en los tercios medio y apical es más favorable que en el tercio coronal de la raíz o el piso de la cámara pulpar.³

Muchos factores influyen el pronóstico de tratamiento de las perforaciones. El tamaño de la perforación es importante, ya que pequeñas



perforaciones responden mejor que perforaciones más grandes. El tiempo que esa comunicación esté abierta es otro factor para considerar.

La obturación de la perforación debe ser realizada lo antes posible, usando materiales que sean capaces de sellar esa comunicación y sin producir lesión en el ligamento periodontal. Se busca una reparación biológica de los tejidos involucrados.

3.2.1 Procedimientos Clínicos

Anestesia. Aislamiento. Ubicación de la zona de la perforación e irrigación con clorhexidina al 0.12%. Si la perforación es de tiempo prolongado o si hay contaminación la clorhexidina debe dejarse actuar por unos minutos para desinfectar. Después de instrumentar y obturar el conducto apicalmente a la o las perforaciones, se mezcla el MTA con agua estéril y se lleva el material con un portaamalgama al sitio de la perforación, se coloca una bolita de algodón húmeda sobre el MTA y se sella el acceso. Después de 3 a 4 horas se remueve el sellado temporal y la bolita de algodón y se coloca el material de obturación permanente en el conducto y en la cavidad de acceso.

Cuando el MTA se coloca en perforaciones con un alto grado de inflamación, en una segunda sesión se checa y si el MTA no ha fraguado, debido al bajo pH, en este caso se lava completamente el MTA y se repite el procedimiento.

Control (3 a 6 meses). En perforaciones apicales se lleva el material con un portaamalgama y se condensa con puntas de papel o condensadores pequeños. Se requiere un tapón de 3 a 5 mm. para prevenir la filtración coronal o una extrusión de material en los tejidos periapicales.²³



3.2.2 Tratamiento de las perforaciones en el tercio coronal y de la bifurcación.

La principal diferencia que existe entre las perforaciones del tercio coronal y las perforaciones del suelo de la bifurcación es la forma del defecto radicular restante. Así mientras que por regla general las perforaciones mecánicas que ocurren en el suelo de la bifurcación son redondas, las que tienen lugar en las caras laterales de las raíces son ovaladas. Al tratar estas perforaciones, en primer lugar el odontólogo debe aislar el lugar de la perforación. Por lo general si la perforación es mecánica y acaba de ocurrir, lo mas probable es que este limpia. En este caso, y si existe hemostasia, el defecto puede ser reparado de inmediato. Sin embargo, si la perforación es crónica y hay microfiltraciones, antes de aplicar el material de restauración debe limpiarse y prepararse.²³

3.2.3 Tratamiento de las perforaciones en el tercio medio.

En las perforaciones del tercio medio deben hacerse las mismas consideraciones que en las perforaciones del tercio coronal, con la excepción de que el odontólogo tratara ahora defectos localizados más profundamente y más alejados de la cavidad de acceso. Los factores que deben valorarse para tratar con éxito estas perforaciones son la hemostasia, el acceso, la utilización de técnicas de microinstrumentación y la selección de los materiales óptimos dentro de un ambiente problemático. Al tratar defectos más profundos y localizados en las paredes laterales del conducto, se refuerza la visión cuando existe o puede crearse con seguridad un acceso directo en algunos casos no es posible crear un acceso directo sin comprometer irreversiblemente la integridad estructural del diente, por lo que se requerirán unas técnicas de reparación indirectas.



En las perforaciones del tercio medio con un defecto pequeño, si puede detenerse la hemorragia y secar el conducto, la perforación podría sellarse y repararse durante la obturación tridimensional. Sin embargo si el defecto es grande y existe humedad o si no es posible secar definitivamente el conducto, antes de la obturación tridimensional debe repararse primero la perforación.²³

3.3. Obturación retrograda.

Se debe realizar la osteotomía, es decir, la eliminación de la lamina cortical vestibular, para exponer el extremo apical de la raíz. Esto se realiza teniendo en mente una imagen tridimensional para asegurar así que se lleve a cabo exactamente sobre los ápices.

Una vez expuesta la raíz se procede a un curetaje perirradicular. El curetaje perirradicular no elimina el origen de la lesión, sino que tan solo alivia los síntomas temporalmente y elimina el tejido granulomatoso.

Extirpación apical o apicectomía. Cuando la cripta ósea se encuentra libre de tejido granulomatoso y se ha identificado claramente el extremo de la raíz, se efectúa una resección de 3mm de dicho extremo perpendicular al eje longitudinal de la raíz.

El objetivo de la apicectomía es la exposición del canal radicular para inspeccionarlo, seccionar y biselar el segmento del ápice. Para realizar esta maniobra se requiere acceso suficiente, que puede conseguirse ampliando los bordes de la osteotomía. Para exponer adecuadamente el foramen apical se requiere aumentar el bisel de la apicectomía, aunque esto incrementa la



posibilidad de exposición de túbulos dentinarios y también exige una mayor preparación retrograda.

Retropreparación apical. Clásicamente la cavidad se preparaba con una microfresa montada en un contrángulo convencional. Sin embargo, la aparición de puntas ultrasónicas acodadas han permitido un avance importante en la cirugía endodóntica. Este tipo de instrumentos permiten un acceso superior al lecho óseo, además de conformar una cavidad retroapical mas estrecha y homogénea.

Carr y Bentkover, establecen los siguientes requisitos para lograr un sellado apical correcto:

- Limpieza y forma de los 3mm terminales de todos los canales.
- Retropreparación paralela a la configuración anatómica de la canal.
- Adecuada retención.
- Resección de todo el tejido del istmo.
- No debilitar las paredes del diente.

Obturación. El objetivo de la obturación consiste en sellar herméticamente el extremo amputado de la raíz para que ningún producto irritante en los conductos radiculares pueda salir al espacio del ligamento periodontal.

Técnica para la obturación con MTA. En la cripta ósea se debe colocar una bolita de algodón estéril o algún material similar, exponiendo exclusivamente la superficie radicular (de este modo es posible retirar fácilmente el exceso de MTA después de la compactación). Se realiza la preparación del MTA y se lleva a la cavidad con un porta amalgama o algún otro portador diseñado específicamente para este propósito. Una vez que se ha colocado el MTA en la preparación se compacta con bruñidores y microcondensadores. Si no se



compacta con suavidad, el MTA saldrá de la cavidad. A continuación se realiza la limpieza de la cavidad para eliminar el exceso de material.²⁸

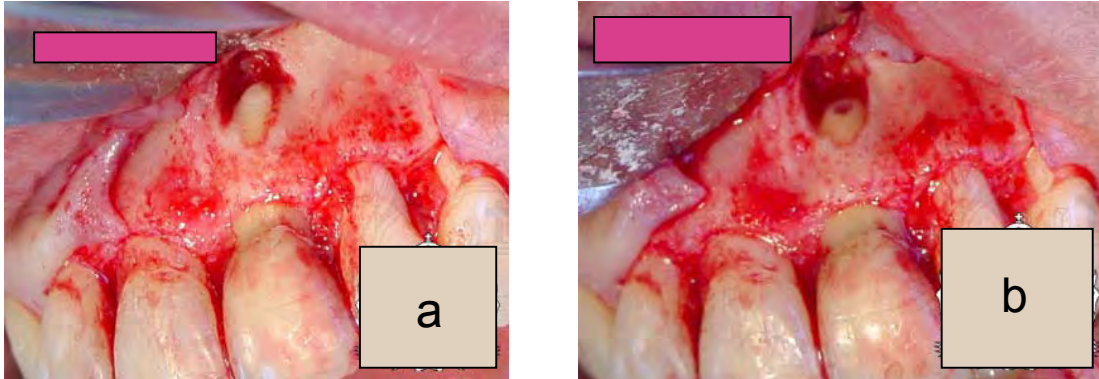


Fig. 6. a. Apicectomía en un central superior derecho b. Retropreparacion

3.4 Hemisección.

Consiste en dividir la pieza dentaria a nivel de la furcación y transformar cada una de las raíces con su porción de corona correspondiente en una pieza independiente. Esto se debe realizar con un tratamiento de conductos previo a la sección del diente.

Se utiliza mas en molares inferiores con lesiones de furcación de clase II o III. Los molares con pérdida ósea avanzada en las zonas interproximales e interradiculares no son buenos candidatos para la hemisección.

Una vez seccionados los dientes se puede llegar a eliminar alguna de las raíces. Esta decisión se basa en el patrón y extensión de la pérdida ósea, dimensión del tronco radicular y longitud de las raíces del diente en cuestión.²⁵

El mineral trióxido agregado (MTA), por sus propiedades, es el material de elección para utilizar como sellador en las entradas de los canales radiculares con tratamiento de conductos previo.

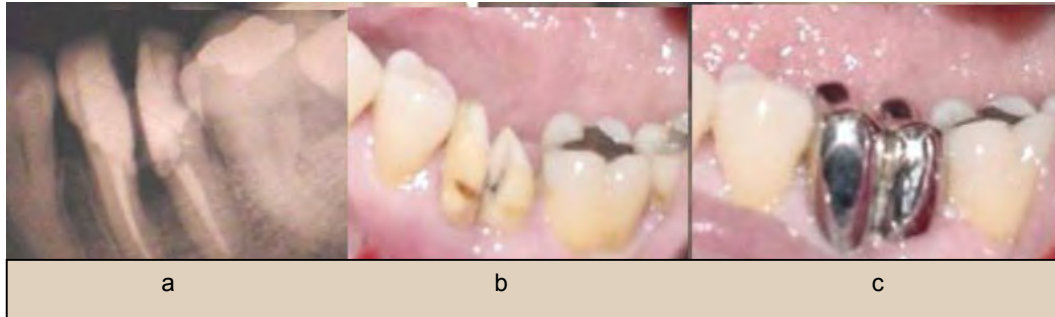


Fig. 7. a) radiografía de hemisección de un primer molar inferior izquierdo. b) fotografía clínica de hemisección. c) rehabilitación del primer molar inferior ya seccionado.

3.5 Radisectomía.

Consiste en la eliminación de una de las raíces sin la eliminación de la estructura coronaria del diente.

Para seleccionar la raíz que se debe extraer se deben considerar algunos aspectos como: 1) Extraer la raíz o raíces que eliminen la furcación y permitan el establecimiento de una configuración estable en las raíces remanentes; 2) Eliminar la raíz que tenga mayor pérdida de hueso e inserción; 3) Extraer la raíz que mejor contribuya a la eliminación de lesiones periodontales de dientes contiguos; 4) Sustraer la raíz con el mayor número de problemas anatómicos, como curvaturas acentuadas, surcos de desarrollo, raíces finas o conductos radiculares accesorios o múltiples; 5) Extraer la raíz que menos complique el mantenimiento periodontal futuro.²⁵

Después de eliminar la raíz se debe obturar el conducto radicular que quedará expuesto al medio periodontal, esto se realiza con un material que nos permita tener una buena regeneración de los tejidos periradiculares, así



como ser biocompatible con la pulpa dental. El material de elección para estos procedimientos es el MTA ya que sus propiedades de biocompatibilidad con estos tejidos son las adecuadas para realizar el sellado del conducto o la comunicación con la cámara pulpar.

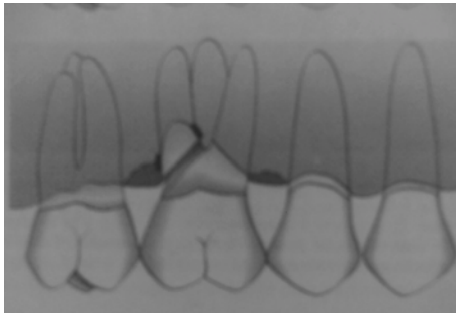
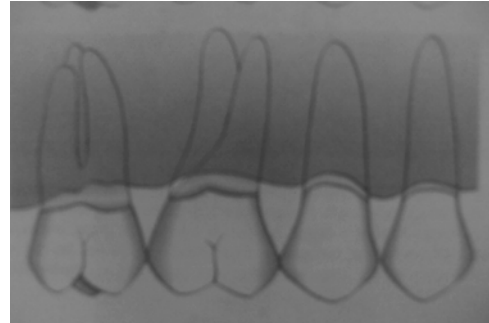


Fig.8. a) Esquema de radisectomía de molar superior



B) Esquema postquirúrgico



4. REACCIONES DE LOS TEJIDOS PERIODONTALES ANTE EL MTA

4.1 Microfiltración bacteriana

La principal causa de fracaso en los tratamientos de endodoncia se debe a una contaminación bacteriana del conducto radicular. Esta flora bacteriana está compuesta principalmente por: *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces israeli*, y *Propionibacterium propionicum*.

La principal bacteria encontrada en conductos radiculares obturados con patología periapical es el *Enterococcus faecalis*, siendo responsable del 80 a 90% de los fracasos de los tratamientos de conductos.¹

Uno de los objetivos principales de la cirugía periapical es aislar los microorganismos presentes en el conducto radicular de los tejidos periapicales.

Todos los materiales de retroobtención analizados en estudios realizados presentaron microfiltración a *Enterococcus faecalis*.

En un estudio realizado por Ana Corina Cisneros Ruiz y Raúl Luis García Aranda (2006) publicado en la Revista Odontológica Mexicana realizado a 60 dientes, 40 (66.66%) presentaron microfiltración a *E. faecalis*.

Al analizar la microfiltración en los grupos experimentales no se observaron diferencias significativas entre los materiales utilizados en este estudio ya que todos mostraron algún grado de filtración.

El grupo con (MTA) presentó la menor microfiltración (46.66%), A los 15 días de observación, 8 muestras (53.34%) de MTA y sEBA no presentaron microfiltración bacteriana.⁹

Edward J. Fisher (1998) realizó un estudio para determinar el tiempo que requiere la *Serratia marcescens* para penetrar a 3mm del espesor del MTA y



otros materiales de obturación retrógrada en 56 dientes humanos extraídos unirradiculares. A 48 de los 56 dientes, les realizó una cavidad en la porción apical de 3 milímetros de profundidad con ayuda de ultrasonido. Los dientes fueron esterilizados y bajo una técnica aséptica, en una cámara laminar de aire caliente, fueron obturados con amalgama, IRM, Super-EBA y MTA. Cuatro de los dientes fueron obturados con gutapercha termoplastificada como grupo control positivo y otros cuatro obturados con una cobertura de cera pegajosa con dos capas de esmalte como control negativo. Los dientes fueron nuevamente esterilizados con gas de óxido de etileno y colocados en un frasco con 12 ml de rojo fenol. Usando una micropipeta, la décima parte de un mililitro de la *S. marcescens* fue colocada en el canal radicular de cada uno de los dientes.

Con el MTA la filtración no empezó antes del día 49 e incluso existieron muestras en las cuales no se evidenció penetración; se concluyó que el MTA es el material más efectivo en la prevención de la penetración por *S. marcescens*.

Adamo (1999), realizó una comparación del MTA, super EBA, composite TPH con proBond y amalgama con y sin proBond, como materiales de obturación retrógrada; utilizando un modelo de penetración bacteriana (con bacterias anaerobias facultativas como el *S. salivarius*) a las 24 y 72 horas y a las 2 semanas. 60 dientes humanos unirradiculares extraídos, fueron divididos en cinco grupos para ser obturados con los diferentes materiales. Hubo dos grupos como control positivo y negativo. Los canales radiculares fueron preparados con técnica de step-back. Se les realizó una preparación apical de 3 milímetros de espesor con ayuda del ultrasonido. Las superficies externas hasta la resección apical, fueron barnizadas con esmalte para prevenir la microfiltración lateral. Los dientes fueron esterilizados con óxido de etileno por 12 horas e inmersos en un medio de cultivo con un indicador



de rojo fenol. El acceso coronal de los especímenes fue inoculado por 48 horas con una suspensión de *Streptococcus salivarius*. El medio de cultivo fue observado cada 24 horas, para detectar cambios en la coloración que mostraran contaminación bacteriana. Las muestras fueron observadas durante 12 semanas. El MTA presentó significativamente menor microfiltración que los otros materiales; sin embargo, a los 91 días siguientes no se encontraron diferencias significativas en el grado de contaminación con los demás materiales.

Hong Ming y colaboradores evaluaron la microfiltración del MTA, super EBA, IRM y la amalgama usando endotoxinas. Las endotoxinas son lipopolisacáridos de las bacterias gram (-) liberadas al medio circundante después de la desintegración bacteriana. Las endotoxinas tienen propiedades inflamatorias y están presentes en la patogénesis de las patologías periapicales. Para este estudio, se utilizaron 100 dientes humanos extraídos. Éstos fueron limpiados con ultrasonido. Tres milímetros apicales en cada diente fueron removidos perpendicularmente al eje longitudinal del diente con un disco de diamante. La porción coronal fue removida a una longitud de 15 milímetros desde la porción apical. Cada conducto fue preparado con instrumental manual y rotatorio. La porción apical fue preparada hasta una lima 50. Los canales fueron irrigados con hipoclorito de sodio al 5.25%. Los dientes fueron esterilizados con calor seco a 180 grados centígrados por dos horas y con ultrasonido por 30 minutos. Posteriormente, fueron obturados con gutapercha sin cemento. Se les realizó una preparación apical de 3 milímetros de profundidad por uno de diámetro. El grupo control positivo fue obturado con gutapercha y el negativo con cera pegajosa y barnizados con esmalte. Los dientes fueron colocados en un modelo modificado de tubo de microfuga en su porción coronal y su porción apical fue introducida en un vaso de vidrio con medio de cultivo. Las endotoxinas inoculadas correspondieron a las QCL-100 (kit de test de



endotoxinas) y el sustrato de detección a un producto de color sintético también perteneciente al kit. Los resultados mostraron que el MTA provee un selle efectivo contra la filtración de endotoxinas, seguido por el super EBA, el IRM y la amalgama. El MTA previene la microfiltración mejor que la amalgama, pues ésta fracasa debido a su imposibilidad para prevenir la microfiltración bacteriana y por no tener propiedades bactericidas ni bacteriostáticas, propiedades que sí presentan los cementos a base de óxido de zinc-eugenol como el IRM y el super-EBA.

En los estudios de microfiltración utilizando este modelo, se observó que el MTA es el cemento que menor filtración produce a corto plazo, sin embargo a los 90 días no se encuentran diferencias significativas con los otros cementos.¹⁰

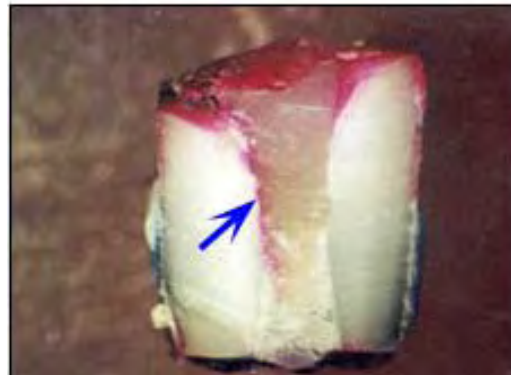


Fig. 9. Microfiltración apical.

4.2 Citotoxicidad

Los materiales usados en endodoncia, frecuentemente son colocados en contacto íntimo con el tejido duro y blando del periodonto. Esto es particularmente cierto para las sustancias usadas como material de retroobtención o sellado radicular. Por lo tanto, es esencial que un material de retroobtención no sea tóxico y sea biocompatible con los tejidos circundantes.



La toxicidad de un material de obturación apical se evalúa generalmente utilizando tres pasos: 1°. se investiga el material utilizando una serie de ensayos de citotoxicidad in vitro, 2°. se determina que el material no es citotóxico in vivo, por medio de su implantación en el tejido subcutáneo o en el músculo y se evalúa la reacción tisular local. 3°. la reacción in vivo del tejido blanco versus el material de prueba se debe evaluar en animales y después en 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 produzca cierta toxicidad en el tejido vivo.

La prueba de mayor confiabilidad para evaluar la actividad biosintética o actividad enzimática, es el de las sales de tetrazolio (MTT). En ésta prueba, la deshidrogenasa mitocondrial (enzima que presentan todas las células vivas), oxida la molécula amarilla del MTT, por las células vivas, generando una coloración azul de diferentes intensidades de acuerdo con el grado de viabilidad de la célula.²⁹

El MTT es el mejor método y el más confiable para evaluar citotoxicidad. Además se puede utilizar en la evaluación de cualquier tipo de cemento.

Uno de los materiales usados más comúnmente en endodoncia y que se encuentra en contacto con el periodonto es la gutapercha.

El efecto citotóxico de los materiales de obturación gutapercha y Resilon, estudiados por Rivera T. y col. (2006), fueron evaluados en función de la disminución de la viabilidad de las células en cultivo de riñón de embrión humano del tipo fibroblasto HEK-293, de los fibroblastos de ratón 3T3-J y de los cultivos primarios de células humanas aisladas de ligamento periodontal.



De acuerdo a los resultados obtenidos, ambos materiales de obturación producen alteraciones en la viabilidad de las células utilizadas como modelo *in vitro* de manera dependiente a la exposición y del tiempo de exposición. De esta manera, produjo una significativa disminución en ($P < 0.05$) la viabilidad celular a partir de las 72 h de incubación en todas las condiciones (0.1, 1, 10 mg/0.32 cm²) utilizadas, para las líneas celulares HEK-293 y 3T3. La gutapercha, el material de obturación por excelencia, ha demostrado tener las propiedades de biocompatibilidad adecuadas para su uso en los tratamientos de conductos *in vivo*; sin embargo, diversos estudios han demostrado que este material produce cierto efecto tóxico en modelos de cultivos celulares *in Vitro* (Munaco FS, 1978; Das S, 1981; Pascon EA y Spangberg LS, 1990; Willershausen B, 2000; Szep S, 2003). En este estudio se demostró que la gutapercha produce una disminución en la viabilidad celular dependiente del tiempo y de la exposición al igual que en el estudio de Munaco FS (1978) y de Pascon EA y Spangberg LS (1990) donde se observó un aumento en la citotoxicidad con respecto al tiempo.²⁹

Karl Keiser (1999) comparó la citotoxicidad del MTA, super EBA y amalgama, utilizando pruebas de la actividad enzimática de la deshidrogenasa mitocondrial en cultivos primarios de fibroblastos humanos del ligamento periodontal. Se evaluaron dos grupos; en uno se evaluó la mezcla fresca, y en el otro se observó la mezcla a las 24 horas y a diferentes concentraciones del material; para observar si el grado de concentración es directamente proporcional al grado de citotoxicidad. En la mezcla fresca a bajas y altas concentraciones, el super EBA fue el más citotóxico seguido de la amalgama y el MTA. El MTA es menos tóxico para las células del ligamento periodontal que el super EBA en todas las concentraciones tanto en la mezcla fresca como en la de 24 horas. Rosa María Osorio (1998) realizó un estudio *in vitro* con fibroblatos gingivales humanos L929, para evaluar la citotoxicidad del



Endomet, CRSC y el AH26 como cementos de obturación y la amalgama, gallium GF2, ketac Silver, MTA y el super EBA como materiales de obturación retrógrada, utilizando el MTT. Los resultados mostraron que el MTA y el galium GPF2 son los menos citotóxicos; en contraste con el Super EBA, la amalgama y el Ketac silver que mostraron alta citotoxicidad.

Los ensayos de citotoxicidad in vitro muestran que todos los materiales de obturación retrógrada son potencialmente citotóxicos, sin embargo estos estudios son limitados, ya que utilizando estos métodos de evaluación, se ignora la capacidad de respuesta inmunológica y celular de un tejido in vivo.¹⁰

Torabinejad (1998) realizó un estudio para examinar la reacción tisular a la implantación del IRM, del MTA, de la amalgama y el SuperEBA en tibias y mandíbulas de 20 cerdos. Después de anestesiados, los materiales fueron empacados en tubos de teflón e implantados en las tibias y 10 días después, en las mandíbulas. Los animales fueron sacrificados 80 días después y el tejido fue preparado para el análisis histológico. En el estudio se analizó la presencia de inflamación y el tipo celular predominante (macrófagos, linfocitos y células gigantes multinucleadas) y el espesor del tejido conectivo fibroso adyacente al implante. La reacción del tejido al MTA fue la más favorable de los materiales evaluados. No se observó inflamación adyacente a los implantes en ninguno de los dos tejidos. Se observó formación de tejido duro adyacente al MTA en 5 de 11 especímenes de tibia. En cambio los implantes de amalgama mostraron una reacción inflamatoria leve con predominio de leucocitos polimorfonucleares y macrófagos. Se observó formación de tejido duro en 1 de 15 especímenes. La reacción del Super-EBA y el IRM fue intermedia entre el MTA y la amalgama, se observó la formación de tejido blando alrededor de todos los especímenes.



Estos autores afirman que la ausencia de inflamación y la alta incidencia de formación de tejido duro alrededor de los implantes con MTA, confirman la biocompatibilidad del mismo y corroboran los resultados de investigaciones previas sobre el MTA, cuando es utilizado como material de obturación o retroobturación (Torabinejad y col. 1995) y como material para recubrimiento pulpar directo.

En otro estudio realizado por Holland y col. (1999), en 40 ratas, se evaluó la reacción del tejido conectivo subcutáneo ante la implantación de conductos radiculares obturados con MTA e hidróxido de calcio. Los especímenes fueron preparados para el análisis histológico con luz polarizada y la técnica de calcio Von Kossa. En este experimento se observó cristales y un tejido calcificado que asemeja una barrera en la entrada de los túbulos. Esta deposición de cristales dentro de los túbulos dentinarios podría ser responsable de la menor permeabilidad de la dentina, descrita por Pashley y col. (1986), después del empleo del hidróxido de calcio (Holland y col. 1999). Los mismos resultados reportados para el hidróxido de calcio, se observan con el MTA en este experimento.

Los resultados de los estudios de implantación muestran que los materiales de obturación causan inicialmente inflamación moderada a severa, como resultado del trauma quirúrgico y también por la liberación de sustancias antigénicas de estos materiales, la cual disminuye con el tiempo.¹⁰

4.3 Respuesta de los tejidos periápicales

Para evaluar la respuesta del tejido perirradicular a los potenciales materiales de retroobturación, los conductos de los animales experimentales son lavados, instrumentados, obturados; posteriormente se les realiza resección



apical , la preparación cavitaria apical, y posteriormente son sellados con los respectivos materiales que se van a evaluar. Los animales son sacrificados y sus tejidos perirradiculares son examinados histológicamente para determinar la biocompatibilidad de los materiales evaluados en diferentes intervalos de tiempo.

La defensa del organismo frente a los microorganismos extraños como virus, bacterias y otras sustancias antigénicas, está mediada por una inmunidad natural o innata y otra específica o adquirida. Las fases efectoras de ambas están influenciadas en gran parte por hormonas proteínicas llamadas "citoquinas", que regulan la respuesta inmune (Abbas 1995). Con la finalidad de evaluar las respuestas inmunológicas desencadenadas por el MTA, Koh y col. (1997) realizaron un estudio, comparando el MTA y el polimetilmetacrilato (PMA), con el fin de examinar una población estandarizada de células y determinar los cambios en la producción de citoquinas, osteocalcina y niveles de fosfatasa alcalina; además de evaluar la adherencia de las células a los materiales experimentales. Los resultados muestran que las células sobre el MTA se observan muy próximas y crecen sobre la estructura amorfa no cristalina (fosfatos), y las áreas de óxido de calcio sólo muestran un pequeño ingreso de células. Se encontró también que aparentemente la fase de fosfato de calcio del MTA, proporciona un substrato que favorece el ingreso de los osteoblastos.¹⁰

En otra investigación realizada por Koh y col. (1998), se estudió la citomorfología de los osteoblastos y la producción de las citoquinas en presencia del agregado trióxido mineral (MTA) y el material de restauración intermedia (IRM). La respuesta tisular ante el IRM se caracteriza por la redondez y menor número de células, indicando que es un material tóxico, coincidiendo con los resultados de un estudio de citotoxicidad realizado por



Torabinejad y col. (1995). El componente tóxico del IRM es el eugenol (Hume, citado por Koh, 1998). El MTA al parecer, ofrece un substrato biológicamente activo para las células óseas y estimula la producción de citoquinas. El MTA parece ofrecer un substrato propicio en la activación de los osteoblastos y puede estimular la formación de fosfato de calcio que favorece la comunicación con el contenido celular. Esta fase, no presenta cristales de hidroxiapatita al análisis del microscopio electrónico, lo que ocasiona un cambio en el comportamiento celular, para estimular el crecimiento óseo sobre el substrato.

Torabinejad y colaboradores (2004), encontraron que la cicatrización dentoalveolar adyacente a las obturaciones radiculares con MTA es única, porque los resultados de la regeneración de los tejidos periapicales incluyen la cementogénesis apical.

Torabinejad, Pitt Ford y colaboradores evaluaron la respuesta histológica del tejido perirradicular al MTA, comparándolo con la amalgama en incisivos superiores en 3 monos. La pulpa fue removida y los conductos fueron preparados y obturados con gutapercha mediante condensación lateral y el acceso a la cavidad, fue obturado con amalgama. La mitad de las raíces fueron obturadas con MTA como material de retroobtusión y la amalgama fue colocada en el resto de las cavidades. Después de 5 meses, la respuesta del tejido perirradicular se evaluó histológicamente. Los resultados mostraron que no existía inflamación perirradicular adyacente en 5 de 6 raíces obturadas con MTA, además, éstas formaron una completa capa de cemento sobre la obturación. En contraste, todas las obturaciones con amalgama mostraron inflamación perirradicular y no se observó formación de cemento. Basados en estos resultados y en previas investigaciones se recomienda al MTA como material e retroobtusión en humanos.¹²



En un estudio realizado por Broom y col. (2006) se utilizaron a 4 perros de 18 a 24 meses de edad, de quienes se utilizaron 36 dientes, los cuales fueron perforados con una fresa de baja velocidad, en el tercio cervical de la raíz mesial. Las perforaciones fueron selladas inmediatamente y a los 90 días se sacrificaron a los animales.

En los resultados se encontró neoformación de tejido mineralizado, sellado total y parcial de las perforaciones, sin embargo, con inflamación en especial en los dientes donde se encontró sobreobtención de alguno de los materiales utilizados (ProRoot MTA, MTA-Angelus y cemento Pórtland blanco).

La inflamación observada en los dientes fue de tipo crónica, predominando células macrofágicas, algunas células gigantes, linfocitos/plasmocitos y ausencia de polimorfonucleares, este infiltrado inflamatorio se relacionó con la dispersión del material sellador en los tejidos periodontales.¹¹

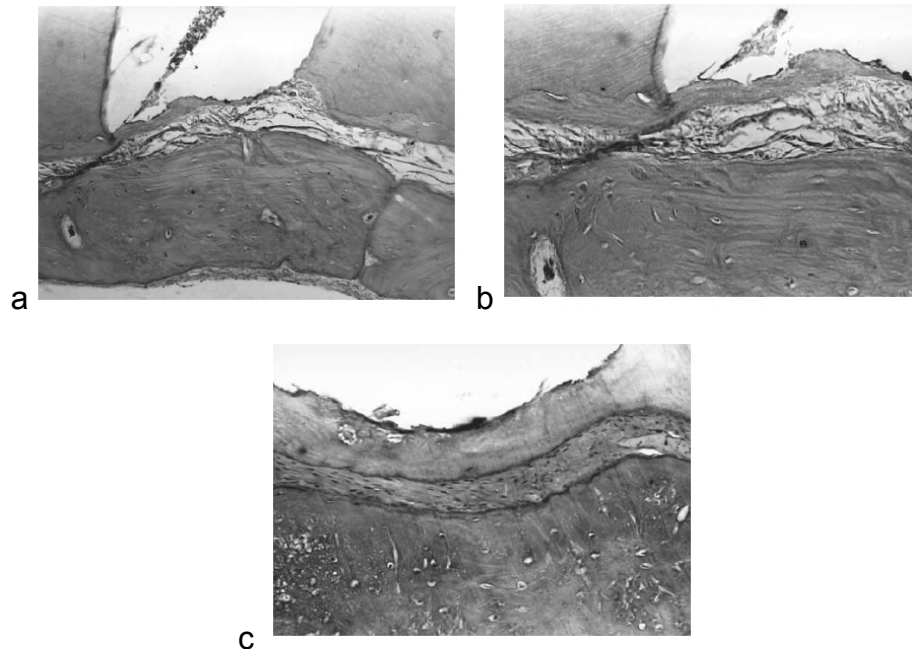


Fig.10. a) curación completa b) nueva formación de cemento sobre la superficie del esmalte y el material de retroobtención. c) Nuevo cemento cerca del material de retroobtención y ligamento periodontal sin respuesta inflamatoria. H&E.



CONCLUSIONES:

Los materiales dentales están lejos de ser perfectos, no existe aquel que sea libre de producir algún grado de inflamación, pero es cierto que a pesar de presentar algunas desventajas, estas son hasta cierto punto justificables, puesto que son más los beneficios que se obtienen al aplicarlos. Los materiales dentales son evaluados mediante pruebas In Vitro pero sabemos que no permiten evaluar más de un tipo celular y no permiten medir reacciones a largo plazo de algunos procesos orgánicos importantes como la respuesta inflamatoria o inmunológica.

En diversos estudios se concluyó que los materiales de retroobtención que menor grado de microfiltración presentaron fueron el Super EBA y el MTA y el que más microfiltración presentó fue la amalgama.

La valoración del grado de microfiltración mayor a los 15 días sería necesario para conocer el comportamiento de los materiales de retroobtención. Se deben evaluar también otros parámetros a la hora de elegir un material de retroobtención adecuado como la biocompatibilidad, el grado de citotoxicidad y la inducción a la cicatrización y reparación de los tejidos perirradiculares.

Se sabe que el MTA estimula de manera importante la proliferación de cementoblastos y a la recalcificación, por crear condiciones ideales para las células encargadas de varios procesos regenerativos. Esta interacción tan íntimamente relacionada a la regeneración de tejido, demuestra que la toxicidad que se presenta durante el endurecimiento del MTA no produce cambios en la estructura ni en la función de las células con la que esta en contacto, y de ser así tales interacciones no producen un daño irreversible.

Estudios en animales han demostrado una mínima inflamación y una reparación alrededor de la retroobtención con MTA. La formación de cemento



y fibras del ligamento periodontal han aparecido adyacentes al MTA. Su fuerza compresiva y solubilidad una vez fraguado, son adecuadas y similares a los cementos reforzados de óxido de zinc-eugenol. Su manipulación requiere práctica y su tiempo de fraguado es muy lento aproximadamente 3 horas. Además de esto, el sangrado en el campo operatorio puede interferir en su colocación.

Una vez que el MTA alcanza su endurecimiento máximo su pH se estabiliza en 12.5, lo cual produce una superficie estable para iniciar una regeneración. Todas estas características han hecho que algunos investigadores le den el título de ser el material ideal, sin embargo hay otro grupo de investigadores que todavía se abstienen de considerarlo como tal, pues hacen referencia al factor tiempo como el único que podría confirmar o desacreditar tal aseveración.



FUENTES DE INFORMACIÓN:

1. Cisneros AR, García AR, Perea ML. Evaluación de la microfiltración bacteriana en obturaciones retrógradas con MTA, súper EBA, amalgama y cemento Portland en dientes extraídos. *Revista Odontológica Mexicana*. 2006; 10 (4): 157-161.
2. Miñana GM. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE*. 2002; 7 (3): 283-289.
3. Pineda MM, Silva IM, Salcedo MD, Castro RA, Terán CL, Ortiz CE, Ochoa TJ, Gaitán VJ, Watanabe VR. Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. *Odontol. Sanmarquina*. 2007; 10(1): 21-24.
4. Juárez BN, Antunez BE, Monteiro BC, Francisco de Assis G, Bernardineli N, Gomes de Moraes I, Bradão GR. Reparación de perforaciones radiculares en dientes de perros con ProRoot MTA®, MTA-Angelus® y cemento Portland blanco, adicionados con cloruro de calcio al 10%. *Endodoncia Actual*. 2006; 1(2): 8-16.
5. http://maxilis.webcindario.com/subpage_93.htm
6. Peñarrocha DM. Protocolo en cirugía periapical. *Protocolos y guías de practica clínica en cirugía bucal*. 2005: pp. 29-35.
7. Ensaldo FE, et al. Mineral trióxido agregado. *Episteme*. 2005; 3 (1)
http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero2-05/colaboracion/a_mineral.asp



8. <http://es.wikipedia.org/wiki/Periodonto>
9. Cisneros RA, García AR, Perea ML. Evaluación de la microfiltración bacteriana en obturaciones retrógradas con MTA, súper EBA, amalgama y cemento Portland en dientes extraídos. *Revista Odontológica Mexicana*. 2006; 10 (4): pp 157-161.
- 10 Estévez MM, Rojas PP, Rueda NK. Microfiltración bacteriana, citotoxicidad y respuesta del periápice al MTA, al IRM, al super EBA y a la amalgama: una revisión. 2002. *Rev. Fed. Odontol. Colomb*; 204: 25-35.
11. Truque RP, Pozos GA, Galicia CO. Evaluación de la citotoxicidad in vitro de gutapercha y Resilon® en cultivos celulares. Premio de Investigación Dr. Ramón García Valverde 2006: 1-13.
12. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *Journal of Endodontics*. 1997; 23:pp. 225-228.
13. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*- 1999; 2: 197-205.
14. Gallas TM, Dos Santos AA, Rodríguez CMA, Fuentes BI and Crespo AA. The osteoinductive potential of MTA (Mineral Trioxide Aggregate): a histologic study in rabbits. *Eur J Anat*. 2004; 8 (3): 101-105.
15. Apaydin ES, Shabahang S, Torabinejad M. Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material. *J Endod* 2004; 30(1):21-24.



16. Proaño D, López M. Los cementos ionómeros de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto. *Rev Estomatol Herediana*. 2006; 16(1): 59-63.
17. Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *Journal of Endodontics*. 2000; 26(5): 288-291.
18. http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/guion-citotoxicidad.pdf
19. Estrada BP, Holland R, Morando R, De Souza V, Juvenal NM, Otoboni FJ, Dezan JE, Gomes-Filho J. Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. *Brazilian Dental Journal*. 2005; 16 (2): pp.149-155.
20. Martí BE. Peñarrocha MD. Actualización en cirugía periapical. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11: pp. E503-E509.
21. Proaño D, López M. Los cementos ionómeros de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto. *Rev Estomatol Herediana* 2006; 16(1): pp. 59 - 63.
22. Kim S, Kratchman S. Conceptos y práctica modernos de la cirugía endodóncica: una revisión. *Endodoncia*. 2006; 24 (4):pp. 231-260.
23. Rodríguez PA. "Endodoncia Consideraciones Actuales". Primera Edición. Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A.; 2003: pp. 253-290.



-
24. Cohen S, Burns RC. Vías de la pulpa. 8^a.ed. Editorial Elsevier Science; 2002: Pp. 652-656.
25. Lindhe J, Karring T, Lang NP. Periodontología clínica e implantología odontológica. 3^a.ed. Editorial Médica Panamericana; 1997: Pp. 698-714.
26. Carranza FA, Newman MG, Takei HH. Periodontología Clínica. 9^a.ed. Editorial Mcgraw-Hill Internacional; 2004: Pp. 36-56.
27. Carranza FA, Newman MG, Takei HH. Periodontología Clínica. 9^a.ed. Editorial Mcgraw-Hill Internacional; 2004: Pp. 880-899.
28. Basan E, Cañete MT, Blank AJ. Endodoncia integral. 1^a.ed. Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A; 1999: Pp. 312-320.