

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSTGRADO DE ENDODONCIA

**MANEJO CLÍNICO, PRONÓSTICO Y PREVENCIÓN DE
LAS PERFORACIONES PRODUCIDAS DURANTE LA
TERAPIA ENDODÓNTICA**

Trabajo especial presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela por la
Odontólogo Catherine Hallak Sayegh para
optar al título de Especialista en Endodoncia

Caracas, mayo 2007

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSTGRADO DE ENDODONCIA

**MANEJO CLÍNICO, PRONÓSTICO Y PREVENCIÓN DE
LAS PERFORACIONES PRODUCIDAS DURANTE LA
TERAPIA ENDODÓNTICA**

Autora: Od. Catherine Hallak Sayegh

Tutora: Profa. Maria Valentina Camejo Suárez

Caracas, mayo 2007

Aprobado en nombre de la Universidad Central de Venezuela por el siguiente jurado examinador:

_____	_____
(Coordinador) (Nombre y Apellido)	FIRMA
C.I.:	

_____	_____
(Nombre y Apellido)	FIRMA
C.I.:	

_____	_____
(Nombre y Apellido)	FIRMA
C.I.:	

Observaciones: _____

DEDICATORIA

A Freddy por todo su amor, paciencia y colaboración.
A mis padres por su inmenso apoyo, y por ser siempre un gran ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora, profesora María Valentina Camejo, Especialista en Endodoncia, por su estimulación, valiosa orientación y tiempo dedicado a la elaboración del presente trabajo especial de grado.

Al profesor Miguel Ángel Aznar, Especialista en Endodoncia, por su gran contribución con las referencias consultadas para la realización del presente trabajo especial de grado.

A mi compañera de postgrado y amiga Mariana Gonzalez por la ayuda prestada en el escaneo de algunos textos e imágenes.

A mi esposo Freddy por su apoyo y gran colaboración en la realización del presente trabajo especial de grado.

LISTA DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
1. PERFORACIONES ENDODONTICAS.....	3
1.1 Definición de perforaciones endodónticas.....	3
1.2 Clasificación de las perforaciones endodónticas.....	4
1.3 Incidencia de las perforaciones endodónticas.....	8
2. REACCIÓN DE LOS TEJIDOS PERIODONTALES ANTE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS.....	10
3. DIAGNÓSTICO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS.....	15
4. TRATAMIENTO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS...	25
4.1 Consideraciones generales.....	25
4.2 Tratamiento no quirúrgico.....	28
4.2.1 Procedimiento.....	28
4.2.2 Empleo de matriz interna.....	50
4.2.3 Empleo de magnificación.....	59
4.3 Tratamiento quirúrgico.....	60
4.3.1 Procedimiento.....	60
4.3.2 Empleo de regeneración tisular guiada (RTG).....	66
4.3.3 Empleo de magnificación.....	72

5. MATERIALES EMPLEADOS EN EL SELLADO DE LAS PERFORACIONES.....	72
5.1 Consideraciones generales.....	72
5.2 Amalgama.....	75
5.2.1 Composición.....	75
5.2.2 Propiedades.....	75
5.3. Cementos a base de óxido de zinc-eugenol reforzados: Super-EBA®, IRM®.....	81
5.3.1 Composición.....	81
5.3.2 Propiedades.....	81
5.4 Cementos de Ionómero de Vidrio.....	84
5.4.1 Composición.....	84
5.4.2 Propiedades.....	85
5.5 Resina-Ionómero.....	89
5.5.1 Composición.....	89
5.5.2 Propiedades.....	90
5.6 Agregado Trióxido Mineral (MTA).....	92
5.6.1 Agregado Trióxido Mineral Gris.....	93
5.6.1.1 Composición.....	93
5.6.1.2 Propiedades.....	94
5.6.2 Agregado Trióxido Mineral Blanco.....	105
5.6.2.1 Composición.....	105
5.6.2.2 Propiedades.....	105
5.7 Cemento de Pórtland.....	112
5.7.1 Composición.....	112
5.7.2 Propiedades.....	113
6. PRONÓSTICO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS.....	116

6.1 Factores que determinan el pronóstico de las perforaciones endodónticas.....	116
6.2 Evaluación de los resultados del tratamiento de las perforaciones endodónticas.....	120
6.3 Influencia de las perforaciones endodónticas en el resultado del tratamiento de conducto.....	124
7. PREVENCIÓN DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS.....	126
III. DISCUSIÓN.....	132
IV. CONCLUSIONES.....	137
V. REFERENCIAS.....	140

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Clasificación de las perforaciones endodónticas según el área de la raíz donde estén ubicadas. (A) Porción coronal de la raíz por debajo del nivel del hueso marginal. (B) Área de la furca y 2 milímetros apicales. (C) Porción media de la raíz. (D) Porción apical de la raíz. Tomado de Stromberg <i>et al.</i> , 1972.....	5
Gráfico 2. Clasificación de las perforaciones de acuerdo con los factores que afectan su pronóstico. A la izquierda se encuentran los factores que sugieren un buen pronóstico y a la derecha los factores que sugieren un mal pronóstico. Tomado de Fuss y Trope, 1996.....	5
Gráfico 3. (A) Diagrama de un molar inferior con pérdida de adherencia en distal. La determinación de la zona crítica de una perforación en términos de pronóstico debe ser atribuida al nivel de la cresta ósea y la adherencia epitelial y no a la localización de la perforación en la raíz. (B) Perforación ubicada en el tercio medio de la raíz mesial. El pronóstico para el tratamiento conservador es bueno debido a que la perforación está localizada apical a la zona crítica de la cresta. (C) Perforación ubicada en el tercio medio de la raíz distal. El pronóstico para el tratamiento conservador es malo debido a la cercanía a la zona crítica de la cresta. Tomado de Fuss y Trope, 1996.....	6
Gráfico 4. (A) Zona necrótica en la encía vestibular que se extiende desde el diente 21 al 11. (B) En la radiografía se observa la extrusión de gran cantidad de hidróxido de calcio a través de la perforación. Tomado de De Bruyne <i>et al.</i> 2000.....	34

Gráfico 5. (A) Imagen clínica de la cámara pulpar, se observa una perforación en el piso (flecha). (B) El conducto palatino es localizado y permeabilizado distal a la perforación con una lima K # 10. (C) Después de la instrumentación y obturación del conducto se observa claramente el sitio de la perforación (flecha). (D) La perforación es sellada con MTA (flecha). (E) En la radiografía periapical se observa adecuada obturación del conducto y sellado de la perforación. (F) Radiografía periapical a los 18 meses donde se observa adecuada cicatrización ósea. Tomado de Tsai <i>et al.</i> 2006.....	38
Gráfico 6. (A) Perforación por desgaste de gran tamaño y bordes irregulares, carecen de una cavidad retentiva para el material de obturación (flechas). (B) Perforación lateral de paredes gruesas presenta buenas propiedades retentivas (flechas). Tomado de Allam 1996.....	41
Gráfico 7. (A) La sobreinstrumentación produce el adelgazamiento de la pared interna del conducto. (B) Perforación por desgaste de gran tamaño y bordes delgados (flechas). Tomado de Allam 1996.....	45
Gráfico 8. Técnica para la colocación de la matriz de hidroxiapatita (HA) y el material de reparación. (A) Perforación en la furca y defecto óseo. (B) Colocación del material de matriz con Prima Endogun®. (C) Condensación de las partículas de HA en el defecto óseo con compactadores endodónticos. Una vez que la hemorragia cesa, puede observarse la perforación. (D) Obturación completa del defecto con HA. (E) La HA es removida hasta el nivel del ligamento periodontal con un excavador endodóntico. (F) El defecto es sellado con un material de reparación como la amalgama. Tomado de Lemon, 1992.....	51
Gráfico 9. Diagrama de la técnica para la reparación de perforaciones empleando hidróxido de calcio como matriz interna y Super-EBA® como material de reparación. Tomado de Bogaerts, 1997.....	54

Gráfico 10. (A) Reacción inflamatoria severa asociada a una perforación sellada con amalgama sin el empleo de matriz. Hematoxilina y eosina; magnificación original x160 (B) Respuesta del tejido conectivo a HAPSET®, reacción de células gigantes. Hematoxilina y eosina; magnificación original x400. (C) Respuesta del tejido conectivo a HAPSET®, células gigantes y fibras colágenas bien orientadas. Hematoxilina y eosina; magnificación original x160. Tomado de Rafter <i>et al.</i> , 2002.....	57
Gráfico 11. (A) Radiografía preoperatoria del diente 23, se observa una obturación poco homogénea y una lesión radiolúcida lateral. (B) Radiografía tomada después de la repetición del tratamiento de conducto y el sellado de la perforación con MTA. (C) Radiografía de seguimiento a los 5 años donde se observa el espacio del ligamento periodontal y completa cicatrización ósea. Tomado de Bargholz 2005.....	58
Gráfico 12. (a) Incisivo central superior derecho. Note el material radiopaco desconocido dentro del conducto radicular. (b) Se colocó hidróxido de calcio dentro del conducto, puede observarse la extrusión del material a través de la perforación. Tomado de Yildirim y Dalci, 2006.....	63
Gráfico 13. (a) El sitio de la perforación es expuesto por una ventana ósea. (b) La perforación es sellada con MTA. (c) La restauración permanente es colocada. (d) Radiografía a los 3 meses, no se observan cambios patológicos. (e) Radiografía de seguimiento a los 15 meses. Tomado de Yildirim y Dalci 2006....	64
Gráfico 14. (A) Radiografía preoperatoria. Las flechas indican lesiones radiolúcidas en el tercio medio de la raíz por distal y en el área apical. (B) Radiografía tomada después de la remoción del perno. (C) Ajuste del perno Luminex Light-Transmitting® (Dentatus), después de la inyección del Geristore®. (D) El Geristore fue utilizado para sellar la perforación y para la obturación retrógrada (flechas). (E) Radiografía tomada inmediatamente después de la cirugía. (F) Radiografía de seguimiento al año. Tomado de Behnia <i>et al.</i> , 2000.....	65
Gráfico 15. Empleo de la RTG en el tratamiento quirúrgico de una perforación en un primer molar inferior. (A) Evaluación prequirúrgica, presenta sangrado al sondaje de 7 milímetros. (B) Radiografía donde se observa el defecto óseo y la perforación.	

(C) Vista vestibular del defecto después del desbridamiento. (D) Colocación del injerto óseo en el defecto. (E) Colocación de la membrana periodontal. (F) Radiografía de seguimiento a los 6 meses. (G) Radiografía de seguimiento a los 12 meses. (H) Examen clínico a los 12 meses de seguimiento, se observa disminución de la profundidad del sondaje. Tomado de Zenobio y Shibli 2004.....	71
Gráfico 16. (A) Radiografía periapical inicial que sugiere la presencia de una perforación supracrestal en un diente monorradicular. (B) Radiografía periapical de seguimiento a los 15 meses. Se observa el sellado adecuado de la perforación con MTA y la reparación del área radiolúcida periapical. Tomado de Menezes <i>et al.</i> , 2005.....	74
Gráfico 17. MTA a los 180 días: Cemento (C) sobre el material de reparación (M), ligamento periodontal (PL) y hueso (B). Hematoxilina y eosina; magnificación original X 100. Tomado de Holland <i>et al.</i> , 2001.....	102

RESUMEN

Las perforaciones endodónticas son una comunicación mecánica o patológica entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente. Las perforaciones producidas por errores de procedimiento son las más frecuentes. La presencia de una perforación endodóntica causa la irritación de los tejidos periodontales, por lo cual es importante un diagnóstico temprano y un tratamiento adecuado. El pronóstico del tratamiento está determinado por varios factores: tiempo desde que ocurre la perforación hasta que se lleva a cabo el tratamiento, tamaño y localización del defecto, posibilidad de sellar la perforación y posibilidad de acceso al conducto principal. El material empleado para la reparación de las perforaciones endodónticas debe proporcionar un sellado adecuado, no ser irritante a los tejidos periodontales y promover la regeneración de estos tejidos. Los estudios que evalúan el resultado del tratamiento de las perforaciones son útiles en la determinación del pronóstico y la selección del tratamiento más apropiado para cada caso. Sin embargo, siempre es preferible prevenir que ocurra este tipo de accidente antes que tratarlo, lo cual puede lograrse por medio del conocimiento de la anatomía del diente y la cuidadosa evaluación clínica y radiográfica previa al tratamiento de conductos o la preparación del espacio para perno.

I. INTRODUCCIÓN

Las perforaciones endodónticas son comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente, las cuales pueden ser producto de procesos de resorción o caries o de errores de procedimiento, siendo esta última la causa más frecuente.

Las perforaciones ocasionadas por errores de procedimiento pueden ocurrir durante cualquier etapa del tratamiento de conductos o durante la preparación del espacio para perno. Estos accidentes pueden ser el resultado de la falta de atención o de experiencia por parte del clínico, sin embargo, existen factores predisponentes como la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares o la calcificación del mismo.

Con el aumento del tiempo de vida promedio de la población y el incremento de la demanda de retener su dentición natural, los pacientes reciben tratamientos odontológicos más complejos; en consecuencia, los clínicos están tratando más casos endodónticos difíciles, lo cual está asociado con una mayor incidencia de errores de procedimiento, entre ellos las perforaciones.

Las perforaciones endodónticas son consideradas como complicaciones serias en la práctica odontológica que pueden comprometer la salud de los tejidos periodontales y poner en riesgo la conservación del diente afectado en boca.

El manejo de las perforaciones endodónticas constituye un desafío para el odontólogo, ya que por lo general presentan ciertas dificultades para su diagnóstico y tratamiento. Los métodos tradicionales de reparación no

quirúrgica y quirúrgica de las perforaciones, en ocasiones no proporcionan un resultado favorable a largo plazo; sin embargo, en años recientes con el desarrollo de nuevos materiales, procedimientos y técnicas, los resultados de estos tratamientos se han tornado más predecibles.

Es necesario conocer los métodos de diagnóstico y tratamiento de las perforaciones endodónticas, así como su efecto en el pronóstico del diente afectado. De igual forma, es de fundamental importancia seguir los principios básicos durante cada paso del tratamiento de conductos y la preparación del espacio para perno para prevenir que se produzca este tipo de accidente.

El objetivo del presente trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre el diagnóstico, alternativas de tratamiento, pronóstico y prevención de las perforaciones producidas durante la terapia endodóntica.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1. PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

1.1 Definición de perforaciones endodónticas

Durante la terapia endodóntica en ocasiones el clínico debe enfrentar la necesidad de manejar la perforación de la estructura dentaria, la cual resulta en la comunicación de la cavidad pulpar con las estructuras periodontales. Las perforaciones pueden ser producidas de forma iatrogénica o por procesos de resorción o caries⁽¹⁾.

Fuss y Trope⁽²⁾ definen las perforaciones endodónticas como comunicaciones artificiales entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos de soporte del diente o la cavidad bucal.

Por su parte Ruddle⁽³⁾ define las perforaciones endodónticas como comunicaciones patológicas o iatrogénicas entre el espacio del conducto radicular y el aparato de sostén; estas pueden ocurrir como consecuencia de procesos patológicos de resorción o caries, o de episodios iatrogénicos durante o después del tratamiento de conductos.

Jew *et al.*⁽⁴⁾ definen las perforaciones endodónticas como una abertura artificial en un diente o en su raíz, que es creada mecánicamente o por un proceso de resorción, lo cual resulta en una comunicación entre el espacio pulpar y los tejidos periodontales.

En el Diccionario de Términos Endodónticos de La Asociación Americana de Endodoncistas se define el término perforación endodóntica como una comunicación mecánica o patológica entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente⁽⁵⁾.

1.2 Clasificación de las perforaciones endodónticas

Las perforaciones endodónticas han sido clasificadas por distintos autores según diversos parámetros^(2,3,6-11).

Según su etiología, las perforaciones han sido clasificadas en: perforaciones originadas por procesos patológicos de resorción, interna o externa^(1-4,6,12,13), o caries dental^(1-3,13) y perforaciones originadas por errores de procedimiento^(1-4,8,12,13), siendo esta última la causa más frecuente⁽¹³⁾.

Nicholls⁽⁶⁾, sugiere la siguiente clasificación de las perforaciones basada en el momento en que ocurren y su ubicación en la estructura dentaria:

- I. Perforaciones ocurridas antes de la obturación
 - A. Perforaciones en la base de la cámara pulpar
 - B. Perforaciones laterales de la raíz
 1. Tercio coronal de la raíz
 2. Tercio medio de la raíz
 - a. Relación de la perforación con la circunferencia radicular
 - (1) perforaciones mesiales y distales
 - (2) perforaciones vestibulares y palatinas
 - b. Relación de la perforación con el eje longitudinal del conducto
 3. Tercio apical de la raíz
- II. Perforaciones ocurridas después de la obturación

Stromberg *et al.*⁽⁷⁾ clasifican las perforaciones según el área de la raíz del diente donde estén ubicadas: a) En la porción coronaria de la raíz por debajo del nivel del hueso marginal, b) En el área de la furca y 2 milímetros más abajo; c) En la porción media de la raíz; d) En la porción apical de la raíz. Estos autores mencionan que la localización de la perforación indicará el tipo de terapia a seguir (Gráfico 1).

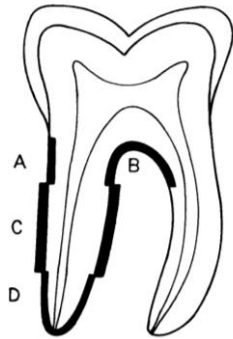


Gráfico 1. Clasificación de las perforaciones endodónticas según el área de la raíz donde estén ubicadas. (A) Porción coronal de la raíz por debajo del nivel del hueso marginal. (B) Área de la furca y 2 milímetros apicales. (C) Porción media de la raíz. (D) Porción apical de la raíz. Tomado de Stromberg *et al.*, 1972⁽⁷⁾.

Torabinejad⁽⁸⁾ describe la etiología, diagnóstico, tratamiento y prevención de las perforaciones según su localización a lo largo de la raíz, clasificándolas en coronales, laterales y apicales.

Lasala⁽⁹⁾ clasifica a las perforaciones según su localización en camerales y radiculares de los tercios coronarios, medios o apicales.

Fuss y Trope⁽²⁾, proponen una clasificación de las perforaciones radiculares basada en los factores que afectan su pronóstico: tiempo, tamaño y localización (Gráfico 2).

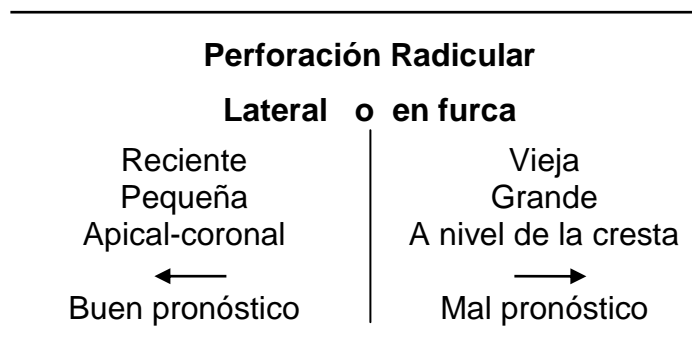


Gráfico 2. Clasificación de las perforaciones de acuerdo con los factores que afectan su pronóstico. A la izquierda se encuentran los factores que sugieren un buen pronóstico y a la derecha los factores que sugieren un mal pronóstico. Tomado de Fuss y Trope, 1996⁽²⁾

En relación al tiempo transcurrido entre la producción de la perforación y el sellado de la misma, las perforaciones “recientes” se refieren a las que son selladas en la misma sesión en la que se producen y las perforaciones “viejas” se refieren a las que están asociadas con accidentes de procedimiento previos donde puede estar establecida una infección bacteriana⁽²⁾.

En relación a la localización de la perforación, los autores toman en cuenta no solo su posición en la raíz, sino su posición en relación con los tejidos de soporte; clasificando las perforaciones en: perforaciones coronales, ubicadas coronal a la cresta ósea y la adherencia epitelial, perforaciones a nivel de la cresta ósea y la adherencia epitelial, y perforaciones apicales, localizadas apical a la cresta ósea y la adherencia epitelial⁽²⁾ (Gráfico 3).

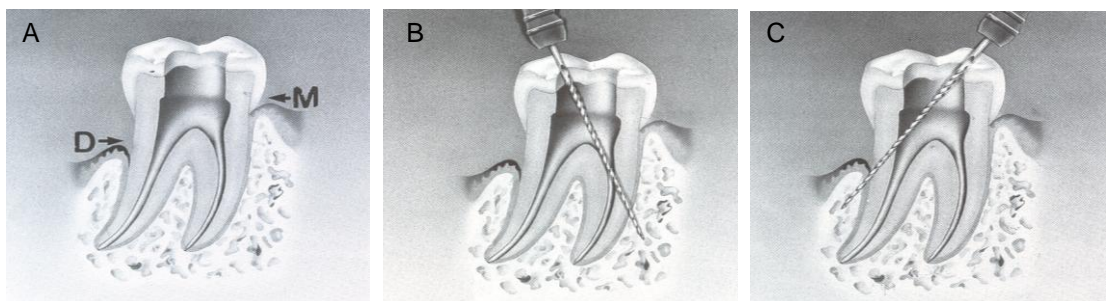


Gráfico 3. (A) Diagrama de un molar inferior con pérdida de adherencia en distal. La determinación de la zona crítica de una perforación en términos de pronóstico debe ser atribuida al nivel de la cresta ósea y la adherencia epitelial y no a la localización de la perforación en la raíz. (B) Perforación ubicada en el tercio medio de la raíz mesial. El pronóstico para el tratamiento conservador es bueno debido a que la perforación está localizada apical a la zona crítica de la cresta. (C) Perforación ubicada en el tercio medio de la raíz distal. El pronóstico para el tratamiento conservador es malo debido a la cercanía a la zona crítica de la cresta. Tomado de Fuss y Trope, 1996⁽²⁾.

En cuanto al tamaño, los autores clasifican a las perforaciones en pequeñas y grandes. Las perforaciones pequeñas realizadas con

instrumentos endodónticos de calibre 15 o 20, y las perforaciones grandes, como aquellas que ocurren durante la preparación del espacio para perno⁽²⁾.

Por su parte Carr⁽¹⁰⁾ señala que aunque no se ha establecido una clasificación formal para las perforaciones, estas pueden clasificarse en función del tamaño: micro o macroporaciones; de la localización: supra o subcrestales; del tipo: estriada, por desgaste, en la furca; del período de tiempo previo a la reparación: inmediatas o tardías y del grado de destrucción ósea. Así mismo indica que cada uno de estos tipos debe evaluarse antes de iniciar el tratamiento.

Torabinejad y Lemon⁽¹¹⁾ clasifican las perforaciones según la etapa del tratamiento endodóntico en la cual se producen y su ubicación en la raíz: perforaciones durante la preparación del acceso: lateral de la raíz y de la furca; perforaciones durante la limpieza y conformación de los conductos: coronal, lateral, apical.

Ruddle⁽³⁾ más que una clasificación, menciona que una perforación posee cuatro dimensiones: 1) Nivel: las perforaciones pueden aparecer en los tercios radiculares coronal, medio y apical; 2) Localización en la circunferencia de la raíz: cara vestibular, lingual, mesial o distal; la localización no es de gran importancia si se selecciona un tratamiento no quirúrgico; sin embargo, sí es fundamental y puede incluso impedir el acceso quirúrgico si se plantea esta técnica; 3) Tamaño: el tamaño de la perforación modifica la capacidad del odontólogo para establecer un sellado hermético; 4) Tiempo: una perforación debe sellarse lo antes posible para impedir una mayor pérdida de sostén y evitar la destrucción de la cresta gingival. Este autor menciona que estas cuatro dimensiones de la perforación deben ser identificadas por los odontólogos, quienes deben entender cómo afectan la

selección del tratamiento y el pronóstico del mismo.

1.3 Incidencia de las perforaciones endodónticas

En un estudio realizado en 1961, Ingle⁽¹⁴⁾ analizó las causas de 104 fracasos endodónticos, el autor observó que las perforaciones radiculares constituyeron la segunda causa de fracaso, representando un 9,62%.

Por su parte, Seltzer *et al.*^(15,16) en 1967 realizaron un estudio combinando observaciones clínicas, radiográficas e histológicas, para determinar las principales causas del fracaso endodóntico. De un total de 146 dientes que presentaban fracaso del tratamiento de conductos, 41 dientes fueron extraídos y examinados bajo el microscopio. Los autores observaron la presencia de 5 perforaciones, representando un 12,20%; añadiendo que con frecuencia estos accidentes ocurren sin que el operador se percate de ello.

En una investigación llevada a cabo por Kerekes y Tronstad⁽¹⁷⁾ para evaluar los resultados del tratamiento endodóntico empleando instrumentos y materiales estandarizados, se registraron 14 perforaciones en 647 raíces estudiadas, un 2,16%. Los autores concluyen que los accidentes de procedimiento fueron pocos debido a los instrumentos empleados.

Bergenholtz *et al.*⁽¹⁸⁾ estudiaron los efectos de la repetición del tratamiento de conductos en el sellado y la cicatrización periapical y registraron los accidentes que se produjeron durante el procedimiento; en total ocurrieron 11 perforaciones en 660 casos, representando un 1,67%.

Abbott realizó un estudio sobre las razones más frecuentes para referir al endodoncista y observó que un 6% de los casos se trataba de perforaciones endodónticas⁽¹⁹⁾.

Lasala⁽²⁰⁾ realizó un estudio donde registró el número y tipo de accidentes producidos durante la terapia endodóntica por estudiantes de pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Central de Venezuela durante un período de dos semestres. En los resultados se observó que en un total de 481 casos se produjeron 23 perforaciones, un 4,78%, siendo este el accidente que se produjo con mayor frecuencia. La autora destaca que los dientes que presentan mayor riesgo de perforación son los multirradiculares así como aquellos dientes con poco espesor radicular mesiodistal, especialmente premolares superiores e inferiores.

En un estudio reciente realizado por Eleftheriadis y Lambrianidis en el 2005, se evaluó la calidad técnica de los tratamientos de conductos y los errores de procedimiento realizados por estudiantes de odontología en Grecia. Se detectaron 17 perforaciones en 620 conductos, un 2,7%. Los autores encontraron una fuerte correlación entre el grado de curvatura del conducto y la presencia de perforaciones⁽²¹⁾.

Kvinnslund *et al.*⁽²²⁾ evaluaron los resultados del tratamiento de 55 perforaciones. Los autores observaron que más de la mitad de las perforaciones se produjeron durante la preparación del espacio para perno y que las perforaciones ocurridas durante la terapia endodóntica se produjeron al intentar permeabilizar conductos calcificados, durante la instrumentación o durante la localización de conductos. De igual forma mencionan que las perforaciones ocurrieron 3 veces más en dientes superiores que en inferiores, correspondiéndose este hecho con que los dientes superiores reciben con más frecuencia tratamiento de conductos y tratamiento protésico. Las áreas perforadas con mayor frecuencia fueron las superficies mesiales y vestibulares de la raíz, así como su tercio medio.

Por su parte, Morrow y Rubistein⁽²³⁾ comentan que existen zonas con mayor posibilidad de perforaciones como son el piso de la cámara pulpar de los molares, la superficie distal de la raíz mesial de molares inferiores y la raíz mesiovestibular de los molares superiores.

Con el aumento del ciclo de vida promedio de la población y el incremento de la demanda de atención odontológica con la finalidad de mantener la dentición natural, los clínicos se enfrentan a un mayor número de casos endodónticos difíciles, lo cual está asociado con una mayor incidencia de errores de procedimiento, entre ellos las perforaciones endodónticas^(24,25).

2. REACCIÓN DE LOS TEJIDOS PERIODONTALES ANTE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

Numerosos investigadores han estudiado la relación que existe entre el tejido pulpar y los tejidos de soporte del diente⁽²⁶⁻³⁴⁾. Las vías que comunican ambos tejidos son las anatómicas, principalmente el forámen o las foraminas apicales, los conductos laterales y accesorios, más frecuentes, en la zona apical de dientes monorradiculares y en la zona de la furca de los molares, y los túbulos dentinarios especialmente los de mayor calibre, como los que se encuentran en la zona de la furca de molares jóvenes. También existen vías no fisiológicas de comunicación entre los tejidos periodontales y pulpares, como las perforaciones, las fisuras y fracturas radiculares^(33,34).

Las perforaciones radiculares son consideradas una complicación seria en la práctica odontológica. Es bien aceptado que cualquier interrupción de la continuidad de la estructura de la raíz causará irritación a las estructuras de soporte⁽³⁵⁾.

En las perforaciones radiculares ocurre la destrucción patológica o accidental de la dentina y el cemento, la cual compromete los tejidos perirradiculares y dificultan la respuesta de cicatrización de esos tejidos^(36,37).

En este sentido, Fuss y Trope⁽²⁾ señalan que, teóricamente la perforación hacia los tejidos de soporte por sí sola no causa inflamación irreversible y fracaso, sin embargo, cuando la infección microbiana o materiales de restauración irritantes se superponen al trauma de la perforación, no ocurrirá cicatrización.

Las perforaciones ocurridas a nivel de la cresta ósea o cerca de la misma constituyen una amenaza grave que pueden cambiar el pronóstico en un principio favorable⁽³⁾. Estas presentan una considerable dificultad, debido a que producen inflamación persistente y migración del epitelio del surco gingival hacia el defecto^(4,25,35,38-40). Una vez que se ha formado el saco periodontal, el ingreso continuo de irritantes mantiene la inflamación en el sitio de la perforación⁽³⁹⁾, iniciando de esta forma un problema periodontal difícil de manejar^(25,35).

Se podría describir una posible secuencia de eventos para la formación de un defecto periodontal consecuencia de una perforación endodóntica: la perforación conlleva a la formación de tejido de granulación, el cual a su vez produce la resorción de hueso y la destrucción de las fibras periodontales del área. Además, la presencia de inflamación crónica cercana a la adherencia epitelial provoca su migración, lo que finalmente termina en la formación de un saco periodontal. Estas observaciones evidencian la correlación cercana que existe entre la enfermedad pulpar y periodontal⁽⁴¹⁾.

En relación a las perforaciones en el tercio medio y apical de la raíz, alejadas de la cresta ósea y la adherencia epitelial, Sinai⁽¹⁾ comenta que si estas son selladas adecuadamente, los cambios inflamatorios probablemente disminuyan antes que el daño periodontal se extienda hacia el surco gingival; por esta razón el autor señala que por lo general las perforaciones a este nivel producen con menor frecuencia complicaciones periodontales, mientras sean tratadas correctamente y a tiempo.

Varios investigadores se han dedicado a evaluar el efecto de las perforaciones sobre los tejidos de soporte del diente^(4,35,38,39,41,42).

Lantz y Persson⁽⁴²⁾ realizaron un estudio en dientes de perros sobre la reacción de los tejidos periodontales a las perforaciones. Los autores observaron que en los casos en donde las perforaciones no fueron selladas adecuadamente, se produjo la destrucción progresiva del hueso adyacente al sitio de la perforación; por el contrario, si el defecto era sellado adecuadamente, ocurría la regeneración de los tejidos periodontales. Los autores también observaron que si la perforación era sellada después de transcurrido cierto tiempo, la cicatrización producida era menos satisfactoria.

Meister *et al.*⁽³⁵⁾ describen cinco molares inferiores en los cuales ocurrió una perforación en la furca ocasionada por sobreinstrumentación; todos los casos presentaron pérdida del hueso alveolar. De los cinco molares, cuatro debieron ser extraídos debido a la gran pérdida ósea. Los autores concluyen que el mejor tratamiento para este tipo de accidente es la prevención.

Jew *et al.*⁽⁴⁾ evaluaron histológicamente los tejidos periodontales adyacentes a perforaciones radiculares selladas con Cavit® (ESPE, Seefeld/Overby, Germany). Crearon perforaciones radiculares en 36

premolares inferiores de perros, de las cuales 31 fueron selladas con Cavit® y 17 no fueron selladas. Al realizar el estudio histológico a diferentes períodos de tiempo, observaron que cualquier perforación cercana al surco gingival, ya sea sellada o no, puede resultar en la proliferación del epitelio del surco y evitar que ocurra la reparación; mientras que las perforaciones localizadas lejos del epitelio del surco mostraron las respuestas de cicatrización más favorables, aún cuando no se sellaran. Los autores también observaron que con una perforación siempre ocurre resorción de la raíz y el cemento, la cual sólo es reparada en las perforaciones selladas exitosamente.

Seltzer *et al.*⁽³⁸⁾ realizaron un estudio en 21 dientes de monos rhesus, en los cuales el piso de la cámara pulpar fue perforado. Las perforaciones fueron selladas a diferentes intervalos, inmediatamente y hasta 10 meses después. En todos los casos ocurrió daño al periodonto, sin embargo, la destrucción más severa ocurrió cuando las perforaciones no fueron selladas. Los autores concluyeron que el pronóstico de la reparación de las perforaciones en el piso de la cámara pulpar es incierto, sin embargo señalan que es mejor cuando la perforación es sellada inmediatamente.

Asimismo, Balla *et al.*⁽³⁹⁾ realizaron 120 perforaciones a nivel de la furca en premolares y molares de monos rhesus, utilizaron para su sellado fosfato tricálcico, hidroxiapatita, amalgama e hidróxido de calcio Life® (Sybron/Kerr, Romulus,MI), en el grupo control las perforaciones no fueron selladas. Los animales fueron sacrificados a los 2, 4 y 6 meses para realizar la evaluación histológica, en la cual observaron ausencia de cicatrización completa de las perforaciones en furca selladas con cualquiera de los materiales; en el grupo control, la infección causó inflamación severa y resorción del hueso alveolar. Los autores no observaron formación de tejido duro y concluyeron que la

inflamación en el área de la furca podía deberse a la inadecuada capacidad de sellado de los materiales empleados.

En ese estudio también se observó que el grado de la respuesta tisular a las perforaciones en furca creadas experimentalmente y tratadas con varios materiales depende de varios factores: a) severidad del daño inicial al tejido periodontal; b) tamaño y localización de las perforaciones; c) capacidad de sellado y citotoxicidad de los materiales; d) contaminación bacteriana⁽³⁹⁾.

Por su parte, Bhaskar y Rappaport⁽⁴¹⁾ realizaron un estudio radiográfico e histológico en dientes de perros para evaluar el resultado de varios procedimientos endodónticos inadecuados. En 14 dientes realizaron perforaciones a nivel de la furca, algunas fueron selladas y otras no. En la evaluación radiográfica de estos dientes se observaron zonas radiolúcidas interradiculares. En la evaluación histológica, las perforaciones que no fueron selladas mostraron resorción del hueso interradicular y tejido de granulación, el cual contenía islas de epitelio; en algunos dientes observaron resorción de cemento. Sin embargo, las perforaciones que fueron selladas mostraron respuestas menos severas. Los autores concluyen que las perforaciones producidas en el área de la furca, deben ser selladas lo antes posible para reducir la incidencia de destrucción periodontal.

Varios autores^(38,39,41,43) coinciden en que las perforaciones que no son selladas están expuestas al ingreso de microorganismos, los cuales irritan los tejidos y traen como resultado inflamación, resorción del hueso y con frecuencia migración de epitelio hacia el área de la perforación.

3. DIAGNÓSTICO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

El diagnóstico temprano y preciso de la presencia de una perforación y su tratamiento adecuado, es de gran importancia para el pronóstico del diente^(1,15,36,37,40,44,45).

En ocasiones, las perforaciones se hacen evidentes de manera inmediata ya sea clínica o radiográficamente o de ambas formas. Sin embargo, con frecuencia es difícil determinar su presencia o localización y es esencial la cuidadosa consideración de todos los procedimientos diagnósticos⁽³⁶⁾.

Los procedimientos para el diagnóstico de una perforación comprenden la evaluación de los síntomas, la observación clínica y el empleo de herramientas^(44,46), tales como: radiografías, puntas de papel, localizadores de ápice y la magnificación, para localizar la posición y profundidad de la perforación^(46,47). Adicionalmente, Fuss y Trope⁽²⁾ recomiendan realizar un sondaje del surco gingival para evaluar la posible comunicación del defecto con la cavidad bucal.

En relación a los signos y síntomas que se pudieran presentar al ocurrir una perforación se mencionan: dolor súbito durante la determinación de la longitud de trabajo o la preparación, dolor quemante o mal sabor durante la irrigación con hipoclorito de sodio y aparición de hemorragia repentina. Asimismo se puede presentar un fuerte dolor postoperatorio como resultado de procedimientos de limpieza y preparación a través de una perforación no detectada⁽¹¹⁾.

Sin embargo, en ocasiones, las perforaciones ocurren de manera inadvertida y no son diagnosticadas hasta que se hace evidente algún signo clínico o radiográfico que indique la presencia de infección⁽⁴⁸⁾. Numerosos

autores han descrito algunos signos y síntomas que ayudan a diagnosticar la presencia de una perforación de larga data, como son: dolor a la percusión o a la masticación^(49,50), presencia de un absceso o fístula^(8,48), presencia de un defecto periodontal localizado^(2,8) y presencia de movilidad⁽⁵⁰⁾. En algunas ocasiones se puede observar en la radiografía una imagen radiolúcida adyacente al sitio de la perforación^(11,13,22,48) o la extrusión del material de obturación a través de la perforación⁽⁵¹⁾.

Entre las herramientas que pueden ser empleadas durante el diagnóstico para determinar la localización y extensión de una perforación endodóntica se mencionan:

Las Radiografías:

Las radiografías desde múltiples ángulos y las radiografías coronales, mejorarán la agudeza diagnóstica del clínico⁽³⁶⁾. Esto es especialmente evidente cuando se trata de evaluar la localización de una perforación, particularmente si está localizada en la superficie vestibular o lingual de la raíz^(36,37).

En el caso de perforaciones mesiales o distales, Nicholls⁽⁶⁾ señala que la distancia entre la corona y la superficie radicular en el sitio de la perforación puede ser determinada radiográficamente de manera similar a la determinación de la longitud de trabajo.

Por su parte, Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ refieren que radiografías tomadas en diferentes angulaciones usando la regla del objeto bucal de Clark, usualmente permiten determinar si la perforación está en la cara vestibular o lingual de la raíz. Puede colocarse una sonda periodontal o un instrumento en el sitio de la perforación para ayudar a una correcta interpretación.

Conociendo que los objetos más linguales siempre se moverán hacia la misma dirección en que fue tomada la radiografía, se puede determinar si el defecto está en la cara vestibular o lingual de la raíz.

Fava y Dummer⁽⁵²⁾ describieron varias proyecciones radiográficas que pueden ser usadas durante la terapia endodóntica. Los autores señalan que en ocasiones, una alteración deliberada y controlada de la geometría de la radiación puede ser beneficiosa y proveer una información adicional que no siempre es visible en las radiografías tomadas con angulaciones estándares. Estos cambios de angulación pueden ser útiles en endodoncia para establecer la posición de errores iatrogénicos entre ellos perforaciones. Entre las técnicas descritas mencionan la técnica de escaneado triangular propuesta por Bramante en 1980, la cuál es útil para detectar perforaciones laterales, haciendo más simple y seguro su tratamiento. La técnica implica la exposición de tres radiografías, una con la angulación estándar y las otras usando angulación mesial y distal.

Bogaerts⁽⁴⁷⁾ refiere que también puede emplearse un agente radiopaco para revelar el sitio de la perforación. El autor empleó una pasta de un 80% de hidróxido de calcio con un 20% de sulfato de bario. De igual forma Ruddle⁽³⁾ recomienda el uso de un medio de contraste radiopaco para el diagnóstico radiográfico (solución de Ruddle).

Varios autores coinciden en que cuando las perforaciones se encuentran en la cara vestibular o lingual de la raíz, su detección por medio de radiografías es más difícil. Esto es debido a que la imagen del defecto se superpone en la radiografía a la imagen de la raíz^(2,37,53). Esto fue demostrado en un estudio *in vitro* realizado por Fuss *et al.*,⁽⁵³⁾ donde endodoncistas bien entrenados no pudieron identificar de manera precisa,

por medio de radiografías, perforaciones localizadas en la superficie vestibular o lingual de la raíz; estas fueron detectadas en un 45% de los casos.

Indudablemente, las radiografías son de gran ayuda en el diagnóstico de las perforaciones endodónticas, sin embargo presentan ciertas limitaciones, entre ellas:

- 1) La superposición de la imagen de la perforación sobre la raíz cuando esta se encuentra en la superficie vestibular o lingual
- 2) La superposición de estructuras anatómicas, materiales radiopacos e implantes sobre la imagen de la raíz
- 3) La utilización de las radiografías es un procedimiento que consume tiempo y tiene poca precisión
- 4) El paciente con reflejo nauseoso no permite la toma de radiografías
- 5) Debido a los riesgos biológicos, el número de radiografías debe ser minimizado^(44,53).

Localizadores de ápice.

Desde su introducción por Sunada⁽⁵⁴⁾ en 1962, este dispositivo de medición electrónica para localizar el forámen apical, ha ganado gran popularidad y su fiabilidad ha sido demostrada⁽⁵⁵⁾.

Según el principio eléctrico con el cual funcionan, los localizadores apicales pueden ser de dos tipos: los de resistencia y los dependientes de frecuencia⁽⁵⁶⁾. Los primeros están basados en que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral es un valor constante^(54,56). Cuando se coloca un electrodo del localizador apical en la mucosa bucal (clip labial) y el otro electrodo en la lima dentro del conducto, es posible determinar la longitud de trabajo cuando la lima alcanza el ligamento

periodontal (forámen apical) ⁽⁵⁶⁾. Este tipo de localizador pertenece a los de primera generación. En la actualidad, la mayoría de estos dispositivos están fuera del mercado⁽⁵⁷⁾. Un ejemplo de este tipo de localizador apical es el NeoSono® (Amadent, Cherry Hill, New Jersey). El otro tipo de localizador, dependiente de frecuencia, opera al comparar la tasa de diferencia entre una señal de alta y baja frecuencia. A medida que la lima avanza hacia el ápice, esta tasa cambia y su máxima diferencia es en la constricción apical. Un ejemplo de localizador apical dependiente de frecuencia es el Root ZX® (Morita Corp., Tustin, California) ⁽⁵⁶⁾.

En 1976 fue descrito por primera vez el uso potencial del Sono-Explorer® (Electrodent Inc., Hayashi Dental Supply, Osaka, Japón) como un dispositivo para detectar, localizar y corregir perforaciones radiculares. En 1983 se sugirió el uso del localizador apical como una ayuda para detectar perforaciones. El uso de esta herramienta permite la posibilidad de cambiar un acceso quirúrgico por uno más conservador en el tratamiento de las perforaciones radiculares⁽⁵⁵⁾ y en caso de ser necesario el abordaje quirúrgico, la detección precisa de la localización de la perforación ayuda en el diseño de un colgajo adecuado y minimiza la remoción de hueso⁽⁴⁴⁾.

Por su parte, Fuss *et al.*⁽⁵³⁾ refieren que la localización precisa de la perforación en la superficie radicular es un factor esencial para un tratamiento exitoso, debido a que previene la sobreinstrumentación durante el tratamiento de conducto y minimiza la extrusión de materiales irritantes como soluciones para irrigar o selladores hacia los tejidos perirradiculares. Por esta razón los autores también recomiendan el uso del localizador apical. Adicionalmente, Lemon⁽²⁵⁾ refiere que este dispositivo puede ayudar a diagnosticar perforaciones en casos de pernos o pines cementados en un defecto.

Kaufman y Keila⁽⁵⁵⁾ describieron un método para tratar las perforaciones radiculares de un modo conservador, combinando el uso del localizador apical para su detección y la técnica de obturación con compactación térmica para obturar el conducto y sellar la perforación. La detección de la perforación fue llevada a cabo con la ayuda del localizador apical, introduciendo la lima de mayor calibre que alcanzara el sitio de la perforación sin penetrarla completamente. De esta forma, se elimina la posibilidad de daño a los tejidos circundantes y el sangrado, los cuales pudieran interferir con la correcta detección de la perforación. En perforaciones de larga data, las limas son introducidas en orden descendiente de tamaño hasta localizar la apertura de la perforación, de modo de prevenir el sangrado y nuevos daños.

Fuss *et al.*⁽⁵³⁾ evaluaron en un estudio *in vitro* la precisión de dos localizadores apicales, que funcionan con principios eléctricos diferentes, para la localización de las perforaciones radiculares. Emplearon el Sono-Explorer Mark 2 Junior® (Hakusui, Osaka, Japón) que es un localizador de resistencia y Apit 2® (Osada, Tokio, Japón) que es de frecuencia. Ambos dispositivos determinaron la localización de las perforaciones en un rango clínico aceptable de 0,17 a 0,42 milímetros corto con respecto a la superficie radicular.

Por su parte, Kaufman *et al.*⁽⁴⁴⁾ realizaron un estudio *in vitro* para comparar la precisión de tres localizadores apicales, que funcionan con principios eléctricos diferentes, en la detección de perforaciones radiculares. En su estudio emplearon un localizador de resistencia: Sono Explorer Mark II Junior® (Morita, Tokio, Japón) y dos de frecuencia: Apit III® (Endex®) (Osada, Tokio, Japón) y Root ZX® (Morita, Tokio, Japón). Los autores obtuvieron como resultado que los tres dispositivos determinaron la

localización de las perforaciones en un rango clínico aceptable de 0,06 a 0,25 milímetros de la superficie radicular externa. También observaron que diferentes condiciones dentro del conducto radicular (solución salina, hipoclorito de sodio o conductos secos) no afectaron la precisión de los instrumentos.

Aún cuando las radiografías no superen a los localizadores apicales en la localización de las perforaciones endodónticas, es esencial tomar una radiografía después de localizar el defecto con este dispositivo, para determinar su ubicación con respecto a la cresta ósea, ya que esta influye directamente en el tratamiento y pronóstico de estos defectos^(2,53).

Magnificación.

En cuanto al mejoramiento de la visión, los lentes de aumento, las lámparas frontales y los aparatos de transiluminación, constituyen coadyuvantes muy útiles en el diagnóstico y tratamiento de las perforaciones⁽³⁾.

La introducción del microscopio operatorio en la práctica odontológica le ha dado al clínico la habilidad de explorar la anatomía del conducto radicular con mayor detalle, al mejorar el acceso visual gracias a la magnificación y a la iluminación coaxial^(46,58). Esto ha hecho posible intentar abordajes más conservadores para la reparación de las perforaciones, obteniendo resultados más controlables y predecibles^(3,10,46,58).

Daoudi⁽⁵⁸⁾ describió un caso de una perforación en un incisivo lateral superior, la cual se produjo durante la remoción de un perno. Se confirmó la presencia de la perforación por medio de una radiografía con un instrumento y con el uso del localizador apical, sin embargo, el autor destaca la utilidad

del microscopio operatorio para conocer la localización exacta, el tamaño y la forma de la perforación; así como para volver a acceder al sistema de conductos radiculares evitando dañar más el sitio de la perforación, facilitando su reparación.

Según el nivel de la raíz en el cual se encuentre la perforación, se pueden utilizar diferentes métodos para su diagnóstico:

a) Perforaciones a nivel de la cámara pulpar

Las perforaciones a nivel de la cámara pulpar pueden ocurrir durante la preparación del acceso y el proceso de búsqueda de los conductos y pueden ser perforaciones laterales de la corona o hacia la furca radicular⁽⁵⁹⁾.

Si la perforación se encuentra por encima de la inserción periodontal, el primer signo para el diagnóstico será la entrada de saliva hacia la cavidad de acceso o la salida de hipoclorito hacia la cavidad bucal, en ese caso, el paciente notará un sabor desagradable. En el caso que la perforación sea hacia el ligamento periodontal, la hemorragia suele ser la primera indicación de una perforación. En aquellos casos donde inicialmente se sospecha que la perforación se trata de la entrada de un conducto, se debe introducir una lima de pequeño calibre a través del orificio y tomar una radiografía para realizar el diagnóstico⁽⁵⁹⁾.

b) Perforaciones a nivel del tercio coronario de la raíz

Las perforaciones a este nivel por lo general ocurren durante la localización y ensanchamiento de la entrada del conducto o por el uso inadecuado de fresas Gates-Glidden. Con frecuencia un síntoma inmediato es la hemorragia que emana del sitio de la perforación. Se debe lavar y secar con torundas de algodón para tratar de visualizar de forma directa la

perforación, en este caso la magnificación con lupas o microscopio es de gran utilidad⁽⁵⁹⁾.

El localizador apical también ha sido reportado como una herramienta útil para el diagnóstico de las perforaciones a este nivel^(2,55). Este dispositivo es útil para localizar la posición exacta de la comunicación con el ligamento periodontal. Fuss y Trope⁽²⁾ recomiendan que una vez que el localizador indique que se ha alcanzado el ligamento periodontal, es prudente tomar una radiografía para evaluar la relación del defecto con el nivel de la cresta ósea.

c) Perforaciones a nivel del tercio medio de la raíz

Estas pueden ser producto de la formación de un escalón en la instrumentación inicial, del enderezamiento del conducto o debido a la sobreinstrumentación de una pared delgada. Este tipo de perforaciones pueden ser detectadas por la aparición súbita de hemorragia en un conducto previamente seco o por la molestia súbita que presenta el paciente⁽⁵⁹⁾. También puede presentarse la pérdida repentina de la longitud de trabajo⁽⁸⁾.

La presencia de sangre sobre una punta de papel introducida en el interior del conducto nos indicará la altura en la cual se creó la perforación⁽⁵⁹⁾. Una vez que se ha secado el conducto se introduce una punta de papel adecuadamente orientada, la sangre del sitio de la perforación dejará una impresión en la punta de papel en la localización exacta del defecto^(45,59).

En caso de presentarse hemorragia en el conducto, las puntas de papel también permiten determinar si esta es causada por una perforación apical o lateral; para ello se procede a secar el conducto con puntas de papel, si la sangre está localizada a lo largo de un lado de la punta de papel, se trata de una perforación lateral, si en cambio la sangre se encuentra principalmente

en la punta, ha ocurrido una sobreinstrumentación con la consiguiente perforación a nivel del ápice⁽⁶⁰⁾.

El sangrado aumentará a medida que ensanchemos el conducto, acompañándose de dolor, así como de un cambio de dirección del instrumento en el interior del conducto, lo que facilitará el reconocimiento del accidente. Dicho diagnóstico se podrá confirmar mediante la realización de una radiografía en dos proyecciones como mínimo⁽⁶¹⁾. En ocasiones se puede observar en la radiografía la salida del instrumento hacia un lado de la raíz⁽⁸⁾.

Lasala recomienda colocar un instrumento dentro de la perforación y tomar varias radiografías variando la angulación horizontal, para lograr así una ubicación más exacta⁽⁹⁾.

Fava y Dummer señalan que la técnica de escaneado triangular, propuesta por Bramante *et al.* es útil para detectar errores de procedimiento, entre estos las perforaciones laterales⁽⁵²⁾.

Gutmann y Harrison mencionan que en el caso de perforaciones mesiales o distales, la distancia desde la corona del diente a la perforación, puede determinarse radiográficamente de manera similar a la longitud de trabajo; sin embargo, esto no es posible en el caso de las perforaciones vestibulares o linguales debido a que la imagen de la perforación se superpone a la de la raíz. En estos casos, los localizadores han demostrado ser efectivos en la determinación aproximada de la localización de la perforación⁽³⁷⁾.

d) Perforaciones a nivel del tercio apical de la raíz

Suelen presentarse en el tercio apical de los conductos curvos, donde existe el riesgo de crear un nuevo punto de salida, bien por la formación de un escalón, o por un desplazamiento del conducto^(59,61); este tipo de perforación también puede ser el resultado de un error al establecer la longitud de trabajo por lo que se instrumenta más allá de los confines apicales del conducto^(59,60).

La presencia de dolor durante la limpieza y preparación del conducto, la pérdida repentina del tope apical y la posible presencia de hemorragia en el interior del conducto nos orientan sobre la posible creación de una perforación apical^(8,61).

4. TRATAMIENTO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

4.1 Consideraciones generales

El diagnóstico y tratamiento de las perforaciones endodónticas requiere experiencia y pensamiento creativo. Desafortunadamente, mucho de lo que se ha escrito en relación a la reparación de las perforaciones es de naturaleza empírica y contribuye poco con el soporte basado en evidencia para cualquier procedimiento de reparación. Sin embargo, la reparación de las perforaciones por lo general provee una alternativa de tratamiento muy atractiva y con frecuencia exitosa en lugar de la extracción del diente involucrado. En años recientes, el procedimiento se ha tornado más predecible debido al desarrollo de nuevos materiales, técnicas y procedimientos⁽³⁶⁾.

El objetivo del tratamiento de las perforaciones endodónticas es el mismo que el del tratamiento de conductos, prevenir o tratar la inflamación de los tejidos perirradiculares, el resultado del tratamiento depende de la respuesta

de estas estructuras. Este objetivo es logrado por medio de la prevención o tratamiento de la infección en el sitio de la perforación y del sellado del defecto con un material no irritante^(2,6,13,43,62).

En este sentido, Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ indican que las perforaciones básicamente son tratadas como cualquier otra comunicación con los tejidos periodontales, como el forámen apical y los conductos accesorios. Las perforaciones deben ser selladas para prevenir la salida de productos nocivos desde el interior del diente que puedan irritar las estructuras de soporte.

Por su parte, Nicholls⁽⁶⁾ comenta que el tratamiento de las perforaciones, al igual que el tratamiento de conductos, debe ser llevado a cabo bajo condiciones asépticas y debe incluir limpieza, medicación y sellado del defecto.

Adicionalmente, Bargholtz⁽⁶²⁾ señala que para lograr un tratamiento exitoso de las perforaciones, la superficie radicular debe ser reconstruida para permitir la reinserción del ligamento periodontal.

El tratamiento de las perforaciones va a depender de ciertos factores, entre ellos el entrenamiento y la experiencia del operador, la detección de la condición, la localización y el tamaño de la perforación y el momento en que se realiza la intervención terapéutica^(6,37,63). De igual forma, el tratamiento seleccionado, los materiales empleados y respuesta del paciente, van a influir en el resultado del tratamiento⁽³⁷⁾.

Carr⁽¹⁰⁾ comenta que para que el tratamiento de una perforación tenga éxito, es preciso: 1) un sellado hermético de la perforación y 2) restablecer un ligamento periodontal sano.

Bargholz⁽⁶²⁾ indica que las siguientes preguntas son importantes en la planificación del tratamiento:

¿Puede lograrse la eliminación efectiva de los microorganismos del área de la perforación y del conducto?

¿Puede evitarse la contaminación del área extrarradicular y del área de la perforación con materiales indeseables?

¿Puede excluirse la conexión entre el defecto periodontal de la perforación y el medio bucal por la vía de un saco periodontal?

Si la respuesta a alguna de estas interrogantes es negativa, la reparación de los tejidos periodontales será constantemente interrumpida y podría el tratamiento no resultar exitoso⁽⁶²⁾.

A principios de los años 60 y 70 la mayoría de las técnicas para corregir las perforaciones requerían intervención quirúrgica. Con el desarrollo de nuevos materiales y métodos, es posible tratar numerosos casos con un abordaje más conservador⁽⁵⁵⁾.

Kvinnslund *et al.* ⁽²²⁾ comentan que, debido a la poca consistencia que existe en relación a los procedimientos para el tratamiento de las perforaciones y al criterio usado para la evaluación de los resultados de esos tratamientos; es difícil comparar los diferentes estudios. Sin embargo, añaden que varios autores han descrito resultados favorables después de la reparación de perforaciones.

En la actualidad, las perforaciones pueden ser tratadas por medio de un abordaje no quirúrgico, quirúrgico^(47,50,64) o por la combinación de ambos^(3,22,48,64-66).

El tratamiento no quirúrgico generalmente es el indicado en el manejo de las perforaciones⁽²⁾, mientras que la intervención quirúrgica es reservada para casos que no pueden ser manejados con un abordaje conservador^(1,2), aquellos donde el tratamiento no quirúrgico ha fallado o cuando esté indicado el manejo concomitante de los tejidos periodontales⁽²⁾.

En el mismo orden de ideas, Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ mencionan que el principal beneficio del abordaje no quirúrgico es el mantenimiento de la integridad de las estructuras de soporte del diente y que las otras modalidades de tratamiento deben ser consideradas como una alternativa a este procedimiento más conservador.

4.2 Tratamiento no quirúrgico

4.2.1 Procedimiento

Las perforaciones que ocurren durante la realización del tratamiento de conductos pueden ser selladas antes o después de la obturación del sistema de conductos radiculares y esto va a depender de la situación clínica presente⁽⁴⁷⁾. Siempre que sea posible, se debe sellar primero la perforación, de lo contrario se dificultan los procedimientos de limpieza, conformación y obturación de los conductos radiculares⁽²⁵⁾. Si se sella primero la perforación, el odontólogo podrá controlar la hemorragia en el interior del conducto, limitar la irrigación y conseguir una obturación adecuada⁽³⁾. Asimismo, los instrumentos o el material de obturación no entrarían inadvertidamente al interior de la perforación, causando mayor daño al periodonto⁽²⁵⁾. En ocasiones se requiere una ligera preparación del conducto, antes de sellar la

perforación, para mejorar el acceso al defecto, aumentar la visualización y minimizar la instrumentación posterior a la reparación⁽³⁾.

Al reparar una perforación antes de la obturación, es de suma importancia mantener la vía del conducto libre, puesto que los materiales de reparación utilizados podrían causar un bloqueo inadvertido del mismo^(3,25). Para prevenir el bloqueo del conducto al realizar los procedimientos de reparación se ha recomendado colocar instrumentos, conos de plata o de gutapercha dentro de los conductos, sin embargo esto podría dificultar la visión o el acceso al sitio del defecto⁽²⁵⁾. Una mejor opción puede ser colocar apicalmente al defecto un segmento de gutapercha, una bolita de algodón o un tapón de colágeno⁽³⁾.

En los casos de fracaso del tratamiento de conductos o de perforaciones creadas durante la preparación del espacio para perno, puede emplearse el material de obturación ya existente para mantener la posición del conducto. De este modo el odontólogo puede reparar la perforación antes de proceder a la repetición del tratamiento. Es importante tener cuidado y evitar que se fracture el material usado para reparar la perforación⁽³⁾.

El tratamiento de las perforaciones comprende: el control de la hemorragia, la completa limpieza del área de la perforación, en ocasiones la colocación de medicación intraconducto y el sellado del defecto^(6,58).

El *control de la hemorragia* es importante para aumentar la visión y poder evaluar el tamaño y la localización del defecto, así como para crear un campo seco que permita la colocación del material de reparación^(3,59). Se han utilizado diferentes materiales y técnicas para lograr la hemostasia.

Uno de los materiales más utilizados para lograr la hemostasia es el hidróxido de calcio. Ruddle⁽³⁾ recomienda aplicarlo en el interior del conducto radicular, introduciéndolo pasivamente con una jeringa, desplazándolo hidráulicamente y dejando que permanezca en el conducto y el defecto durante 4 a 5 minutos o más. Luego se elimina por medio de la irrigación con hipoclorito de sodio. El autor señala que por lo general, dos o tres aplicaciones son suficientes para controlar la hemorragia. Varios autores^(3,50,55,59) coinciden en que en los casos donde no se consigue la hemostasia, se puede dejar el hidróxido de calcio en el conducto por varios días, hasta la siguiente sesión.

Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ emplean torundas secas de algodón, colocándolas sobre el defecto hasta conseguir hemostasia. Por su parte, Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ mencionan que la irrigación con hipoclorito de sodio también puede utilizarse para ayudar a controlar la hemorragia. Allam⁽⁶⁶⁾ empleó un agente hemostático, Astringent® (Ultradent Products, Inc., SALT Lake City, UT), para detener el sangrado. Kaufman y Keila⁽⁵⁵⁾ indican el uso de formocresol o epinefrina (1:100), aplicado con una punta de papel. También han sido empleados el colágeno, el sulfato de calcio y el hueso congelado y desecado para conseguir la hemostasia⁽³⁾.

La limpieza del área de la perforación es realizada por numerosos autores^(6,11,12,22,45,47,49,50,58,64-67) por medio de la irrigación. Sin embargo, existen diversas opiniones en relación a la solución más indicada para este fin. Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ emplean solución salina o agua estéril para minimizar la irritación del ligamento periodontal. En este mismo sentido, Torabinejad y Lemon⁽¹¹⁾ recomiendan solución salina o una concentración baja de hipoclorito de sodio (0,05%), debido a que la salida de un irrigante concentrado hacia los tejidos periodontales produce inflamación severa.

Allam⁽⁶⁶⁾ también utiliza solución salina luego de detener el sangrado con un agente hemostático. Por su parte Martin *et al.*⁽¹²⁾ describieron un caso clínico donde irrigaron con agua estéril el área de la perforación ubicada en la furca radicular.

Otros autores^(49,50,58,64,65,67) han empleado hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones, como solución para irrigar y desinfectar el sitio de la perforación y los conductos. Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ emplean hipoclorito de sodio diluido y recomiendan dejarlo dentro del sistema de conductos radiculares por unos minutos en los casos de perforaciones de larga data o en presencia de contaminación. Menezes⁽⁶⁷⁾ describió un caso donde usó el hipoclorito de sodio al 1% antes de sellar la perforación para controlar la hemorragia; después de sellar el defecto, irrigó con la misma solución pero a una concentración mayor (5,25%). Biggs⁽⁶⁵⁾ también empleó hipoclorito de sodio al 5,25% después de sellar la perforación temporalmente con Cavit®. Por su parte Tsai *et al.*⁽⁴⁹⁾ y Yildirim y Dalci⁽⁵⁰⁾ emplearon hipoclorito de sodio al 2,5%. Daoudi⁽⁵⁸⁾ usó esta solución al 3%.

Adicionalmente, se ha empleado una combinación de dos o más soluciones para la irrigación en casos de perforaciones. Nicholls⁽⁶⁾ recomienda el uso de soluciones efervescentes como el peróxido de hidrógeno y soluciones electrolíticas como el hipoclorito de sodio y luego enjuagar el área con agua estéril. Kvinnsland *et al.*⁽²²⁾ emplearon en su estudio la solución de Dakins al 0,5% (hipoclorito de sodio al 1% en bicarbonato de sodio al 0,5%). De igual forma Bogaerts⁽⁴⁷⁾, en una descripción de casos, señaló que para desinfectar el área de la perforación se puede emplear el mismo protocolo de irrigación que para conductos infectados; este autor alterna la irrigación con hipoclorito de sodio al 3,5%, clorhexidina al 0,2% y ácido cítrico al 10%.

Existen condiciones en las cuales, además de la irrigación de la zona de la perforación, se requiere cierta preparación, para lograr su desinfección o para recibir el material de reparación. Este es el caso de perforaciones laterales que son tratadas como conductos adicionales. Este tipo de defecto es limpiado, preparado y obturado al igual que el conducto principal^(1,6,24). Otro caso que requiere la preparación del área de la perforación son los defectos que van a ser sellados con amalgama, para evitar su extrusión⁽¹⁾.

En 1962, Nicholls⁽⁶⁾ menciona que si la perforación fue realizada con una fresa muy pequeña, el defecto debe agrandarse cuidadosamente para eliminar los detritos. Más recientemente, Ruddle⁽³⁾ en el 2002 y Tsai *et al.*⁽⁴⁹⁾ en el 2006 recomiendan el uso de los instrumentos ultrasónicos para limpiar y preparar el sitio de la perforación, en el caso que estas sean de larga data o se sospeche de contaminación microbiana.

En cuanto al uso de *medicación intraconducto*, se ha descrito en la literatura que su finalidad es desinfectar los conductos y el sitio de la perforación, así como prevenir la filtración microbiana. El material usado con mayor frecuencia para este fin es el hidróxido de calcio^(22,47,48,58). Se ha señalado que, el hidróxido de calcio también es útil para eliminar el tejido de granulación del interior de la perforación^(22,45,47,58), ayudar a detener la hemorragia^(3,22,45,50,55,59,64), estimular la calcificación^(1,2,12,45,59), disolver tejido necrótico⁽⁴⁹⁾, reducir el riesgo de resorción^(50,68) y disminuir la inflamación de los tejidos perirradiculares^(49,50).

Entre las ventajas que presenta el hidróxido de calcio para ser usado en el tratamiento de las perforaciones endodónticas se mencionan: fácil manipulación, se reabsorbe rápidamente en caso de extrusión hacia los tejidos de soporte y permite la reorganización de los tejidos periodontales⁽⁶⁹⁾.

Se ha demostrado que el hidróxido de calcio produce necrosis de los tejidos con los cuales se pone en contacto⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾. Bramante y Berbert^(69,70) demostraron que por lo general estas áreas de necrosis estaban circunscritas y se observaba una marcada tendencia de reparación. De igual forma, Bogaerts⁽⁴⁷⁾ comenta que la capa de tejido necrótico que se forma en contacto directo con el hidróxido de calcio es un prerrequisito para que ocurra la mineralización.

Sin embargo, De Bruyne *et al.*⁽⁷²⁾ describieron un caso donde ocurrió la necrosis de la encía y la mucosa vestibular de una paciente, luego de colocar hidróxido de calcio como medicación intraconducto en un incisivo central superior que presentaba una perforación que no había sido detectada. Los autores señalan que se extruyó gran cantidad del medicamento a través de la perforación y que debido a que el diente presentaba una dehiscencia por vestibular, el material se puso en contacto con los tejidos blandos causando necrosis (Gráfico 4). Los autores comentan, que si el hidróxido de calcio se extruye, no ocurrirá ningún problema o el mismo será de naturaleza transitoria, mientras no entre en contacto con los tejidos blandos. De igual forma recomiendan que cuando ocurre este tipo de accidente lo más apropiado es remover el material extruído inmediatamente para evitar la quemadura alcalina y el daño extensivo de los tejidos.

En relación al *sellado de la perforación*, Lemon⁽²⁵⁾ menciona que los requerimientos para el sellado no quirúrgico ideal son: 1) sellar el defecto herméticamente con un material biocompatible y que no se reabsorba; 2) evitar la contaminación con sangre del material de reparación y 3) controlar la sobreobturación o subobturación con el material de reparación.

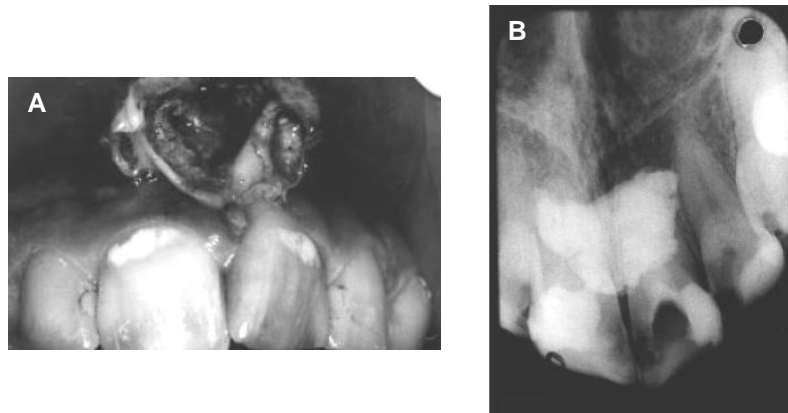


Gráfico 4. (A) Zona necrótica en la encía vestibular que se extiende desde el diente 21 al 11. (B) En la radiografía se observa la extrusión de gran cantidad de hidróxido de calcio a través de la perforación. Tomado de De Bruyne *et al.* 2000⁽⁷²⁾.

La mayoría de los autores^(2,3,6,8,11,12,45,59) hacen la selección del método de sellado de las perforaciones basados en la ubicación del defecto y su relación con la cresta ósea y la adherencia epitelial:

a) Perforaciones por encima de la cresta ósea

Frank⁽⁵⁹⁾ señala que la perforación de las paredes de la corona del diente que se ubica por encima de la cresta ósea, por lo general puede repararse intracoronalmente sin necesidad de intervención quirúrgica.

En este sentido, Fuss y Trope⁽²⁾ refieren que la perforación a nivel de la raíz ubicada por encima de la cresta ósea podría ser sellada externamente, y el material seleccionado para ello dependerá de las consideraciones estéticas. Algunos de los materiales empleados son el ionómero de vidrio, la amalgama o las resinas compuestas^(2,11).

Por su parte, Torabinejad y Lemon⁽¹¹⁾ mencionan que en ocasiones se requiere un curetaje periodontal o un abordaje quirúrgico para colocar, eliminar o alisar el material de reparación. Estos autores mencionan que en

algunos casos puede colocarse una corona con el margen extendido hacia apical para sellar el defecto.

b) Perforaciones a nivel de la cresta ósea

Las perforaciones a nivel de la cresta ósea pueden ocurrir en el piso de la cámara o en el tercio coronario de la raíz. Ruddle⁽³⁾ señala que la principal diferencia existente entre las perforaciones que ocurren en el piso de la cámara y en el tercio coronario de la raíz es la forma del defecto radicular. Así, mientras que por lo general las perforaciones mecánicas que ocurren en el piso de la cámara son redondeadas, las que tienen lugar en las superficies laterales de las raíces son ovaladas.

Debido a su cercanía con la adherencia epitelial y posible comunicación con el surco periodontal, las perforaciones a nivel de la cresta ósea son más susceptibles a que ocurra una migración epitelial y la rápida formación de un saco^(1-4,8,11,35,38-40). Por esta razón, este tipo de defecto es más difícil de manejar⁽²⁾. Numerosos autores coinciden en que las perforaciones a este nivel, deben ser tratadas lo más pronto posible, para reducir la posibilidad de que se establezca una infección microbiana^(1,6,11,12,38,39,41,43,59).

Las perforaciones en el piso de la cámara pulpar (a nivel de la furca) ocurren en dientes multirradiculares, especialmente cuando se realiza la apertura de cámaras poco profundas⁽⁶⁾ o durante la localización de conductos calcificados⁽¹⁾.

Fuss y Trope⁽²⁾ comentan que las perforaciones a nivel de la furca radicular son más problemáticas debido a que causan un daño mecánico considerable y con frecuencia llevan a una comunicación con el surco gingival. Sin embargo, estos autores mencionan que las perforaciones

pequeñas selladas con un material de endurecimiento rápido tiene mejor pronóstico que las perforaciones más grandes debido a que en estos casos, se dificulta el control del material de reparación y con frecuencia ocurre la extrusión del mismo hacia los tejidos periodontales.

Por su parte, Torabinejad y Lemon⁽¹¹⁾ refieren que las perforaciones a nivel de la furca pueden ser de dos tipos: directo y por desgaste. Las primeras ocurren por lo general durante la localización de los conductos y constituyen un defecto de punción; generalmente son accesibles y se pueden reparar por vía ortógrada. Las perforaciones por desgaste son el resultado de una preparación excesiva con limas o fresas Gates-Glidden y con frecuencia son inaccesibles por lo que requieren tratamientos más elaborados.

Nicholls⁽⁶⁾ señala que para tratar las perforaciones a nivel de la furca se debe limpiar el área del defecto por medio de la irrigación y posterior colocación de algún medicamento intraconducto antiséptico. En la siguiente sesión se procede a sellar cuidadosamente la perforación. Por su parte, Ruddle⁽³⁾ comenta que si la perforación es mecánica y acaba de ocurrir, lo más probable es que no esté contaminada. En este caso, y si existe hemostasia, el defecto puede repararse de inmediato. Sin embargo, si la perforación es crónica y hay microfiltraciones, antes de aplicar el material de restauración debe limpiarse y prepararse. El autor refiere que los instrumentos de acabado ultrasónicos son ideales para limpiar el sitio de la perforación, como se mencionó anteriormente.

Una vez preparado debidamente el defecto, se selecciona el material de restauración apropiado, teniendo en cuenta si la estética está o no involucrada⁽³⁾. Si el defecto es muy pequeño o inaccesible para la colocación de algún material restaurador, puede ser sellado con gutapercha y sellador

durante la obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares⁽⁴⁵⁾.

Desde una perspectiva histórica se han utilizado la amalgama⁽¹⁾, el cemento de óxido de zinc y eugenol (ZOE)⁽⁶⁾, el Cavit®^(45,73) y más recientemente, los cementos de óxido de zinc y eugenol mejorados como el Super-EBA® (H.J. Bosworth Co., Skokie, IL) y el IRM® (Caulk, Milford, DE). En la actualidad y a causa de sus muchas propiedades, el Agregado Trióxido Mineral (MTA) se ha convertido rápidamente en el material de elección para la reparación de los defectos del tercio coronario⁽³⁾.

Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ proponen y describen la utilización del MTA para la reparación de las perforaciones. Los autores indican que se deben preparar y obturar los conductos apical al defecto con gutapercha y sellador; luego se mezcla el MTA con agua estéril y se lleva con un porta-amalgama al sitio de la perforación empacándolo con un compactador o una torunda de algodón. Luego de reparar el defecto, se coloca una torunda de algodón húmeda sobre el MTA y se sella la cavidad de acceso con un material provisional. En la siguiente sesión, mínimo 3 a 4 horas después, se coloca la restauración definitiva.

Asimismo, Schwartz *et al.*⁽⁷⁴⁾ describen un caso en el cual emplearon MTA para obturar la porción coronaria del conducto mesiolingual de un molar inferior, el cual había sido perforado hacia el área de la furca. Los conductos distal y mesiovestibular se obturaron con gutapercha y sellador; el conducto mesiolingual se obturó apical al defecto, para luego ser sellada la porción coronal con MTA. A las tres semanas se colocó la restauración definitiva con amalgama. La evaluación clínica y radiográfica a los seis meses no mostró signos o síntomas de patología.

Recientemente en el 2006, Tsai *et al.*⁽⁴⁹⁾ describieron un caso de un premolar superior que presentaba una perforación en el piso de la cámara. Después de localizar y preparar los conductos, colocaron hidróxido de calcio como medicación intraconducto. En la siguiente sesión procedieron a obturar los conductos con gutapercha y sellador y a sellar la perforación con MTA Pro-Root® (Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa UK) con la ayuda de un compactador de Schilder y un algodón húmedo. El diente fue restaurado con una corona sin perno y a los 18 meses de seguimiento no se hallaron signos clínicos ni radiográficos de lesión perirradicular (Gráfico 5).

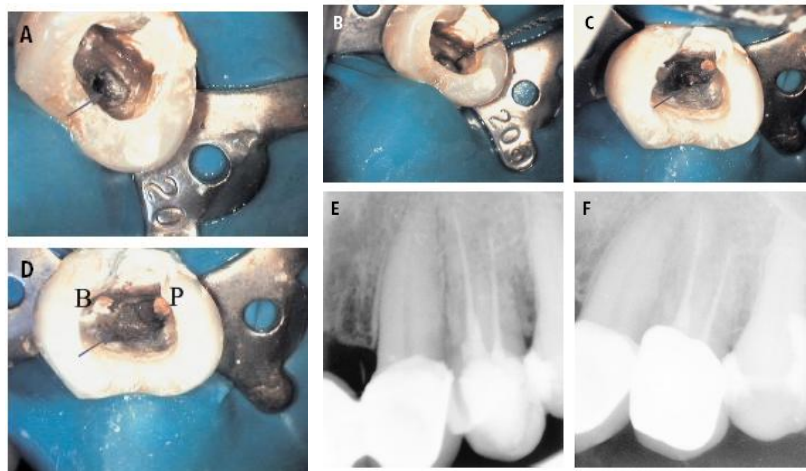


Gráfico 5. (A) Imagen clínica de la cámara pulpar, se observa una perforación en el piso (flecha). (B) El conducto palatino es localizado y permeabilizado distal a la perforación con una lima K # 10. (C) Después de la instrumentación y obturación del conducto se observa claramente el sitio de la perforación (flecha). (D) La perforación es sellada con MTA (flecha). (E) En la radiografía periapical se observa adecuada obturación del conducto y sellado de la perforación. (F) Radiografía periapical a los 18 meses donde se observa adecuada cicatrización ósea. Tomado de Tsai *et al.* 2006⁽⁷⁴⁾.

En el caso de perforaciones grandes a nivel de la furca asociadas a un problema periodontal, Fuss y Trope⁽²⁾ señalan que puede realizarse la hemisección o amputación radicular.

Las perforaciones en el tercio cervical de la raíz pueden ser tratadas básicamente de la misma manera que las perforaciones en el piso de la cámara. La visión y el acceso a estas perforaciones, por lo general son posibles; si embargo, si es necesario mejorarlos, se puede ensanchar cuidadosamente la cámara pulpar y la porción coronal del conducto⁽⁶⁾.

Nicholls⁽⁶⁾ comenta que en el caso de una perforación a este nivel, la limpieza, medicación y obturación de ambos, perforación y conducto, es realizada al mismo tiempo. Sin embargo, cuando el acceso al sitio de la perforación es limitado, es preferible obturar primero la porción del conducto apical al defecto, para luego sellar la perforación y la porción restante del conducto sin que el acceso al conducto sea obstruido.

Se han utilizado muchos materiales para sellar las perforaciones ubicadas en el tercio cervical de la raíz, entre ellos: amalgama, Cavit®, ionómero de vidrio⁽⁵⁹⁾. Fuss y Trope⁽²⁾ señalan que se debe seleccionar un material biocompatible de rápido endurecimiento, para minimizar su efecto sobre el tejido periodontal. Por su parte, Frank⁽⁵⁹⁾ señala que en la actualidad el material más prometedor es el MTA, ya que se ha demostrado que proporciona un excelente sellado y que requiere humedad para su fraguado, lo cual resulta útil en zonas de hemorragia. Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ describen para el sellado de perforaciones a este nivel con MTA el mismo procedimiento que para las perforaciones a nivel de la furca.

Por su parte, Resillez-Urioste *et al.*⁽⁷⁵⁾ emplearon un ionómero-resina Geristore® (Dent-Mat) para sellar dos perforaciones a nivel cervical de un molar superior, una en la cara vestibular de la raíz palatina y la otra en mesial de la raíz distovestibular, debido a que el acceso quirúrgico a ambos defectos requería la remoción de gran cantidad de hueso alveolar, los

autores sellaron tanto la perforación como la totalidad del conducto con este material. A los 16 meses de seguimiento el paciente se encontraba asintomático y radiográficamente se observó evidencia de cicatrización. Los autores señalan que este tipo de abordaje presenta ciertas ventajas: requiere menos sesiones y estas son más cortas, es un procedimiento menos invasivo, mantiene la relación corona-raíz, es menos costoso para el paciente y la recuperación postoperatoria es más rápida.

Cuando las perforaciones del tercio cervical de la raíz son pequeñas, pueden sellarse desde el interior del diente. En el caso de perforaciones muy grandes ubicadas a este nivel, se puede realizar un abordaje quirúrgico para intentar sellar la perforación externamente^(2,11,59,61). Por su parte, Frank⁽⁵⁹⁾ menciona que en casos de perforaciones grandes, es necesario sellarla desde el interior, para luego exponer quirúrgicamente la superficie radicular dañada y repararla. Sin embargo, Torabinejad⁽⁸⁾ comenta que el tratamiento quirúrgico con frecuencia conduce a la formación de un saco periodontal que se extiende hasta la base apical del defecto. Por esta razón, este autor indica que cuando el tratamiento no quirúrgico de estos casos no funciona, se pueden emplear otras alternativas de tratamiento como la hemisección, amputación radicular y extracción.

Otras alternativas de tratamiento para las perforaciones en el tercio cervical de la raíz son la extrusión radicular con ortodoncia^(2,11,45) y el alargamiento de corona; ambos con el objetivo de colocar el defecto por encima de la cresta ósea, para poder sellarla sin necesidad de una intervención quirúrgica; este tipo de tratamiento se puede realizar en zonas donde la estética no esté involucrada⁽¹¹⁾. Este procedimiento también puede ser empleado en zonas estéticas, si el defecto es sellado e incluido en una corona completa⁽⁴⁵⁾.

c) Perforaciones por debajo de la cresta ósea

Generalmente, las perforaciones por debajo de la cresta ósea ocurren en el tercio medio y apical de la raíz. En relación a las perforaciones localizadas más apicalmente a la cresta ósea y la adherencia epitelial, Sinai⁽¹⁾ comenta que no es esencial sellarlas inmediatamente, pero es importante proteger el área de la contaminación para reducir la posibilidad de irritación microbiana y cambios inflamatorios.

- Las *perforaciones en el tercio medio de la raíz*, están localizadas más profundamente y más alejadas de la cavidad de acceso. 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⁽³⁾.

A nivel del tercio medio de la raíz pueden presentarse perforaciones laterales y perforaciones por desgaste, también llamadas perforaciones en banda. Las perforaciones por desgaste presentan diferencias con respecto a las perforaciones laterales; por lo general tienen forma oval, un mayor tamaño, bordes irregulares y más delgados y carecen de una cavidad para retener los materiales de reparación^(49,66); por esta razón ambos tipos de perforaciones difieren en su tratamiento y pronóstico⁽⁶⁶⁾ (Gráfico 6).

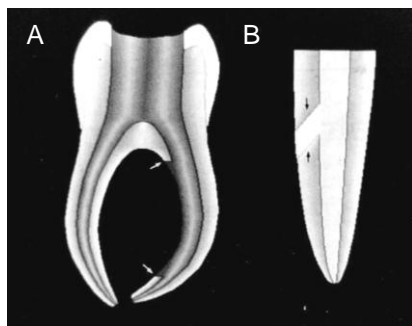


Gráfico 6. (A) Perforación por desgaste de gran tamaño y bordes irregulares, carecen de una cavidad retentiva para el material de obturación (flechas). (B) Perforación lateral de paredes gruesas presenta buenas propiedades retentivas (flechas). Tomado de Allam 1996⁽⁶⁶⁾.

Cuando ocurre una *perforación lateral* de la raíz a nivel del tercio medio, se debe intentar retomar la vía del conducto principal y luego de una adecuada limpieza y preparación proceder a sellar ambas salidas. Sin embargo este abordaje no siempre es posible y en estos casos, se debe establecer una nueva longitud de trabajo confinada dentro de la raíz y luego preparar y obturar el conducto hasta ese nivel^(8,11).

Fuss y Trope⁽²⁾ mencionan que si la perforación a este nivel es reciente y pequeña se puede obturar en la misma sesión con gutapercha y sellador, si es pequeña pero de larga data se debe emplear una medicación intraconducto como el hidróxido de calcio. Por último si la perforación es grande, ya sea reciente o no, se puede tratar en forma similar a un ápice inmaduro, colocando hidróxido de calcio por varios meses, hasta que se forme una barrera de tejido duro y se pueda llevar a cabo la obturación^(1,2,45). Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ indican que el hidróxido de calcio se debe recambiar cada seis semanas, hasta que ocurra la calcificación (de 4 a 6 meses). En relación a este tipo de tratamiento, Kaufman y Keila⁽⁵⁵⁾ comentan que consume tiempo y que el hidróxido de calcio debe ser reemplazado con frecuencia.

Sinai⁽¹⁾ señala que las perforaciones que se extienden diagonalmente a lo largo de la raíz por una distancia que crea el efecto de otro conducto, deben ser tratadas como un conducto adicional en esa raíz. La perforación debe ser limpiada, conformada y obturada al igual que el conducto principal.

Kaufman y Keila⁽⁵⁵⁾ describieron cinco casos de perforaciones laterales y demostraron la eficacia de un método conservador, combinaron el uso del localizador apical y la técnica de obturación con compactación térmica. Para realizar este procedimiento, después de medir con el localizador apical la

distancia a la cual se encuentra la perforación, se seca el conducto y se ajusta un cono de gutapercha 2 tamaños más grandes que la lima usada para detectar la perforación, el cono debe ofrecer fricción 2 milímetros cortos con respecto a la perforación. Luego de limpiar y conformar el conducto principal, se realiza la obturación del conducto apical a la perforación, empleando la técnica de compactación térmica con gutapercha y sellador. Los autores recomiendan prolongar el tiempo de compactación habitual de 6 segundos, a aproximadamente 7 a 9 segundos, sin retirar el compactador. Esto permite la plastificación homogénea de la gutapercha apical, mientras la porción coronaria se mantiene rígida y es removida luego con pinzas. El sitio de la perforación es medido nuevamente con el localizador para asegurar su accesibilidad. La porción apical del cono de gutapercha previamente ajustado para sellar el defecto, se sumerge en sellador, se introduce 2 milímetros corto a la perforación y se realiza la compactación térmica.

Daoudi⁽⁵⁸⁾ describió el manejo de una perforación en el tercio medio de un incisivo lateral superior con la ayuda del microscopio operatorio. Después de la preparación del conducto y la colocación de hidróxido de calcio por 8 semanas, realizó un recambio del medicamento y lo dejó 8 semanas más. En la siguiente sesión procedió a obturar la porción apical del conducto con la técnica de compactación vertical utilizando el instrumento Touch 'n Heat® (Analytic Technology, modelo 5004, Kerr, UK). La perforación fue sellada con gutapercha reblandecida, usando instrumentos para la reparación de perforaciones (West, EIE, San Diego, CA, USA) para empacar el material. Se tomó una radiografía para verificar la calidad del sellado. El resto del conducto fue completamente obturado con gutapercha reblandecida y se tomó una radiografía final. Durante el período de seguimiento a los 3 y 6 meses, la paciente no presentó sintomatología. Se realizó un control a los

tres años, en la radiografía se observó el espacio de ligamento normal sin signos de patología.

En los casos donde el tratamiento no quirúrgico fracase, se debe evaluar el valor estratégico del diente, su localización y el acceso quirúrgico al sitio de la perforación y considerar otras opciones de tratamiento como el sellado del defecto por vía quirúrgica, resección radicular hasta el sitio de la perforación, amputación radicular, hemisección o extracción del diente afectado^(8,11,45).

Las *perforaciones por desgaste* pueden ser producidas por la sobreinstrumentación de una pared delgada de la raíz⁽⁶⁰⁾, por una técnica de instrumentación inadecuada, donde se produce el enderezamiento del conducto en una raíz curva y por el uso de instrumentos mecánicos de gran tamaño como fresas Gates Glidden⁽⁶⁶⁾. Este tipo de perforación usualmente ocurre en la cara distal de la raíz mesiovestibular de molares superiores y en la raíz mesial de molares inferiores, cerca del área de la furca^(60,66). Esto debido a la curvatura y forma de cinta que por lo general presentan estas raíces⁽⁴⁹⁾ (Gráfico 7).

El acceso a este tipo de perforaciones suele ser difícil y su reparación no es predecible, el éxito de la reparación depende de un sellado adecuado de la perforación. Frank señala que por lo general es imposible evitar la sobreextensión del material de reparación, lo cual compromete el sellado y es recomendable emplear una barrera contra la cual condensar dicho material⁽⁵⁹⁾.

Las perforaciones por desgaste del tercio medio con un defecto pequeño, pueden sellarse durante la obturación del sistema de conductos radiculares, siempre que se pueda controlar la hemorragia y secar el conducto^(3,45).

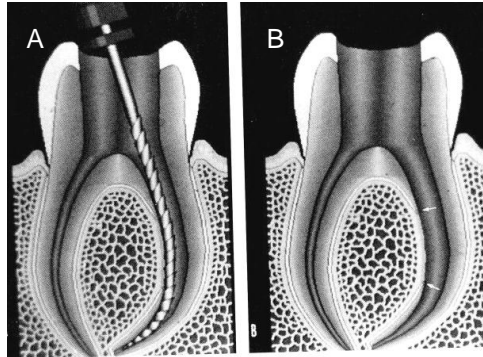


Gráfico 7. (A) La sobreinstrumentación produce el adelgazamiento de la pared interna del conducto. (B) Perforación por desgaste de gran tamaño y bordes delgados (flechas). Tomado de Allam 1996⁽⁶⁶⁾.

En casos de defectos de mayor tamaño, Frank⁽⁵⁹⁾ señala que el sellado de las perforaciones por desgaste se ha intentado tanto por medios no quirúrgicos como quirúrgicos, pero por lo general el tratamiento implica un procedimiento de dos pasos, donde se obturan primero los conductos radiculares y luego se sella el defecto quirúrgicamente.

Por su parte, Allam⁽⁶⁶⁾ refiere que anteriormente el tratamiento para dientes con perforaciones por desgaste era la amputación radicular o la extracción. Este autor propone una técnica en dos fases para el tratamiento de este tipo de perforaciones: 1) fase endodóntica, en esta fase se realiza la obturación del conducto y la perforación con gutapercha, empleando la técnica de compactación lateral seguida de compactación termomecánica, para lograr sobreobturar el área de la perforación y obtener así una obturación densa y hermética; 2) fase quirúrgica, esta fase comienza con un colgajo triangular y el acceso al defecto con una fresa redonda, preservando el hueso cortical coronal a la perforación, luego el exceso de gutapercha es removido con una espátula caliente y bruñido en frío, finalmente el colgajo es

suturado. Allam empleó esta técnica en diez casos obteniendo buenos resultados.

Ruddle⁽³⁾ comenta que si el defecto es grande, hay humedad y no es posible secar definitivamente el conducto, debe sellarse primero la perforación, antes de la obturación. Durante el procedimiento de sellado, es importante prevenir la obstrucción del espacio del conducto radicular. A causa del acceso técnico difícil, la visibilidad limitada y la incertidumbre de encontrar un ambiente sin humedad, el autor menciona que, en estos casos el material a elegir es el MTA. Una vez sellada la perforación con este material, se debe esperar 3 a 4 horas para que endurezca. En la siguiente sesión, el MTA se habrá endurecido y el odontólogo podrá proseguir con el tratamiento necesario.

Tsai *et al.*⁽⁴⁹⁾ describieron el caso de una perforación por desgaste en el conducto distal de un molar inferior que presentaba la anatomía de un conducto en "C"; en la radiografía se observaba pérdida ósea apical y a nivel de la furca. Luego de la instrumentación del sistema de conductos radiculares y la medicación con hidróxido de calcio por un período de 10 meses, se obturó todo el conducto distal y la perforación con MTA Pro-Root®, usando un compactador de Schilder, luego se colocó una torunda húmeda sobre el MTA y se obturó provisionalmente con IRM®. En la siguiente sesión, se comprobó el endurecimiento del MTA y se procedió a obturar el conducto mesial con gutapercha y sellador. En la evaluación de seguimiento a los cuatro meses, no estaban presentes signos ni síntomas y en la radiografía se observó cicatrización a nivel apical. A los nueve meses se observó en la radiografía de control la cicatrización ósea a nivel de la furca. Estos autores concluyen que, aunque no se han descrito casos donde se utilice el MTA para obturar todo el conducto, debido a los buenos

resultados obtenidos, esta puede considerarse una alternativa potencial para sellar perforaciones por desgaste en conductos en “C”.

Tanto las perforaciones laterales como las perforaciones por desgaste podrían requerir de tratamiento quirúrgico, el cual comprende la eliminación del exceso de material fuera de la raíz, sellado complementario con otros materiales, tratamiento periodontal si fuera necesario, hemisección, amputación o el reimplante intencional⁽⁶¹⁾.

- Las *perforaciones en el tercio apical de la raíz* pueden presentarse en la pared lateral de la raíz (creación de un nuevo conducto) o en el forámen apical (sobreinstrumentación)^(11,59).

Si la *perforación apical en la pared lateral de la raíz* es producto de la creación de un escalón y un nuevo conducto, se debe intentar permeabilizar y tratar el segmento apical del conducto y entonces proceder a sellar ambas salidas o agujeros, el natural y el iatrogénico, para este procedimiento es recomendable la obturación con técnicas de compactación vertical con gutapercha reblandecida con calor^(59,60).

Por su parte, Ruddle⁽³⁾ recomienda el uso del MTA Pro-Root® para sellar las perforaciones apicales, en especial cuando no es posible disponer de un ambiente seco y un buen acceso. Para impedir la obliteración del conducto, el autor recomienda la colocación de una lima en el interior del mismo, cuya porción coronal esté por debajo de la superficie oclusal del diente y que permanecerá en el conducto hasta la siguiente sesión. A medida que endurece el MTA, el instrumento se toma con una pinza Stieglitz y se mueve hacia arriba y hacia abajo con movimientos cortos de 1 a 2 milímetros de amplitud. Debe hacerse una radiografía para confirmar la posición del MTA y

la calidad del sellado. Se coloca una torunda de algodón húmeda en contacto con el MTA y se obtura de manera provisional. En una sesión posterior, se retira la lima del conducto y si el MTA tiene consistencia dura, se procede a irrigar y finalizar la preparación, ajustar un cono principal de gutapercha y hacer una obturación tridimensional. Este autor aconseja hacer una obturación provisional de la cavidad de acceso y un seguimiento periódico antes de efectuar una restauración definitiva.

La principal dificultad en el abordaje de este tipo de perforaciones es lograr el acceso y adecuado tratamiento del conducto principal⁽²⁾. Si no es posible tratar el segmento apical del conducto, se debe considerar a la perforación como el agujero apical, obturarlo y decidir luego el tratamiento necesario para la porción no tratada del conducto^(59,60).

En este sentido Nicholls⁽⁶⁾ comenta que el tratamiento depende de la longitud apical del conducto que no es obturada después del tratamiento y el momento en que ocurre la perforación, al comienzo o al final de la limpieza del conducto. Si la distancia entre el ápice y la perforación es mayor de 2 milímetros, o si la perforación ocurre después de un considerable ensanchamiento de la porción apical del conducto, la obturación del conducto y apicectomía estarán indicadas. Si la perforación se encuentra a 2 milímetros o menos del ápice y ocurre al comienzo de la preparación, el tratamiento incluye la obturación del conducto y la evaluación periódica del diente tanto clínica como radiográficamente.

Si se desarrolla o está presente una periodontitis apical crónica, estará indicada la apicectomía⁽²⁾. Delivanis y Goerig⁽⁴⁵⁾ comentan que la apicectomía también está indicada cuando el defecto no pueda ser sellado de una

manera conservadora, siempre que no se comprometa la relación corona-raíz.

Fuss y Trope⁽²⁾ sugieren el mismo protocolo de tratamiento descrito anteriormente para las perforaciones ubicadas en el tercio medio y apical de la raíz, ya que ambas se encuentran por debajo de la cresta ósea. Los autores recomiendan en casos de perforaciones apicales pequeñas y recientes, obturarlas en una sola sesión con gutapercha y sellador; en caso de perforaciones apicales pequeñas pero de larga data, donde se presume la presencia de contaminación, tratarlas con un medicamento intraconducto como el hidróxido de calcio y en una siguiente sesión sellarlas junto con el conducto. Por último estos autores señalan que las perforaciones apicales de gran tamaño, ya sean recientes o de larga data, deben ser tratadas como los dientes con ápice inmaduro, colocando hidróxido de calcio como medicación intraconducto por varios meses hasta la formación de una barrera de tejido duro que permita llevar a cabo la obturación del conducto.

En el caso de una *perforación a nivel del forámen apical* producto de la sobreinstrumentación, la corrección consistirá en establecer la longitud de trabajo más corta que la original, con una lima que tenga fricción en una posición de 1 a 2 milímetros del ápice radiográfico. Luego se ensancha el conducto con 2 o 3 instrumentos más grandes a esa longitud para crear un tope apical dentro de los confines del conducto, de esta manera se evitará la extrusión del material durante la obturación del sistema de conductos radiculares^(8,11,59,60). Otra técnica que se puede emplear para evitar la extrusión del material de obturación, es la colocación de un material que actúe como barrera apical. Los materiales que se han empleado para este procedimiento son virutas de dentina, hidróxido de calcio^(8,59,60), hidroxiapatita^(8,59) y más recientemente el MTA⁽⁵⁹⁾.

Martin *et al.*⁽¹²⁾ describieron un caso de una perforación apical en un segundo premolar superior. Luego de instrumentar la porción coronaria del conducto, colocaron como medicación intraconducto una mezcla de una parte de sulfato de bario por cinco de hidróxido de calcio incorporado con paramonoclorofenol alcanforado. Tres meses después, la paciente se encontraba asintomática y observaron la presencia de un tope apical adecuado, por lo cual decidieron realizar la obturación del conducto con gutapercha y compactación lateral.

Kim *et al.*⁽⁷⁶⁾ realizaron un estudio *in vivo* donde agregaron factores de crecimiento al hidróxido de calcio para tratar perforaciones apicales en dientes con periodontitis apical crónica en perros. Los autores demostraron que esta terapia mejoró el proceso de cicatrización y concluyen que la misma debe ser considerada como un tratamiento prometedor para este tipo de perforaciones.

4.2.2 Empleo de matriz interna

Numerosos autores^(22,25,42,43,58,77,78) coinciden en que el principal problema que presenta el tratamiento no quirúrgico de las perforaciones, es la dificultad de lograr un sellado adecuado del conducto y el defecto sin la considerable extrusión del material de reparación a través de la perforación hacia las estructuras periodontales adyacentes.

La extrusión del material hacia los tejidos periodontales no solo produce una irritación de estos tejidos, sino también un sellado deficiente del defecto, lo cual influye desfavorablemente en la cicatrización^(25,59). En un estudio realizado por Benenati *et al.*⁽⁷⁸⁾, aproximadamente un 69% de los fracasos ocurrió cuando el material de reparación se extendió más allá de la superficie radicular.

En 1992, Lemon⁽²⁵⁾ introdujo el concepto de matriz interna para el tratamiento de las perforaciones radiculares, en el cual una capa intermedia de material es colocada para formar una barrera antes de la colocación del material de reparación. Este autor recomendó el uso de hidroxiapatita como una barrera contra la cual condensar la amalgama (Gráfico 8). Sin embargo, el procedimiento de colocar un material que funcione como matriz, fue descrito anteriormente por otros autores sin definir el concepto^(65,79).

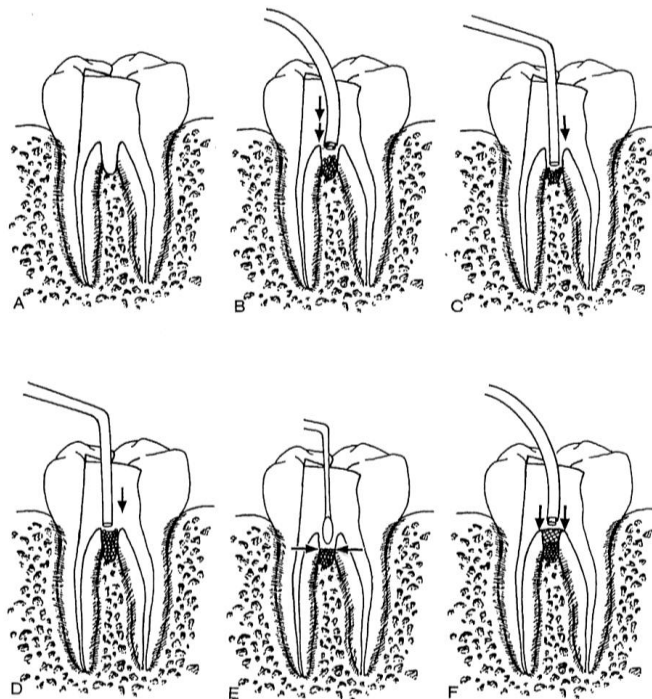


Gráfico 8. Técnica para la colocación de la matriz de hidroxiapatita (HA) y el material de reparación. (A) Perforación en la furca y defecto óseo. (B) Colocación del material de matriz con Prima Endogun®. (C) Condensación de las partículas de HA en el defecto óseo con compactadores endodónticos. Una vez que la hemorragia cesa, puede observarse la perforación. (D) Obturación completa del defecto con HA. (E) La HA es removida hasta el nivel del ligamento periodontal con un excavador endodóntico. (F) El defecto es sellado con un material de reparación como la amalgama. Tomado de Lemon, 1992⁽²⁵⁾.

La matriz interna ayuda a conseguir un campo seco y proporciona una superficie donde puedan condensarse los materiales de reparación^(3,25). Adicionalmente la colocación de una matriz permite desplazar el tejido de

granulación, si está presente, fuera de la perforación, para permitir la reconstrucción exacta de la superficie radicular⁽⁶²⁾.

La matriz interna no está indicada en todas las situaciones, se debe tener un acceso directo al defecto y poder mantener la permeabilidad del sistema de conductos radiculares. Asimismo, no debe existir comunicación de la perforación con un defecto periodontal⁽²⁵⁾.

Lemon⁽²⁵⁾ señala que existen indicaciones y contraindicaciones para la colocación de una matriz interna, entre las indicaciones: a) perforaciones accesibles, ubicadas por debajo de la cresta ósea, de un milímetro o más de diámetro; b) perforaciones grandes ubicadas en el tercio medio o apical de la raíz en conductos rectos y entre las contraindicaciones: a) perforaciones inaccesibles a la colocación de una matriz (como las perforaciones por desgaste; b) perforaciones por encima o a nivel de la cresta ósea.

Este autor⁽²⁵⁾ refiere que los materiales usados como matriz deben cumplir con ciertos requisitos, debido a que no serán removidos después de su colocación. Estos materiales deben satisfacer los criterios de un material para implante: 1) ser biocompatible y no producir respuesta inflamatoria; 2) estar estéril o poder ser esterilizado; 3) poder manipularse dentro del sistema de conductos radiculares y 4) estimular la formación de tejido óseo.

Lemon⁽²⁵⁾ comenta que dentro de los materiales que cumplen estos requisitos se encuentran: el hueso seco congelado, el hueso desmineralizado, el fosfato tricálcico y la hidroxiapatita.

Se han evaluado y utilizado diversos materiales como matriz interna para la reparación de las perforaciones: el hidróxido de calcio^(47,65), el fosfato

tricálcico⁽⁷⁹⁾, el sulfato de calcio (yeso paris)⁽⁸⁰⁻⁸²⁾, la hidroxiapatita^(25,81,83), el HAPSET® (Lifecore Biomedical, Chaska, MN, USA) (65% hidroxiapatita y 35% yeso paris)⁽⁸³⁾ y el colágeno^(3,46,62).

Biggs *et al.*⁽⁶⁵⁾ emplearon hidróxido de calcio como matriz y amalgama como material de reparación en una perforación de 1,5 milímetros de diámetro aproximadamente en el área de la furca de un molar inferior, la cual estaba asociada a una lesión ósea, luego de preparar y obturar los conductos, procedieron a sellar la perforación. Después de un año observaron completa reparación de la lesión.

Bogaerts⁽⁴⁷⁾, describió cinco casos donde empleó hidróxido de calcio como matriz y Super-EBA® como material para el sellado de las perforaciones, obteniendo buenos resultados. El hidróxido de calcio en polvo o pasta se coloca en el defecto, en el caso de la pasta recomienda mezclar el polvo con agua destilada o solución salina. El hidróxido de calcio es empacado con una punta de papel, teniendo cuidado de no empujar cantidades excesivas hacia los tejidos periodontales, luego se remueve el exceso con una cucharita de dentina, un explorador DG16 o un compactador. Se comprueba la calidad de la matriz con una suave presión usando una punta de papel o un compactador (Gráfico 9). El autor no prepara el Super-EBA® según las instrucciones del fabricante, sino en una consistencia de masilla, en una relación de 0,39 gramos de polvo (una medida y media) y 0,5 gramos de líquido (dos gotas pequeñas). El polvo puede ser de endurecimiento regular o rápido y en cantidad suficiente de modo que el material no se pegue a los instrumentos, de igual forma el autor señala que los instrumentos pueden humedecerse con alcohol para evitar que el material se pegue a estos. El Super-EBA® debe ser aplicado sobre la perforación en

pequeñas capas evitando la compactación excesiva para prevenir su extrusión, debido a que es un material no reabsorbible.

Este autor⁽⁴⁷⁾ comenta que, dependiendo de la situación clínica, el sellado del defecto se hace antes o después de la obturación de los conductos; sin embargo, menciona que por lo general se puede sellar la perforación con hidróxido de calcio para controlar la hemorragia, luego obturar los conductos apical al defecto con gutapercha y sellador y finalmente sellar la perforación y la porción coronaria del conducto con Super-EBA®.

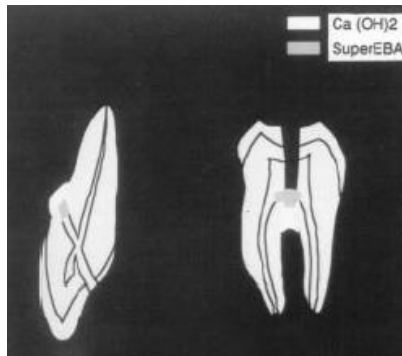


Gráfico 9. Diagrama de la técnica para la reparación de perforaciones empleando hidróxido de calcio como matriz interna y Super-EBA® como material de reparación. Tomado de Bogaerts, 1997⁽⁴⁷⁾

Harbert⁽⁷⁹⁾ empleó fosfato tricálcico como matriz contra la cual condensó amalgama para sellar una perforación en la furca de un molar inferior que presentaba tratamiento de conducto previo. El sellado de la perforación se realizó antes de limpiar y obturar los conductos. Después de dos años se observó cicatrización ósea del área afectada. El autor comenta que el empleo de una matriz permitió la limpieza de los conductos sin irritar los tejidos periodontales, lograr la obturación en un ambiente seco, así como crear una plataforma dura contra la cual condensar la amalgama.

Alhadainy e Himel⁽⁸⁰⁾, realizaron un estudio *in vitro* para evaluar la capacidad del sulfato de calcio (yeso paris) de controlar la extrusión de la amalgama o del ionómero de vidrio fotocurado Vitrebond® (3M, St. Paul, MN) y el efecto de esa matriz sobre el sellado de ambos materiales. Los autores observaron que el sulfato de calcio evitó la sobreextensión de ambos materiales, sin embargo, el mejor sellado se obtuvo con el ionómero de vidrio sin matriz, seguido por el ionómero de vidrio sobre el sulfato de calcio. Los autores sugieren que la presencia de detritos de sulfato de calcio en las paredes de la perforación, interfirió con la adhesión del ionómero de vidrio a la dentina.

En un estudio similar, Alhadainy y Abdalla⁽⁸¹⁾, emplearon sulfato de calcio e hidroxiapatita como matriz debajo de ionómero de vidrio fotocurado Vitrebond®. La diferencia con el estudio anterior radica en que una vez endurecida la matriz, se prepararon las paredes de dentina con una fresa nº 33 para crear una cavidad con el piso conformado por sulfato de calcio o hidroxiapatita, por lo cual denominaron este procedimiento como la técnica del piso artificial. Ambos materiales mejoraron significativamente la capacidad de sellado del Vitrebond® y evitaron la sobreextensión. Los autores concluyen que la remoción de los detritos del material de matriz mejoró las propiedades de adhesión del ionómero de vidrio, lo cual se tradujo en un mejor sellado.

Jantarat *et al.* ⁽⁸²⁾ evaluaron *in vitro* la capacidad de sellado de la amalgama y un ionómero de vidrio reforzado con plata Ketac-Silver® (ESPE, Seefeld, Alemania) colocados con o sin una matriz de sulfato de calcio, empleando la técnica de filtración bacteriana. Las bacterias (*Streptococcus sobrinus*) se colocaron en la cámara pulpar y se registró el tiempo en que se observó crecimiento bacteriano en un medio que cubría la superficie

radicular. El sulfato de calcio mejoró el sellado con amalgama pero no con el Ketac-Silver®. El Ketac-Silver® sin el uso de matriz produjo el mejor sellado, sin embargo todos los materiales mostraron filtración a los 22 días del experimento. Los autores concluyeron que el sellado de las perforaciones en la furca no constituye una barrera efectiva contra la filtración bacteriana, por lo tanto un adecuado sellado coronario puede jugar un papel clave en el éxito clínico. Adicionalmente se observó que el sulfato de calcio previno la extrusión de ambos materiales. Por esta razón recomiendan el uso de una matriz para prevenir la extrusión del material de reparación aún cuando su efecto en el mejoramiento del sellado sea limitado.

Imura *et al.*⁽⁷⁷⁾ realizaron un estudio en molares extraídos para evaluar el sellado de: la amalgama, la resina compuesta, la resina compuesta sobre el sulfato de calcio y la resina compuesta sobre el hidróxido de calcio en perforaciones a nivel de la furca, midiendo la microfiltración coronaria de tinta india. Tanto el sulfato de calcio como el hidróxido de calcio evitaron la sobrextensión de la resina cuando se colocaron debajo de este material. Con todos los materiales se observó penetración de tinta en diferentes grados pero sin diferencia significativa.

Rafter *et al.*⁽⁸³⁾ realizaron un estudio *in vivo* en monos donde evaluaron la respuesta de cicatrización después de reparar una perforación en la furca con o sin el uso de una matriz interna, empleando hidroxiapatita y HAPSET® (65% hidroxiapatita no resorbible y 35% sulfato de calcio) como material de matriz y amalgama como material de reparación. En sus resultados observaron que en el período inicial del estudio, una semana, todos los especímenes mostraron inflamación aguda severa, la cual podía ser atribuida al trauma mecánico de la perforación. En el grupo donde se colocó amalgama sin matriz, esta reacción severa continuó durante todo el período

experimental, debido a la extrusión del material hacia el hueso subyacente. En ambos grupos donde se empleó una matriz, al mes se observó el encapsulado fibroso del material de matriz y a los siete meses un 75% de las muestras estaban libres de inflamación. No encontraron diferencias significativas entre los materiales de matriz usados. En cuanto al tipo de cicatrización observada en este estudio, se evidenciaron dos tipos: regeneración y reparación. En base a estos resultados, los autores concluyen que la respuesta de cicatrización es mejor cuando se emplea una matriz, ya sea HAPSET® o hidroxiapatita, en la reparación de las perforaciones a nivel de la furca radicular (Gráfico 10).

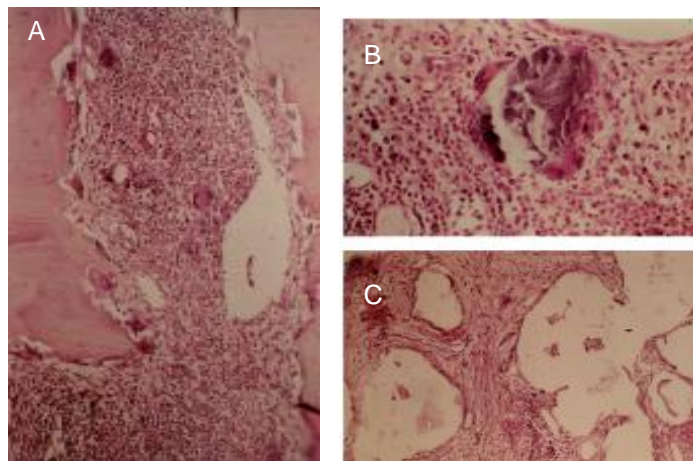


Gráfico 10. (A) Reacción inflamatoria severa asociada a una perforación sellada con amalgama sin el empleo de matriz. Hematoxilina y eosina; magnificación original x160 (B) Respuesta del tejido conectivo a HAPSET®, reacción de células gigantes. Hematoxilina y eosina; magnificación original x400. (C) Respuesta del tejido conectivo a HAPSET®, células gigantes y fibras colágenas bien orientadas. Hematoxilina y eosina; magnificación original x160. Tomado de Rafter *et al.*, 2002⁽⁸³⁾.

Bruder *et al.*⁽⁴⁶⁾ recomiendan el uso de una barrera bioreabsorbible, la cual es condensada dentro de la perforación y el espacio periodontal para proveer un ambiente libre de humedad y un tope para la colocación del material de sellado. Los autores comentan que el colágeno bovino Collacote® (Calcitek,

Plainsboro, NJ, EE.UU.) satisface estas especificaciones, por lo cual lo emplean como matriz sobre la cual condensar materiales como el Super-EBA® o el MTA.

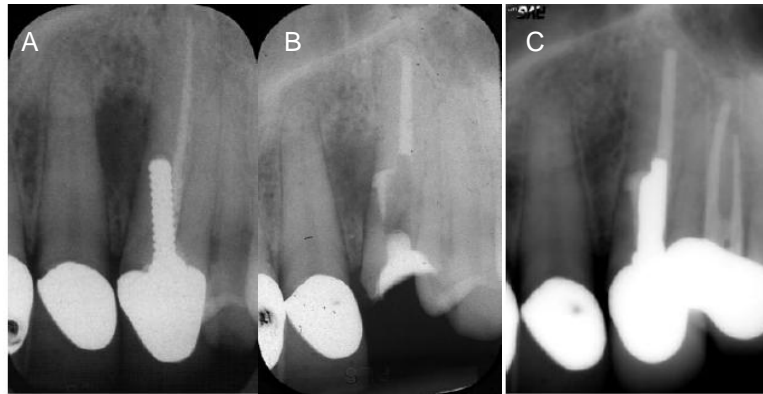


Gráfico 11. (A) Radiografía preoperatoria del diente 23, se observa una obturación poco homogénea y una lesión radiolúcida lateral. (B) Radiografía tomada después de la repetición del tratamiento de conducto y el sellado de la perforación con MTA, empleando colágeno como matriz. (C) Radiografía de seguimiento a los 5 años donde se observa el espacio del ligamento periodontal y completa cicatrización ósea. Tomado de Bargholz 2005⁽⁶²⁾.

Recientemente, Bargholtz⁽⁶²⁾ en el 2005, presentó un concepto de matriz modificado, en el cual, a diferencia de otros conceptos de tratamiento^(25,47,79), se emplea colágeno, un material completamente reabsorbible como matriz, para luego sellar el defecto con MTA. Esto resulta no solo en la reparación del defecto, sino que promueve la cicatrización del ligamento periodontal. El autor usó pequeños pedazos de colágeno Kollagen-Resorb® (Resorba, Nuremberg, Alemania) para empujar y mantener el tejido de granulación fuera de la raíz, luego con un dispositivo de aplicación MTA-gun® (Dentsplay Maillefer) colocó el MTA en capas encima del colágeno hasta reparar la perforación, debido a la consistencia del MTA, en ningún momento se requiere ejercer presión. El autor describió el empleo de esta técnica en dos casos con un seguimiento de cinco años, donde se observó una excelente

cicatrización con una visible continuidad del espacio del ligamento periodontal (Gráfico 11).

La mayoría de los autores^(25,46,47,62,65,77,79,80-83) coincide en que el empleo de una matriz interna evita la extrusión del material de reparación y provee una superficie contra la cual condensar dicho material.

4.2.3 Empleo de magnificación

Las lentes de aumento, las lámparas frontales y los aparatos de transiluminación facilitan la visión y constituyen coadyuvantes muy útiles en el tratamiento de las perforaciones. El microscopio operatorio odontológico ha mejorado la visión y la predictibilidad de las reparaciones no quirúrgicas; además ha disminuido la necesidad de la intervención quirúrgica y sus riesgos asociados⁽³⁾.

Con la utilización del microscopio operatorio y los microinstrumentos endodónticos, se extrema la exactitud en la colocación del material para lograr hemostasia y una matriz contra la cual condensar el material de reparación⁽⁸⁴⁾; de igual forma, es posible comprimir el material dentro del defecto exactamente a nivel de la superficie radicular^(46,84). Este material se transporta en cantidades progresivas con la ayuda de un dispensador o de instrumentos pequeños y cualquier exceso puede ser detectado y eliminarlo con una cucharita de dentina o cureta pequeña y así mantener los márgenes bien definidos⁽⁸⁴⁾.

Bargholtz⁽⁶²⁾ recomienda el uso del microscopio operatorio durante el sellado de las perforaciones debido a que la observación directa del sitio de la perforación es útil para controlar la colocación correcta del material de reparación y evitar el bloqueo inadvertido del conducto radicular.

Daoudi y Saunders⁽⁸⁵⁾ realizaron un estudio *in vitro* para evaluar el efecto de la utilización del microscopio operatorio en la calidad de la reparación de perforaciones en la furca de molares humanos extraídos. En los resultados no se observó diferencia significativa en la calidad de la reparación con o sin el uso del microscopio. Los autores concluyeron que, bajo las condiciones de su estudio, el microscopio operatorio facilitó el procedimiento de reparación, pero no tuvo efecto en el resultado del mismo.

4.3 Tratamiento quirúrgico

4.2.1 Procedimiento

El tratamiento quirúrgico de las perforaciones está indicado cuando el abordaje no quirúrgico fracasa; cuando el sitio del defecto es inaccesible por vía ortógrada^(48,64); cuando es necesario el manejo concomitante de los tejidos periodontales⁽²⁵⁾; en perforaciones de gran tamaño donde no exista una superficie contra la cual colocar el material de reparación y en defectos donde exista una excesiva extrusión de material⁽³⁶⁾.

El objetivo del tratamiento quirúrgico de las perforaciones es producir un ambiente que conduzca a la regeneración de los tejidos periodontales^(13,36).

Regan *et al.*⁽³⁶⁾ señalan que no siempre existe una distinción bien definida entre los casos que deben ser tratados con un abordaje no quirúrgico o los que deben tratarse quirúrgicamente; y que con frecuencia debe adoptarse una combinación creativa de ambos procedimientos.

La decisión de reparar una perforación por medio de un abordaje quirúrgico, solo puede tomarse después de haber realizado una serie de consideraciones. Esas consideraciones incluyen las siguientes:

¿Puede lograrse un acceso y visibilidad adecuados?

¿Se puede evitar el daño a estructuras anatómicas adyacentes?

¿Puede la reparación de la perforación originar un defecto periodontal no manejable? ^(36,86)

Gutmann y Harrison⁽³⁷⁾ mencionan que, en la mayoría de los aspectos el tratamiento quirúrgico de las perforaciones es más difícil que la cirugía apical, además la interpretación radiográfica de estos casos presenta más dificultades para el diagnóstico y la evaluación post-quirúrgica. Los autores indican que el tratamiento quirúrgico depende del acceso al defecto y su relación con la cresta ósea y la adherencia epitelial.

En los casos de *perforaciones por encima de la cresta ósea* donde exista comunicación con el surco gingival o se ha formado un saco periodontal, varios procedimientos pueden ser empleados. Se puede realizar un colgajo y posicionarlo apicalmente o realizar un alargamiento de corona clínica⁽³⁷⁾.

Si la perforación se encuentra por encima de la cresta ósea pero apical a una adherencia epitelial intacta, al realizar el tratamiento quirúrgico, es muy difícil mantener esta adherencia, por lo cual puede ser necesario un pequeño ajuste de los tejidos blandos⁽³⁷⁾.

En algunas situaciones, el tratamiento quirúrgico de estos casos podría crear un resultado estético no aceptable o comprometer el soporte de los dientes adyacentes. En estos casos se puede plantear otra opción de tratamiento como la extrusión ortodóncica forzada⁽⁴⁵⁾.

En el caso de *perforaciones ubicadas a nivel de la cresta ósea* donde los tejidos periodontales se encuentran sanos, se puede levantar un colgajo mucoperióstico de espesor total, limpiar el área del defecto y sellarlo con

amalgama, resina compuesta o ionómero de vidrio. En estos casos puede ser necesario un pequeño remodelado óseo, para reposicionar los tejidos⁽³⁷⁾.

Las perforaciones ubicadas en el tercio medio de la raíz presentan mayores dificultades en cuanto a la interpretación radiográfica y el acceso al defecto. Las perforaciones ubicadas en mesial o distal son más difíciles de tratar que las vestibulares, mientras que los defectos localizados en la cara lingual de la raíz presentan la mayor dificultad, siendo con frecuencia imposibles de tratar debido al limitado acceso quirúrgico⁽³⁷⁾.

Luego de localizar la perforación, se realiza el acceso quirúrgico por medio de un colgajo y la remoción de tejido óseo si es necesaria⁽³⁷⁾. Es importante conservar en lo posible, la mayor cantidad de hueso cortical localizado coronalmente al defecto^(66,86). Luego se procede a limpiar el área para eliminar el tejido de granulación y el exceso de material de obturación si está presente, por último se prepara y sella el defecto⁽³⁷⁾. Anteriormente se recomendaba la preparación de una cavidad clase I con la finalidad de retener el material de reparación (amalgama, ZOE)^(37,86), sin embargo, en la actualidad con el empleo de nuevos materiales esta cavidad no es necesaria y la limpieza y preparación del defecto puede realizarse con instrumental ultrasónico⁽³⁾.

Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ recomiendan el uso de MTA para el sellado quirúrgico de las perforaciones. Los autores comentan que, debido a que el material tarda de 3 a 4 horas en endurecer, es importante controlar completamente la hemorragia antes de sellar la perforación, porque de lo contrario el material se tornaría muy blando e imposible de manejar. Después de mezclar y colocar el MTA, se retiran los excesos con una cucharita de

dentina o una gasa húmeda. No se debe irrigar el área después de colocar el MTA en el sitio de la perforación.

Yildirim y Dalci⁽⁵⁰⁾ describieron el caso de un incisivo central superior que presentaba una perforación hacia la cara vestibular del tercio medio de la raíz. No fue posible el acceso al defecto por vía ortógrada debido a su localización y al excesivo sangrado. Durante la primera sesión, se limpió y preparó el conducto, luego se colocó hidróxido de calcio como medicación intraconducto. Después de un mes, la hemorragia disminuyó pero no se logró secar el conducto completamente, por lo que se decidió realizar un abordaje quirúrgico para sellar el defecto. Se procedió a levantar un colgajo mucoperióstico de espesor total y realizar una ventana ósea para exponer el defecto. Después de limpiar el área quirúrgica se irrigó y obturó el conducto con gutapercha y sellador. Luego se selló la perforación con MTA y obturó temporalmente la cavidad de acceso. A la semana se colocó la restauración definitiva. El paciente fue evaluado cada tres meses, a los 15 meses de seguimiento se encontraba asintomático y no se observaron cambios patológicos en la radiografía (Gráficos 12 y 13). Basados en el resultado de este caso, los autores concluyen que el MTA demostró ser efectivo para sellar perforaciones grandes y cercanas al tercio coronario de la raíz, por debajo de la cresta ósea.



Gráfico 12. (a) Incisivo central superior derecho. Note el material radiopaco desconocido dentro del conducto radicular. (b) Se colocó hidróxido de calcio dentro del conducto, puede observarse la extrusión del material a través de la perforación. Tomado de Yildirim y Dalci, 2006⁽⁵⁰⁾.



Gráfico 13. (a) El sitio de la perforación es expuesto por una ventana ósea. (b) La perforación es sellada con MTA. (c) La restauración permanente es colocada. (d) Radiografía a los 3 meses, no se observan cambios patológicos. (e) Radiografía de seguimiento a los 15 meses. Tomado de Yildirim y Dalci 2006⁽⁵⁰⁾.

Un procedimiento similar fue llevado a cabo por Behnia *et al.*⁽⁴⁸⁾, en un incisivo lateral superior que presentaba tratamiento de conducto previo, un perno y una perforación localizada en el tercio medio de la raíz hacia la zona distovestibular. En la primera sesión se retiró el perno, se irrigó y se colocó hidróxido de calcio como medicación intraconducto. A la semana siguiente, se realizó un abordaje quirúrgico y no quirúrgico combinado. Se removió la obturación provisional de la cavidad de acceso y se levantó un colgajo mucoperióstico de espesor total; con una cureta se eliminó el tejido de granulación que estaba presente en el sitio de la perforación y a nivel del ápice del diente afectado y con una fresa se expuso el sitio del defecto. Luego se adaptó un perno Luminex Light-Transmitting® (Dentatus), de modo que quedara 2 a 3 milímetros corto a la superficie radicular. Previa preparación con ácido y adhesivo del conducto y el defecto, se colocó Geristore® dentro del conducto y se insertó el perno. El perno se utilizó para empujar el ionómero resina dentro del conducto, adaptándolo a sus paredes y para que, una vez retirado, dejara el espacio para la colocación de un

perno prefabricado con la orientación adecuada. Se fotocuró en el sitio de la perforación y en el extremo coronario del perno, los excesos del material se eliminaron del sitio de la perforación con una fresa de acabado. En este caso también fue necesario realizar la resección apical y obturación a retro, para la cual se empleó el mismo material. Se reposicionó y suturó el colgajo, se retiró el perno Luminex® y se colocó una obturación provisional. A los dos meses se colocó la restauración definitiva. En la radiografía de seguimiento al año se observó evidencia de cicatrización en el sitio de la perforación y a nivel apical (Gráfico 14).

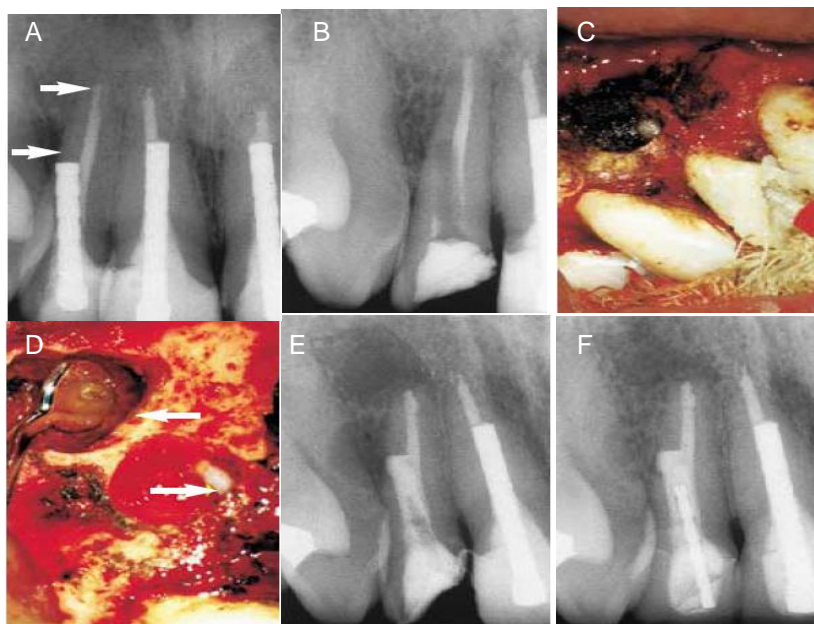


Gráfico 14. (A) Radiografía preoperatoria. Las flechas indican lesiones radiolúcidas en el tercio medio de la raíz por distal y en el área apical. (B) Radiografía tomada después de la remoción del perno. (C) Ajuste del perno Luminex Light-Transmitting® (Dentatus), después de la inyección del Geristore®. (D) El Geristore fue utilizado para sellar la perforación y para la obturación retrógrada (flechas). (E) Radiografía tomada inmediatamente después de la cirugía. (F) Radiografía de seguimiento al año. Tomado de Behnia *et al.*, 2000⁽⁴⁸⁾.

Otra opción de tratamiento, si existe soporte óseo, la longitud de la raíz es adecuada y el diente no está sometido a una excesiva demanda funcional, sería remover la estructura radicular hasta el sitio de la perforación para eliminar el defecto, sin embargo esta no es una situación frecuente⁽³⁷⁾.

En los casos de perforaciones producidas durante la preparación del espacio para perno, donde el perno no va a ser removido, se puede desgastar cuidadosamente el perno hasta que se encuentre dentro de la raíz y luego sellar la perforación^(37,86).

Las *perforaciones apicales* pueden ser manejadas quirúrgicamente como otro punto de salida del sistema de conductos radiculares y por lo general puede realizarse la apicectomía y la obturación a retro^(6,37,45); siempre que la relación corona-raíz resultante sea aceptable^(36,45).

4.3.2 Empleo de regeneración tisular guiada (RTG)

La regeneración tisular guiada (RTG) es definida por la Academia Americana de Periodontología como los procedimientos utilizados para regenerar estructuras periodontales perdidas por medio de una respuesta diferencial del tejido. En este sentido, Rankow y Krasner señalan que la cicatrización de la superficie radicular con tejido conjuntivo y hueso funcionalmente orientados, es considerada “regeneración”⁽⁸⁷⁾.

La RTG está basada en el hecho de que diferentes células colonizan la herida a velocidades diferentes. Las células de tejido blando son considerablemente más móviles que las de tejido duro. Por esta razón, tienden a migrar más rápido dentro de la herida durante la cicatrización⁽³⁶⁾. Una barrera colocada entre el tejido gingival y la superficie radicular expuesta, evita la rápida colonización de esta superficie por células

gingivales y promueve la repoblación selectiva por células del ligamento periodontal, con lo cual se logra la regeneración del aparato de inserción^(36,87,88).

El tipo de cicatrización que ocurre después de la RTG no ha sido determinado, esta podría implicar una o una combinación de varias modalidades: regeneración del aparato de inserción periodontal (hueso alveolar, ligamento periodontal y cemento), formación de hueso nuevo con una cápsula fibrosa alrededor de la raíz afectada, anquilosis de la raíz afectada o algún otro mecanismo⁽⁶³⁾.

Las membranas pueden ser agrupadas en dos categorías reabsorbibles y no reabsorbibles. Las membranas no reabsorbibles, requieren una segunda intervención quirúrgica después de varios meses para ser removidas. Las membranas reabsorbibles, se reabsorben lentamente por hidrólisis y son reemplazadas gradualmente por tejido periodontal, eliminando la necesidad de una segunda intervención quirúrgica⁽⁸⁹⁾. Se ha descrito un índice de éxito similar en la promoción de una nueva adherencia para ambos tipos de membranas⁽⁸⁷⁾, sin embargo, Regan⁽³⁶⁾ señala que las membranas resorbibles, por lo general son más convenientes para los procedimientos endodónticos, como la reparación quirúrgica de las perforaciones, debido a que no requieren una segunda cirugía para ser retiradas.

Con frecuencia, las membranas requieren de un soporte para no colapsar dentro del defecto. En estos casos se puede emplear un material de injerto que le proporcione el soporte necesario a la membrana⁽³⁶⁾. Este material de injerto tiene dos funciones principales, la primera servir de estructura mecánica para soportar la membrana y los tejidos blandos^(36,63); la segunda

función es actuar como un componente biológico que facilite la regeneración ósea^(36,63,88).

La membrana debe extenderse 2 a 3 milímetros más allá de los márgenes del defecto óseo^(36,63,88). Al suturar la herida, debe asegurarse que la membrana se encuentre completamente cubierta por el colgajo. La compresión postoperatoria de los tejidos no es recomendable, ya que la membrana podría colapsar dentro del defecto⁽³⁶⁾.

Varios autores han descrito el uso de procedimientos de RTG luego del abordaje quirúrgico de lesiones de origen endodóntico^(63,88-92).

Rankow y Krasner⁽⁸⁷⁾ categorizaron las situaciones clínicas donde podría utilizarse el procedimiento de RTG para tratar lesiones óseas de origen endodóntico: a) patología periapical sin comunicación con la cresta alveolar; b) patología periapical con comunicación con la cresta alveolar (dehiscencia vestibular o palatina, pérdida de hueso proximal, surcos de desarrollo; c) pérdida ósea en la furca o la raíz causada por perforaciones (perforaciones en furca con o sin comunicación con la cresta ósea, perforaciones radiculares con pérdida ósea que se extiende hasta la cresta alveolar); d) resorción radicular cervical; e) fractura radicular oblicua y f) aumento de la cresta (en conjunción con resección radicular o extracción).

Por otra parte, es importante conocer los signos clínicos y radiográficos que pudieran sugerir la presencia de la pérdida parcial o total del hueso cortical, para poder realizar un adecuado diagnóstico y tratamiento, entre ellos: la presencia de una fístula en o cerca de la unión mucogingival (mientras más coronalmente se localice la fístula hay mayor probabilidad de que este tipo de defecto esté presente); la presencia de inflamación aislada

alrededor del área; el adelgazamiento de la mucosa sobre la cara vestibular de la raíz y la evidencia radiográfica de lesión periapical que se continúa hacia el aspecto lateral de la raíz, asociada con pérdida de la lámina dura o ensanchamiento del espacio del ligamento⁽⁹⁰⁾.

Durante el abordaje quirúrgico de una perforación, el acceso para preparar y sellar el defecto puede resultar en la pérdida significativa de hueso cortical e inserción periodontal. Esta pérdida de hueso cortical y adherencia epitelial pueden comprometer el resultado de la cirugía perirradicular^(36,90). En este sentido, Duggins *et al.*⁽⁶³⁾ mencionan que el objetivo final del tratamiento sería sellar el defecto con un material biocompatible y mantener intacto el aparato de inserción periodontal.

Estos autores⁽⁶³⁾ describieron el caso de un molar superior con una perforación por desgaste en la raíz mesiovestibular a nivel de la furca radicular. La perforación impedía el acceso a los dos tercios apicales del conducto. El procedimiento realizado incluyó la obturación a retro y sellado de la perforación con IRM®. Debido a la gran cantidad de tejido óseo removido para lograr el acceso, preparación y sellado de la perforación, se llevó a cabo la técnica de RTG. Emplearon hueso desmineralizado seco-congelado (demineralized cancellous, small chips; Dental Bone, Michigan Tissue Bank) para rellenar el defecto óseo y una membrana de politetrafluoroetileno no reabsorbible, Gore-Tex® modificada (W. L. Gore & Associates, Inc., Flagstaff, Arizona). A los siete meses se realizó la cirugía para retirar la membrana y se observó la formación de tejido duro en el área de la dehiscencia. El paciente fue evaluado periódicamente y 15 meses después de la cirugía, se le realizó una prótesis fija de tres unidades.

Goon y Lundergan⁽⁹¹⁾ describieron el tratamiento de una perforación a nivel de la furca de un molar inferior con tratamiento de conductos previo, asociada a una gran pérdida ósea a este nivel. En primer lugar se realizó la repetición del tratamiento de conductos y el sellado interno de la perforación con gutapercha termoreblandecida. Luego se realizó el procedimiento de RTG con una membrana de politetrafluoretileno Gore-Tex®. A las siete semanas la membrana fue retirada. Se observó la regeneración de hueso a nivel de la furca. Sin embargo, a los 6 meses se observó que la regeneración del hueso era más lenta, por lo que se sospechó que el sellado de la perforación no fue adecuado. Se decidió sellar la perforación por vía ortógrada con un sellador endodóntico a base de ionómero de vidrio Ketac-Endo® (ESPE, Seefeld, Germany) e IRM®. Al año de seguimiento, la regeneración ósea se completó.

Rankow y Krasner⁽⁸⁷⁾ describieron el caso de un primer molar superior con una perforación en la raíz mesiovestibular, asociada a la colocación de un perno. Luego de levantar un colgajo mucoperióstico de espesor total, se observó pérdida ósea en el área de la furca. Se procedió a eliminar el tejido de granulación y localizar el defecto, el cual fue preparado con ultrasonido y fresas a alta velocidad y sellado con Super-EBA®. El defecto óseo se relleno con hueso desmineralizado seco-congelado y se colocó una membrana no reabsorbible de politetrafluoretileno Gore Tex®, la cual fue removida después de un mes. En la evaluación de seguimiento al año, el diente se encontraba asintomático y presentaba un sondaje normal.

White y Certosimo⁽⁹²⁾ utilizaron la RTG para tratar una lesión periodontal persistente originada por una perforación en la superficie mesial de la raíz de un canino superior. La perforación fue sellada con ionómero de vidrio después de preparar el área con una fresa de carburo de cono invertido. El

defecto óseo se rellenó con un injerto de hueso descalcificado seco-congelado mezclado con clorhidrato de tetraciclina. Por último se cubrió el defecto con una membrana no reabsorbible de politetrafluoretileno, la cual fue retirada a las seis semanas. A los dos años de seguimiento se comprobó clínica y radiográficamente la formación de nuevo tejido óseo.

Zenobio y Shibli⁽⁸⁸⁾ describieron dos casos de perforaciones asociadas a una gran pérdida ósea, las cuales fueron tratadas con RTG e injerto óseo. Para este procedimiento se empleó una membrana de colágeno reabsorbible y un injerto de hueso desmineralizado seco-congelado Dembone® (Pacific Coast Tissue Bank, Los Angeles, CA) Después de un período de seguimiento de 2 a 4 años, se observó mínima pérdida de inserción y evidencia radiográfica de formación de tejido óseo. Los autores concluyeron que los resultados demuestran la eficiencia de la RTG en combinación con un injerto óseo (Gráfico 15).

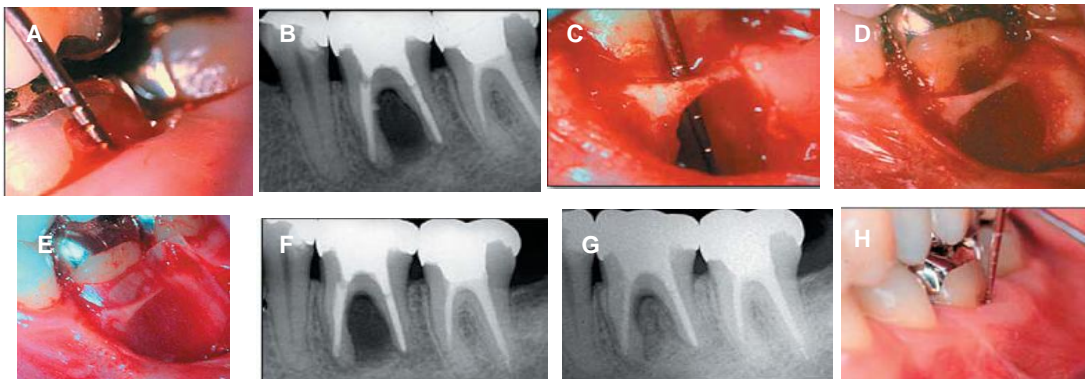


Gráfico15. Empleo de la RTG en el tratamiento quirúrgico de una perforación en un primer molar inferior. (A) Evaluación prequirúrgica, presenta sangrado al sondaje de 7 milímetros. (B) Radiografía donde se observa el defecto óseo y la perforación. (C) Vista vestibular del defecto después del desbridamiento. (D) Colocación del injerto óseo en el defecto. (E) Colocación de la membrana periodontal. (F) Radiografía de seguimiento a los 6 meses. (G) Radiografía de seguimiento a los 12 meses. (H) Examen clínico a los 12 meses de seguimiento, se observa disminución de la profundidad del sondaje. Tomado de Zenobio y Shibli 2004⁽⁸⁸⁾.

El empleo RTG con o sin injerto óseo, convierte a la cirugía endodóntica en un procedimiento más predecible, aumentando las posibilidades de éxito⁽⁸⁹⁾. De esta forma permite conservar dientes que anteriormente se hubieran extraído^(87,89).

4.3.3 Empleo de magnificación

El uso del microscopio operatorio durante el procedimiento de reparación quirúrgica de las perforaciones es un gran adelanto a las lentes de aumento y las lámparas frontales, este aporta mayor iluminación y aumento del campo quirúrgico. Una vez realizado el abordaje a la perforación, se debe examinar el defecto con un explorador microquirúrgico y cualquier cuerpo extraño debe ser retirado manualmente o con el uso de irrigación estéril. De ser necesario preparar el defecto, debe hacerse de manera conservadora con el uso de instrumental ultrasónico. Es importante minimizar cualquier trauma en los alrededores de la superficie radicular. Una vez que se consigue un campo quirúrgico seco, se puede proceder a la reparación con el material adecuado^(84,93).

5. MATERIALES EMPLEADOS EN EL SELLADO DE LAS PERFORACIONES

5.1 Consideraciones generales

La selección del material a utilizar para el sellado de las perforaciones debe estar basada en un adecuado juicio clínico⁽⁴⁸⁾. Varios autores coinciden en que para alcanzar el objetivo del tratamiento de las perforaciones, se debe emplear un material que proporcione un sellado adecuado, evite la filtración microbiana y que no sea irritante^(2,43,45,64).

Asimismo, Balla *et al.*⁽³⁹⁾ señalan que el grado de respuesta de los tejidos al sellado de la perforación depende, entre otros factores, de la capacidad de sellado y la citotoxicidad de los materiales de reparación. Menezes *et al.*⁽⁶⁷⁾ comentan que el uso de materiales de reparación inadecuados puede ser un factor que afecte de manera negativa el pronóstico de los procedimientos de sellado de las perforaciones.

Regan *et al.*⁽³⁶⁾ destacan que la selección del material para el sellado de una perforación estará determinada en parte por la ubicación del defecto. En este sentido señalan que las perforaciones que se encuentran por encima de la cresta ósea requieren el uso de un material resistente a la disolución en los fluidos bucales y a la abrasión y erosión por alimentos, dentífricos y otros elementos para la higiene oral; entre estos materiales mencionan la amalgama y las resinas compuestas. Los autores comentan que materiales como el IRM®, el Super-EBA® o el MTA no se consideran adecuados para esta situación. Sin embargo, recientemente Menezes *et al.*⁽⁶⁷⁾ describieron un caso de una perforación por encima de la cresta ósea reparada con MTA, la cual a los 15 meses de seguimiento demostró buenos resultados (Gráfico 16). En el caso de perforaciones en el área subgingival, se han empleado la resina-ionómero como el Geristore® y los compómeros como el Dyract® (Dentsply-De-Trey, Konstanz, Alemania). Por último, Regan *et al.* mencionan que para la reparación de perforaciones ubicadas por debajo de la cresta ósea, existen materiales como resinas compuestas, ionómeros de vidrio, el Diaket® (ESPE/Premier, Alemania/EEUU) que es un sellador endodóntico a base de una resina polivinílica y el MTA⁽³⁶⁾.

Adicionalmente, Ruddle⁽³⁾ comenta que la selección del material depende del acceso al defecto, la capacidad para controlar la humedad y de las consideraciones estéticas.

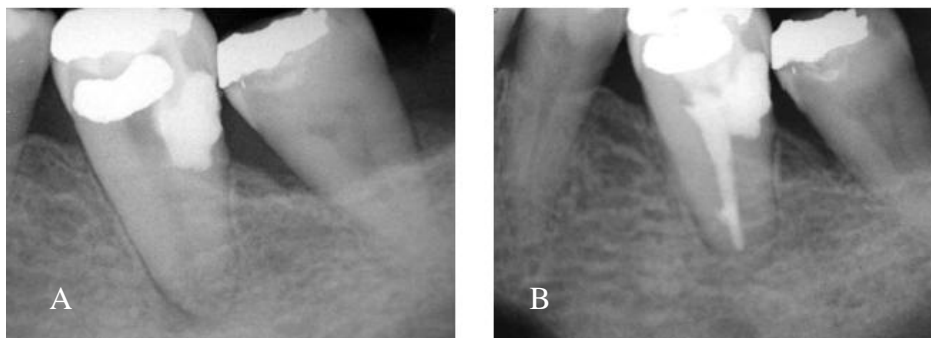


Gráfico 16. (A) Radiografía periapical inicial que sugiere la presencia de una perforación supracrestal en un diente monorradicular. (B) Radiografía periapical de seguimiento a los 15 meses. Se observa el sellado adecuado de la perforación con MTA y la reparación del área radiolúcida periapical. Tomado de Menezes *et al.*, 2005⁽⁶⁷⁾.

Las características del material ideal para la reparación de las perforaciones han sido descritas por numerosos autores. Entre estas se pueden mencionar: excelente capacidad de sellado^(15,94,95,96,97,98), biocompatible^(13,36,94,95,96,97,98), bioactivo (capaz de promover la regeneración de los tejidos perirradiculares)^(13,95,96,97), no reabsorbible^(36,94,98), radiopaco^(97,98), bacteriostático⁽⁹⁸⁾, fácil de manipular⁽³⁶⁾, dimensionalmente estable⁽⁹⁷⁾, insoluble en los fluidos tisulares^(13,97) y estéticamente aceptable⁽³⁶⁾.

Numerosos materiales han sido evaluados y utilizados para el sellado de las perforaciones: amalgama^(1,39,65,43,51,77-80,82,83,94,95,102-120), gutapercha^(1,51,55,58,56,78), hidróxido de calcio^(39,76), fosfato tricálcico⁽³⁹⁾, ZOE⁽⁶⁾, Cavit®^(4,73), cementos a base de ZOE reforzados: IRM®^(63,91,95,104,107,112,113,120,124-127) y Super-EBA®^(46,47,87,102,107-109,113,119,122,123,127,128), ionómero de vidrio^(43,80-82,85,92,95,102,108-111,129,131-135), resina compuesta⁽⁷⁷⁾, ionómero-resina (Geristore®)^(36,48,75,106,120,125,136-141), MTA^(13,49,50,62,64,65,67,74,85,93,100,103,104,106-109,112,113,115-117,119,120,142-182), cemento de Pórtland^(153,166,172,183-186).

A continuación se describen los materiales evaluados y empleados con mayor frecuencia en el sellado de las perforaciones endodónticas.

5.2 Amalgama

5.2.1 Composición

La amalgama es un material para restauraciones que es trabajado a partir de la mezcla de un polvo con un líquido. El líquido de este material metálico es el mercurio y el polvo es una aleación del tipo compuesto intermetálico, de plata y estaño, identificada como fase gamma. A esta aleación se le puede incorporar cobre para obtener propiedades mecánicas (resistencia) más elevadas y en ocasiones zinc para facilitar la fabricación y posterior manipulación de la aleación⁽⁹⁹⁾.

5.2.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

La amalgama posee elevada rigidez (alto módulo de elasticidad), elevada resistencia compresiva, resistencia traccional y flexural. Asimismo este material presenta ligera contracción, a veces ligera expansión, durante el endurecimiento⁽⁹⁹⁾; no presenta solubilidad⁽¹⁰⁰⁾ y su radiopacidad es equivalente a 10 milímetros de espesor de aluminio⁽¹⁰¹⁾.

Capacidad de sellado

La mayoría de los estudios *in vitro* han demostrado que la amalgama posee igual^(77,102) o menor^(82,103,104) capacidad de sellado que otros materiales empleados en el sellado de perforaciones.

Por su parte, Imura *et al.*⁽⁷⁷⁾ compararon la capacidad de sellado de la amalgama con la de la resina compuesta con o sin el empleo de matriz

interna, midiendo la penetración de tinta india; en sus resultados observaron penetración de tinta en todos los grupos experimentales sin diferencia significativa entre ellos.

Lee *et al.*⁽¹⁰⁴⁾ demostraron igual filtración de tinta (azul de metileno) en perforaciones laterales selladas con amalgama, con IRM® y menor filtración con MTA. Asimismo, Nakata *et al.*⁽¹⁰³⁾ demostraron que la amalgama fue inferior al MTA en prevenir la filtración de *Fusobacterium nucleatum* en perforaciones a nivel de la furca.

Moloney *et al.*⁽¹⁰²⁾ realizaron un estudio *in vitro* para evaluar y comparar la capacidad de sellado de la amalgama con un barniz cavitario, el Super-EBA® y el Ketac-Silver® en perforaciones laterales en dientes monorradiculares humanos extraídos, midiendo la penetración de un radioisótopo (calcio-45). Los autores concluyeron que la amalgama con barniz cavitario provee un sellado satisfactorio, el cual fue superior al del Ketac-Silver® e inferior al del Super-EBA®.

Por su parte, Dazey y Senia⁽⁹⁴⁾ compararon la capacidad de sellado de la amalgama Tytin® (Kerr Manufacturing Co., Romulus, MI) sin el uso de barniz cavitario, el Ketac-Silver® y un hidróxido de calcio fotocurado, Prisma VLC Dycal® (L.D. Caulk, Co., Milford, DE) en perforaciones laterales. En sus resultados observaron penetración de azul de metileno en toda la longitud de las perforaciones selladas con amalgama y Ketac-Silver® y concluyeron que estos materiales tienen poca capacidad de sellado. Prisma VLC Dycal® mostró menor penetración lineal de tinta que el resto de los materiales evaluados.

La amalgama presentó mayor filtración que el ionómero de vidrio Chelon-Silver® (ESPE, Seefeld, Germany) en perforaciones a nivel de la furca, empleando la técnica de filtración de fluidos⁽⁴³⁾. De igual forma, la amalgama, con o sin el empleo de una matriz de yeso parís, presentó menor sellado que el ionómero de vidrio Ketac-Silver® con la técnica de filtración bacteriana (*Streptococcus sobrinus*)⁽⁸²⁾.

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁵⁾ realizaron un estudio donde demostraron que la contaminación con sangre no afectó el sellado de la amalgama y que este fue comparable con el del IRM® y el Super.EBA® e inferior al sellado de el MTA.

La reparación de perforaciones con frecuencia es realizada en presencia de infección o inflamación perirradicular, lo cual podría significar un pH ácido y este a su vez podría afectar la adhesión, inhibir la reacción de endurecimiento o aumentar la solubilidad de algunos materiales. Por esta razón, Roy *et al.*⁽¹⁰⁶⁾ realizaron un estudio para comparar la capacidad de sellado de varios materiales expuestos a diferentes valores de pH. Los autores demostraron que un pH ácido (5,0) no afectó el sellado de la amalgama, sin embargo, este material presentó mayor filtración en comparación con el resto de los materiales evaluados.

Biocompatibilidad

En un estudio realizado por Snyder *et al.*⁽⁹⁵⁾ la amalgama fue el único de los materiales evaluados que demostró una disminución de los niveles de ARNm para una proteína de la matriz ósea (osteocalcina), la cual es una indicadora de la actividad formadora de hueso. Los autores comentan que el mercurio presente en este material pudiera ser el responsable de este efecto inhibitorio.

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁷⁾ demostraron que la amalgama recién mezclada y a las 24 horas fue significativamente menos citotóxica que el MTA, el Super-EBA® y el IRM®, empleando la técnica de recubrimiento de agar . Estos autores emplearon el método de liberación de radiocromo y demostraron que la amalgama fue más citotóxica que el MTA pero menos que el Super-EBA® y el IRM®.

En un cultivo *in vitro* de fibroblastos gingivales humanos y células L-929, llevado a cabo por Osorio *et al.*,⁽¹⁰⁸⁾ la amalgama demostró altos niveles de citotoxicidad. En un estudio reciente, Souza *et al.*⁽¹⁰⁹⁾ demostraron que, aún cuando se ha descrito la toxicidad potencial del mercurio y la tendencia de liberar elementos tóxicos, la amalgama exhibió poca citotoxicidad sobre fibroblastos V79, siendo menor que la de otros materiales; sin embargo esta fue mayor que la del MTA. En este mismo estudio, al emplear células progenitoras de granulocitos-macrófagos, la amalgama resultó más citotóxica que el Super-EBA®, la gutapercha y el MTA, inhibiendo por completo la formación de colonias.

En un estudio realizado por Makkawy *et al.*⁽¹¹⁰⁾ la amalgama demostró un nivel de biocompatibilidad similar o ligeramente inferior que el inómero de vidrio modificado con resina, en células del ligamento periodontal. Tai y Chang⁽¹¹¹⁾, en un estudio *in vitro*, demostraron que la amalgama Synalloy®, (Dentoria, Francia) tuvo un ligero efecto inhibitorio en el número de células del ligamento periodontal, el cual fue menor que el del resto de los materiales evaluados: inómero de vidrio modificado con resina y resina compuesta.

Thomson *et al.*⁽¹¹²⁾ observaron en un estudio *in vitro*, que los cementoblastos no se adhieren bien a la amalgama; estas células se encontraban dispersas y generalmente redondeadas debido al encogimiento

del citoplasma. Los autores señalan que estos resultados sugieren cierto grado de citotoxicidad de este material.

En un estudio realizado por Balla *et al.*⁽³⁹⁾ la amalgama fue empleada para sellar perforaciones en la furca de molares de monos. En la evaluación histológica se observó ausencia de cicatrización completa y de formación de tejido duro. Los autores señalan que la inflamación presente en el área de la furca podía ser debida a la inadecuada capacidad de sellado de los materiales empleados. Rafter *et al.*⁽⁸³⁾ también emplearon amalgama para sellar perforaciones en la furca de molares de mono con o sin el empleo de una matriz interna y observaron una respuesta inflamatoria severa con intentos de encapsulación fibrosa en los casos donde no se colocó la matriz.

Torabinejad *et al.*⁽¹¹³⁾ realizaron implantes de varios materiales en el hueso del maxilar inferior y la tibia de cerdos de guinea. La reacción a la amalgama fue similar en ambos sitios; la cantidad de inflamación adyacente a los implantes de amalgama fue significativamente mayor que para los otros materiales. Sin embargo, la reacción inflamatoria, por lo general fue moderada y no severa como la descrita para este material cuando es usado como retroobtusión^(114,115); los autores señalan que esta diferencia se debe a la presencia de contaminación microbiana en esos casos⁽¹¹³⁾.

Luego de ser implantada en el tejido conectivo de ratas, la amalgama demostró ser bien tolerada, mostrando una respuesta inflamatoria favorable a los 90 días del período de observación⁽¹¹⁶⁾. En un estudio similar la amalgama mostró una respuesta inflamatoria más severa que el MTA gris y el MTA blanco, luego de 3 y 7 días de ser implantada en el tejido conectivo de ratas, sin embargo a las tres semanas no hubo diferencias significativas entre los grupos incluyendo el grupo control⁽¹¹⁷⁾.

En general, los estudios sugieren que la amalgama demuestra poca biocompatibilidad con los tejidos a corto plazo, la cual mejora en períodos de observación más largos⁽¹¹⁸⁾.

Propiedades antimicrobianas

La amalgama, en un estudio de difusión en agar realizado por Torabinejad *et al.*⁽¹¹⁹⁾ no tuvo efecto antibacteriano sobre ninguna de las especies bacterianas evaluadas (nueve anaerobias facultativas y siete anaerobias estrictas). Sin embargo, en otro estudio realizado por Eldeniz *et al.*⁽¹²⁰⁾ con la prueba de contacto directo, se observó que la amalgama, a pesar de no mostrar inhibición completa de las bacterias evaluadas, tuvo cierta actividad antibacteriana, la cual mencionan los autores, podría explicarse por las propiedades oligodinámicas de este material, como consecuencia de la presencia de mercurio y cobre en su estructura.

Se ha señalado que la amalgama presenta las siguientes desventajas: filtración inicial, corrosión secundaria, contaminación con mercurio y estaño, sensibilidad a la humedad, necesidad de realizar la preparación de una cavidad, pigmentación de tejidos blandos y duros, dispersión de partículas de amalgama⁽⁹⁷⁾, no es un material estético y debido a la necesidad de ser condensada dentro del defecto, aumenta la probabilidad de extrusión hacia los tejidos periodontales contribuyendo con la presencia de inflamación crónica⁽⁹⁴⁾. Debido a estas desventajas y a los resultados de la mayoría de los estudios anteriormente mencionados que comparan desfavorablemente la amalgama con otros materiales; se han desarrollado y evaluado otros materiales para el sellado de las perforaciones.

5.3. Cementos a base de óxido de zinc-eugenol reforzados: Super-EBA®, IRM®

5.3.1 Composición

Los cementos a base de óxido de zinc-eugenol reforzados fueron creados para aumentar la resistencia y disminuir el tiempo de fraguado de los cementos de ZOE⁽⁹⁷⁾. Entre estos cementos, el Super-EBA® y el Material de Restauración Intermedio IRM® son los empleados con mayor frecuencia en el sellado de perforaciones.

El Super-EBA® (H.J. Bosworth Co., Skokie, IL) es un cemento a base de óxido de zinc-eugenol reforzado con óxido de aluminio. El polvo está compuesto por un 60% de óxido de zinc, un 34% de óxido de aluminio y un 6% de resina natural. El líquido contiene un 62,5% de ácido ortoetoxibenzoico y un 37,5% de eugenol. De igual forma, el IRM® (Caulk, Milford, DE) es un cemento a base de óxido de zinc-eugenol reforzado con polimetilmetacrilato. El polvo está constituido en un 20% por polimetilmetacrilato y en un 80% por óxido de zinc; el líquido contiene un 99% de eugenol y 1% de ácido acético^(97,121).

5.3.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

Se ha descrito que los cementos a base de óxido de zinc-eugenol reforzados presentan las siguientes propiedades: fácil manipulación, tiempo de trabajo adecuado, dimensionalmente estables, fácilmente adaptables a las paredes de las preparaciones, no se disuelven en los fluidos tisulares, no sufren oxidación ni corrosión, son radiopacos, toleran la humedad, no producen cambios de coloración en el diente ni en los tejidos adyacentes y su comportamiento es predecible en el tiempo^(121,122).

Capacidad de sellado

Weldon *et al.*⁽¹²³⁾ realizaron un estudio empleando la técnica de filtración de fluidos donde demostraron que el Super-EBA® presentó mayor capacidad de sellado que el MTA y que el MTA cubierto por Super-EBA® en perforaciones a nivel de la furca, pero únicamente a las 24 horas; durante el resto del estudio no se observaron diferencias significativas entre ninguno de los materiales evaluados. Los autores concluyen que todos los materiales demostraron un buen sellado.

Por su parte, Moloney *et al.*⁽¹⁰²⁾ demostraron que el Super-EBA® resultó superior a la amalgama y al ionómero de vidrio Ketac-Silver® en el sellado de perforaciones laterales en dientes extraídos.

En un estudio realizado por Lee *et al.*⁽¹⁰⁴⁾ quienes simularon las condiciones clínicas de humedad en el sitio de la perforación, se observó que el IRM® demostró igual filtración de azul de metileno que la amalgama y mayor que el MTA en perforaciones laterales. Los autores comentan que es posible que la humedad disminuya la capacidad de sellado de los cementos a base de óxido de zinc-eugenol reforzados y que debido a que por lo general el sitio de la perforación está contaminado con sangre o fluidos tisulares, estos materiales no son los indicados para el sellado de perforaciones.

Biocompatibilidad

Osorio *et al.*⁽¹⁰⁸⁾ en un estudio *in vitro* demostraron que el Super-EBA® presentó altos niveles de citotoxicidad en un cultivo de fibroblastos gingivales humanos y células L-929. Asimismo, Souza *et al.*⁽¹⁰⁹⁾ demostraron que el Super-EBA® resultó más citotóxico que la gutapercha, la amalgama y el MTA

sobre fibroblastos V79 y menos que el ionómero de vidrio. El efecto citotóxico de este material fue menor sobre granulocitos-macrófagos.

Empleando los métodos de recubrimiento de agar y de liberación de radiocromo, Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁷⁾ observaron que el Super-EBA® resultó más citotóxico que la amalgama y el MTA y menos que el IRM®. Cuando se empleó el método de liberación de radiocromo, el Super-EBA® recién mezclado resultó menos citotóxico que el endurecido. En este estudio, el IRM® resultó más citotóxico que la amalgama, el MTA y el Super-EBA® con el método de recubrimiento de agar y el IRM® recién mezclado resultó menos citotóxico que el endurecido, los autores señalan que esto puede deberse a la desintegración del IRM® y liberación de su contenido de eugenol. Resultados similares se observaron en el estudio realizado por Koulaouzidou *et al.*⁽¹²⁴⁾ donde el IRM® resultó el más citotóxico de los materiales evaluados y a medida que aumentó el período de incubación aumentó su citotoxicidad.

Varios estudios *in vitro* han evaluado la citotoxicidad del IRM® por medio de la observación con el microscopio electrónico de barrido de la morfología celular en presencia de este material. Diferentes tipos de células: fibroblastos gingivales⁽¹²⁵⁾, cementoblastos⁽¹¹²⁾ y osteoblastos⁽¹²⁶⁾ se observaron dispersos y redondeados debido al encogimiento del citoplasma en presencia del IRM®. Los autores señalan que estos resultados sugieren cierto grado de citotoxicidad de este material^(112,125,126).

En un estudio realizado por Snyder *et al.*⁽⁹⁵⁾ el IRM® produjo un ligero incremento en los niveles de osteocalcina y osteopontina, dos proteínas indicadoras de actividad formadora de hueso. Los autores señalan que el zinc tiene un efecto estimulador de formación ósea en cultivos tisulares.

Kettering y Torabinejad⁽¹²⁷⁾ demostraron empleando la prueba Ames que el IRM® y el Super-EBA® no son mutagénicos.

El Super-EBA® produjo ligera inflamación al ser implantado en el maxilar inferior de cerdos de guinea, de igual forma, se observó tejido conectivo fibroso adyacente a este cemento en todas las muestras. Los autores concluyen en base a estos resultados que el Super-EBA® es un material biocompatible⁽¹²⁸⁾. En un estudio similar el Super-EBA® y el IRM® al ser implantados en la tibia y el maxilar inferior de cerdos de guinea produjeron una respuesta tisular similar, la cual fue menor que la de amalgama y mayor que la del MTA⁽¹¹³⁾.

Propiedades antimicrobianas

Torabinejad *et al.*⁽¹¹⁹⁾ observaron en su estudio que el Super-EBA®, al igual que el ZOE, presentó cierta actividad antibacteriana sobre algunas bacterias anaerobias facultativas y algunas anaerobias estrictas; la cual, señalan los autores, es debida a la presencia de eugenol libre en la mezcla.

En un estudio llevado a cabo por Eldeniz *et al.*⁽¹²⁰⁾ se observó que el IRM® al igual que el MTA Pro-Root® inhibieron con mayor potencia el crecimiento bacteriano en comparación con otros materiales evaluados, entre ellos el Geristore® y la amalgama.

5.4 Cementos de Ionómero de Vidrio

5.4.1 Composición

Los cementos de ionómero de vidrio, son materiales basados en agua⁽¹²⁹⁾, los cuales endurecen por una reacción ácido-base y la formación de una sal de estructura nucleada. Todo ionómero presenta dos componentes: un polvo (base) compuesto por un vidrio de aluminosilicato y un líquido (ácido)

constituido por una suspensión acuosa de ácidos policarboxílicos (más correctamente denominados polialquenoicos), entre los que se encuentran: ácido poliacrílico, ácido maleico, ácido tartárico y ácido itacónico. Esta es la composición de los ionómeros denominados convencionales o tradicionales⁽¹³⁰⁾.

Los cementos de ionómero de vidrio convencionales pueden ser reforzados por medio de la incorporación de algún metal al vidrio, por lo general plata, para formar los denominados “cerments”⁽¹³⁰⁾. Algunas marcas comerciales de este tipo de ionómeros reforzados con metal son Ketac-Silver® y Chelon-Silver®.

Los cementos de ionómero de vidrio también pueden ser reforzados por medio de la adición de resina soluble en agua, para producir los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina. El propósito de agregar la resina, fue mejorar las propiedades físicas y reducir la sensibilidad al equilibrio hídrico de los cementos convencionales⁽¹²⁹⁾. Los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina experimentan dos tipos de reacción: reacción de polimerización y reacción ácido-base⁽¹³¹⁾. Estos cementos pueden estar modificados con resinas de fotopolimerización o de autopolimerización⁽¹³⁰⁾. Algunas marcas comerciales de este tipo de ionómeros reforzados con resina son Vitrebond®, Fuji Duet®, Fuji II® (LC, GC América, Chicago, IL) y Vitremer® (3M Dental Products, ST Paul MN, USA).

5.4.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas de los cementos de ionómero de vidrio son: liberación de fluoruros, adhesión a las estructuras dentarias, rigidez y baja solubilidad⁽¹³⁰⁾. Adicionalmente, este material presenta ciertas

características que favorece su utilización para el sellado de perforaciones: no requiere ser condensado, puede ser aplicado pasivamente en el sitio de la perforación sin ejercer presión, por lo cual se minimiza la irritación mecánica a los tejidos periodontales, presentan adecuada radiopacidad, rápido endurecimiento y son de fácil manipulación⁽⁴³⁾.

Capacidad de sellado

Fuss *et al.*⁽⁴³⁾ realizaron un estudio *in vitro* para evaluar la capacidad de sellado de Chelon-Silver® y compararla con la de la amalgama en perforaciones grandes en la furca de molares humanos extraídos, empleando el método de filtración de fluidos. Los autores observaron que Chelon-Silver® presentó una capacidad de sellado significativamente superior a la amalgama y concluyeron que este material es adecuado para sellar perforaciones en furca.

Jantarat *et al.*⁽⁸²⁾ en un estudio *in vitro*, evaluaron la capacidad de sellado de la amalgama y el Ketac-Silver® con y sin una matriz de yeso parís, en perforaciones en la furca de molares extraídos, empleando la técnica de filtración bacteriana (*Streptococcus sobrinus*). El mejor sellado se obtuvo con Ketac-Silver® con o sin matriz, sin embargo, a lo 22 días todos los materiales filtraron completamente. Los autores comentan que, debido a la dificultad de obtener un buen sellado de la perforación, un adecuado sellado coronario y el efecto antibacteriano de un medicamento intraconducto, juegan un papel importante en el éxito clínico.

Daoudi y Saunders⁽⁸⁵⁾ evaluaron *in vitro* el sellado de perforaciones en la furca de molares extraídos, empleando un ionómero de vidrio modificado con resina Vitrebond® y MTA (ProRoot®), con y sin el uso del microscopio operatorio. Se colocó una torunda de algodón húmeda en el área de la furca

para simular la condición clínica. La filtración fue medida usando tinta india. Los resultados demostraron que las perforaciones reparadas con MTA mostraron significativamente menor filtración que las reparadas con Vitrebond®. Un 90% de las perforaciones selladas con Vitrebond® presentaron signos de filtración, los autores señalan que este resultado posiblemente es debido a que la humedad presente en el sitio de la perforación pudo interferir con la adhesión del material a la dentina.

En un estudio *in vitro* realizado por Moloney *et al.*⁽¹⁰²⁾ el Ketac-Silver® produjo menor sellado en perforaciones laterales comparado con la amalgama con un barniz cavitario y el Super-EBA®. Los autores atribuyen estos resultados a la dificultad de llevar el ionómero de vidrio a lo largo de un defecto largo y estrecho, como es el caso de este tipo de perforaciones.

Biocompatibilidad

En un estudio realizado por Snyder *et al.*⁽⁹⁵⁾ el Ketac-Endo® fue el único de los materiales evaluados que causó un aumento estadísticamente significativo en los niveles de ARNm de la osteopontina.

Al-Sabek *et al.*⁽¹²⁵⁾ demostraron que el ionómero de vidrio convencional Ketac-Fil® (Espe GmbH, Alemania) resultó citotóxico a los fibroblastos gingivales humanos, observándose estas células en menor cantidad y con apariencia redondeada. Asimismo, Osorio *et al.*⁽¹⁰⁸⁾ demostraron que el Ketac-Silver® presentó altos niveles de citotoxicidad. Sin embargo, en un estudio realizado por Koulaouzidou *et al.*⁽¹²⁴⁾ el ionómero de vidrio Fuji II® resultó ser un material biocompatible, los autores comentan que la diferencia entre su estudio y el estudio de Osorio *et al.* se debe a la presencia de plata en el Ketac-Silver® la cual podría ser responsable del mayor grado de citotoxicidad.

Makkawy *et al.*⁽¹¹⁰⁾ demostraron en un estudio *in vitro* que el ionómero de vidrio modificado con resina (Fuji Duet® y Fuji II®), presenta un nivel de biocompatibilidad similar o ligeramente superior a la amalgama en células del ligamento periodontal, lo cual, comentan los autores, se complementa con la ventaja de adherirse a la estructura dental húmeda y hace de este material una alternativa para el sellado de perforaciones.

En un estudio *in vitro* llevado a cabo por Tai y Chang⁽¹¹¹⁾, el ionómero de vidrio modificado con resina Fuji II® resultó citotóxico a las células del ligamento periodontal, su citotoxicidad fue menor que la de la resina compuesta Spectrum® (Dentsply Ltd., Konstanz, Alemania) pero mayor que la de la amalgama. De igual forma, en un estudio realizado por Huang *et al.*⁽¹³²⁾ el ionómero de vidrio modificado con resina, Fuji II®, resultó ser citotóxico a fibroblastos gingivales humanos al inhibir el crecimiento y proliferación celular, siendo menos citotóxico que la resina compuesta Spectrum® y más citotóxico que el compómero Compoglass® (Vivadent, Liechtenstein). Los autores comentan que los materiales resinosos pueden liberar sustancias una vez expuestos a medios acuosos por períodos prolongados, causando moderadas reacciones de citotoxicidad y posible contribución al fracaso de la reparación de perforaciones y agregan que, por esta razón, es necesaria una óptima polimerización.

Souza *et al.*⁽¹⁰⁹⁾ observaron que el cemento de ionómero de vidrio Vitremer 3M® fue el más citotóxico de los materiales evaluados, entre ellos: la amalgama, el Super-EBA®, el MTA y la gutapercha; ejerciendo una inhibición dosis-dependiente de la viabilidad celular y causando separación y pérdida de células a dosis efectivas. Los autores señalan que los comonomeros, aditivos y el fluoruro liberado han sido implicados en la reacción citotóxica producida por este material.

Propiedades antimicrobianas

Varios estudios han demostrado el efecto antimicrobiano de los cementos de ionómero de vidrio, y que este efecto es mayor que el de otros materiales como la amalgama y la resina compuesta⁽¹²⁹⁾. La actividad antibacteriana de estos cementos, ha sido atribuida generalmente a la liberación de fluoruros y al bajo pH durante su endurecimiento^(129,133). Sin embargo, otros elementos liberados han sido señalados como posibles antibacterianos entre ellos el zinc y el ácido polialquenoico, actuando solos o sinérgicamente con el pH y el fluoruro⁽¹²⁹⁾.

Mount⁽¹³⁴⁾ señala que algunas bacterias, especialmente *Streptococcus mutans*, son incapaces de prosperar en presencia de fluoruros. Por su parte, Vermeersch *et al.*⁽¹³⁵⁾ evaluaron la actividad antibacteriana de varios productos dentales sobre *Streptococcus mutans*. En este estudio, todos los cementos de ionómero presentaron propiedades antibacterianas a diferencia de las resinas modificadas con poliácido y las resinas compuestas que no presentaron ningún efecto antibacteriano. De igual forma, se observó una relación directa entre la acidez del material y la inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans*.

5.5 Resina-Ionómero. Geristore® (DenMat, Santa María, CA, USA)

5.5.1 Composición

La resina-ionómero es una clase nueva de material restaurador que ha sido utilizada recientemente para sellar perforaciones. Este material es denominado de diferentes maneras por varios autores: resina-ionómero^(36,125,136), resina compuesta modificada con poliácido^(125,137), Bis-GMA hidrofílica⁽¹³⁸⁾, híbrido ionómero-resina compuesta^(120,139). Al-Sabek *et al.*⁽¹²⁵⁾ describen a la resina-ionómero como una resina modificada con poliácido no acuoso, la cual es hidrofílica y de curado dual. Por su parte Hickel *et al.*⁽¹³⁷⁾

menciona que las resinas modificadas con poliácido pueden ser de dos tipos: de dos componentes como el Geristore® y Variglass® (Dentsply, York, PA) y de un componente, a los cuales se les ha denominado compómeros, entre los cuales se encuentran Dyract® y Compoglass®. Entre estos materiales el Geristore® ha sido el más estudiado para su uso en el sellado de perforaciones endodónticas^(36,48,75,125).

La resina-ionómero Geristore® está compuesta por un vidrio que libera fluoruro, principalmente fluorosilicato de bario y una matriz orgánica polimerizable (Bis-GMA modificada, incluyendo 2-HEMA) combinada con un fotoiniciador⁽¹²⁵⁾.

5.5.2. Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

Entre sus propiedades se encuentran: polimerización de curado dual, adhesión a la dentina y al cemento, liberación de fluoruro, radiopacidad, bajo coeficiente de expansión térmica, baja contracción de polimerización^(75,125), condensabilidad, superficie dura e insolubilidad en los fluidos bucales⁽¹²⁵⁾.

Capacidad de sellado

Al-Sabek *et al.*⁽¹²⁵⁾ señalan que el Geristore® presenta una adecuada capacidad de sellado. La mayoría de los estudios comparan el Geristore® con otros materiales empleados como obturación retrógrada^(138,140,141) Scheerer *et al.*⁽¹³⁸⁾ demostraron que el Geristore®, el Super-EBA® y el MTA Pro-Root® fueron igualmente efectivos en prevenir el paso de *Prevotella nigrescens*. De igual forma, Geer *et al.*⁽¹⁴⁰⁾ al emplear la técnica de filtración de fluidos observaron que el Geristore® y el Dyract® presentaron un sellado apical igual o superior al IRM® y equivalente al Super-EBA®. Sin embargo,

Pichardo *et al.*⁽¹⁴¹⁾ demostraron que el Geristore® presentó menor filtración de tinta india en comparación con el MTA blanco Pro-Root® y el Super-EBA® independientemente del medio de almacenamiento de los dientes.

Roy *et al.*⁽¹⁰⁶⁾ evaluaron la capacidad de sellado de varios materiales después de exponerlos por 24 horas a un pH 5,0 o 7,4. Se observó que el pH ácido disminuyó significativamente la penetración de tinta (Pelikan) en las preparaciones apicales selladas con Geristore®. Sin embargo, los autores señalan que este resultado pudiera no tener importancia clínica, pero sugiere la necesidad de futuras investigaciones.

Biocompatibilidad

Al-Sabek *et al.*⁽¹²⁵⁾ demostraron en un estudio *in vitro* que el Geristore® fue menos citotóxico a los fibroblastos gingivales humanos que el Ketac-Fil® y el IRM®. Además, los autores destacaron que los fibroblastos gingivales proliferaron mejor en presencia del Geristore® en comparación con el control y mencionan que aún no está claro el por qué este material presenta una respuesta celular más favorable. Sin embargo, sugieren que posiblemente se deba a ciertas características de la superficie del Geristore® o a que este material libera sustancias menos tóxicas al medio.

Camp *et al.*⁽¹³⁶⁾ demostraron que los fibroblastos del ligamento periodontal y los fibroblastos gingivales se adhirieron y proliferaron mejor en presencia del Geristore® en comparación con la amalgama, el Super-EBA y el MTA Pro-Root®. Por su parte, Bonson *et al.*⁽¹³⁹⁾ demostraron que los fibroblastos del ligamento periodontal sobrevivieron y proliferaron en presencia del Geristore® y que los fibroblastos gingivales sobrevivieron pero no proliferaron en presencia de este material. Los autores destacan que el

material recién mezclado resultó más tóxico para ambas poblaciones de células.

Propiedades antimicrobianas

Eldeniz *et al.*⁽¹²⁰⁾ demostraron que el Geristore® presenta cierta actividad antimicrobiana sobre algunas bacterias y comentan que la liberación de fluoruros que presenta este material durante su endurecimiento podría contribuir con esa actividad.

Estas propiedades sugieren que el Geristore® es un material adecuado para reparar defectos subgingivales de la superficie radicular, entre ellos las perforaciones radiculares^(48,75,125).

5.6 Agregado Trióxido Mineral (MTA)

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) es un material desarrollado para sellar las comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente. Fue introducido, en 1993, por la Universidad Loma Linda como material de retrobturación y para el sellado de perforaciones radiculares^(104,142). La versión comercial MTA Pro-Root® (Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa, OK) fue introducida en 1998 por la compañía Dentsply Tulsa Dental⁽¹⁴³⁾. Posteriormente, se han sugerido aplicaciones adicionales para el MTA, entre las cuales se encuentran: recubrimiento pulpar directo^(64,144), barrera apical en dientes incompletamente formados^(64,145-147), reparación quirúrgica de perforaciones⁽⁶⁴⁾ y sellado de perforaciones ocasionadas por resorciones internas⁽¹⁴⁸⁾. En el año 2001 se introdujo otra versión comercial del MTA, el MTA Angelus® (Angelus, Londrina, PR, Brasil)⁽¹⁴⁹⁾.

En el año 2002 fue introducido el Agregado Trióxido Mineral Blanco Pro-Root® con la finalidad de eliminar el color gris de la versión original, el cual podía crear una sombra debajo de tejidos delgados⁽¹⁴³⁾. Este cambio de coloración del MTA aumentó el número de indicaciones para su uso, permitiendo su aplicación en zonas donde la estética esté involucrada⁽¹⁵⁰⁾. La versión blanca de este material también fue adoptada por la marca Angelus® la cual recibe el nombre de MTA Branco® (MTAB)⁽¹⁴⁹⁾.

5.6.1 Agregado Trióxido Mineral Gris (MTA Gris)

5.6.1.1 Composición

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁰⁾ demostraron que los principales componentes presentes en el MTA son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico y óxido de silicato. Además presenta pequeñas cantidades de otros óxidos minerales que son los responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado. A este material se le agregó óxido de bismuto para hacerlo radiopaco. De igual forma estos autores demostraron que los principales iones presentes en el MTA son calcio y fósforo.

En un estudio realizado por Asgary *et al.*⁽¹⁵¹⁾ se demostró que los componentes principales del MTA Pro-Root® son óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO₂) y óxido de bismuto (Bi₂O₃). En los resultados se observó que el contenido de fósforo en este material fue apenas detectable, los autores señalan que esto difiere con los datos obtenidos por Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁰⁾ y coinciden con los datos suministrados por la compañía dental Dentsply Tulsa, por esta razón concluyen que ha ocurrido un cambio significativo en la composición del MTA desde que fue propuesto por primera vez por Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁰⁾ y de igual forma comentan que no se conocen las razones para este cambio⁽¹⁵¹⁾.

5.6.1.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

El MTA es un polvo de partículas hidrofílicas que endurece en presencia de agua. La hidratación del polvo resulta en un gel coloidal que solidifica en una estructura dura en menos de cuatro horas^(104,142).

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁰⁾ realizaron una investigación para determinar las características físicas y químicas del MTA y compararlas con las de otros materiales. Los resultados demostraron que el pH inicial de este material es de 10,5 y aumenta a 12,5 tres horas después de mezclarlo; es más radiopaco que el Super-EBA® y el IRM®, siendo su radiopacidad equivalente a 7,17 milímetros de espesor de aluminio, su tiempo de endurecimiento fue de 2 horas 45 minutos, siendo este el tiempo más largo de los materiales evaluados; la fuerza compresiva fue de 40MPa a las 24 horas y aumentó a 67MPa a los 21 días; además observaron que este material no mostró solubilidad.

Por su parte, Kogan *et al.*⁽¹⁵²⁾ obtuvieron un tiempo de endurecimiento del MTA significativamente menor, 50 minutos, que el observado por Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁰⁾ y comenta que esto es debido a las variaciones que ha tenido el MTA desde su introducción⁽¹⁵²⁾. De igual forma, Islam *et al.*⁽¹⁵³⁾ encontraron valores diferentes para el tiempo de endurecimiento del MTA Pro-Root®, siendo el tiempo de endurecimiento inicial 70 minutos y el final de 175 minutos.

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁴⁾ y Lee *et al.*⁽¹⁴²⁾ señalan que las características del MTA dependen del tamaño de las partículas, la relación polvo-agua, la temperatura y la presencia de agua y aire atrapado.

En cuanto a la relación polvo-agua del MTA, Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ señalan que este material debe ser mezclado con agua estéril inmediatamente antes de su uso en una proporción 3:1. De igual forma comentan que si existe exceso de humedad en el área de la aplicación, este puede ser removido con un trozo de gasa o esponja. Por otra parte, si la mezcla está muy seca, se puede añadir más agua.

Por su parte, Fridland y Rosado⁽¹⁵⁴⁾ realizaron un estudio para determinar la solubilidad y porosidad del MTA cuando es mezclado en diferentes proporciones líquido-polvo y establecer la composición química de las sales disueltas de esa mezcla. Se emplearon 4 proporciones diferentes: 0,26; 0,28; 0,30 y 0,33. En este estudio se observó que el componente principal liberado por el MTA en agua es hidróxido de calcio y que la solubilidad y porosidad del MTA aumenta a medida que se añade más agua a la mezcla. Los autores señalan que si la liberación de hidróxido de calcio es ventajosa, es lógico asumir que una proporción líquido-polvo más alta sería beneficiosa, sin embargo la cantidad de agua incorporada en la mezcla está limitada por la pérdida de consistencia en presencia de líquido excesivo, lo cual representa un problema de manejo cuando se transporta y compacta el material y concluyen que la proporción agua-polvo 0,33 sería la proporción ideal la cual coincide con la recomendada por el fabricante.

Estos autores⁽¹⁵⁵⁾ realizan otro estudio para evaluar la cantidad de material soluble liberado por el MTA en un medio acuoso, para determinar si la diferencia de solubilidad entre especímenes de varias relaciones líquido-polvo, demostrada en un estudio previo, puede mantenerse en el tiempo y si el pH del agua en contacto con los especímenes también se mantiene constante en el tiempo. Obtuvieron como resultado que el MTA fue capaz de liberar su porción soluble en un índice decreciente durante los 78 días del

estudio. El pH alcalino (11 a 12) se mantuvo en el medio acuoso durante todo el estudio. Los autores comentan que el clínico no debe preocuparse por una disolución completa del MTA, ya que este material está compuesto principalmente por una matriz insoluble de sílice que mantiene su integridad aún en contacto con el agua.

Varios autores han sugerido que la humedad mejora el endurecimiento del MTA^(64,100,156) y que debe colocarse una torunda húmeda sobre este material⁽⁶⁴⁾. Torabinejad y Chivian⁽⁶⁴⁾ recomiendan que esta torunda permanezca por lo menos 3 a 4 horas antes de continuar el tratamiento o colocar la restauración permanente, sin embargo los autores señalan que si existe humedad suficiente, como en el caso de perforaciones apicales de gran tamaño, el sellado de la perforación y la obturación del conducto pueden realizarse en una misma sesión.

Por su parte, Gancedo-Caravia y Garcia-Barbero⁽¹⁵⁶⁾, señalan que la torunda húmeda debe permanecer dentro de la cámara pulpar o el conducto radicular por lo menos los tres primeros días después de la colocación del MTA, sobre todo cuando la obturación con MTA va a ser sometida a fuerzas de desalojo, debido a que durante este tiempo la humedad aumenta la resistencia del MTA a estas fuerzas. Los resultados de este estudio difieren con los obtenidos por Sluyk *et al.*⁽¹⁵⁷⁾ quienes no hallaron diferencias significativas en la resistencia al desalojo del MTA endurecido en presencia de una torunda húmeda o seca. Gancedo-Caravia y Garcia-Barbero⁽¹⁵⁶⁾ señalan que esto se debe a que en este estudio se colocó una matriz húmeda debajo del MTA en ambos grupos experimentales, Gelfoam® (Upjohn Co., Kalamazoo, MI) humedecido con solución salina, en consecuencia ambos endurecieron en presencia de humedad. Matt *et al.*⁽¹⁵⁸⁾ obtuvieron un mejor sellado al colocar una torunda húmeda por 24 horas

sobre el MTA empleado como barrera apical antes de la obturación del conducto, comparado con el MTA seguido de la obturación del conducto en una misma sesión.

Kogan *et al.*⁽¹⁵²⁾ realizaron un estudio para identificar los tipos y cantidades de aditivos requeridos para mejorar las propiedades de endurecimiento del MTA y evaluar el efecto de esos aditivos en la fuerza compresiva del MTA endurecido. De los aditivos evaluados, el hipoclorito de sodio en gel disminuyó el tiempo de endurecimiento de 20 a 25 minutos y demostró buenas propiedades de trabajo, pero disminuyó la fuerza compresiva del MTA. Los autores concluyen que esta podría ser una opción viable para procedimientos en una sola sesión donde la fuerza compresiva del material no sea crítica.

Por su parte Yan *et al.*⁽¹⁵⁹⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto del hipoclorito de sodio al 5,25%, la clorhexidina al 2% y el Glyde File Prep® (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza), empleados durante la preparación del conducto, en la fuerza de adhesión del MTA a la dentina. Los resultados demostraron que el hipoclorito de sodio y la clorhexidina no tuvieron efecto en la fuerza de unión MTA-dentina, mientras que el Glyde File Prep® disminuyó significativamente dicha fuerza.

Capacidad de sellado

Desde la introducción del MTA se han realizado numerosos estudios para evaluar y comparar su capacidad de sellado con la de otros materiales^(85,103-106,123,142,159-164). En algunos estudios se empleó la técnica de filtración bacteriana con diferentes microorganismos: *Staphylococcus epidermidis*⁽¹⁵⁹⁾, *Fusobacterium nucleatum*⁽¹⁰³⁾, *Serratia marcescens*⁽¹⁶⁰⁾; los resultados de

estos estudios demostraron que el MTA presentó una capacidad de sellado superior a la amalgama, el IRM® y el Super-EBA®.

La técnica de filtración de tinta también se ha empleado para evaluar el sellado del MTA. Diferentes soluciones han sido empleadas: azul de metileno⁽¹⁰⁴⁾, rodamina B⁽¹⁴²⁾ y tinta india⁽⁸⁵⁾. Los resultados de estos estudios demostraron que con el MTA se obtuvo mayor sellado en comparación con la amalgama, el IRM®, el Super-EBA® y el Vitrebond®. Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁵⁾ emplearon azul de metileno para evaluar el efecto de la contaminación con sangre en el sellado de varios materiales. En este estudio se observó que la presencia o ausencia de sangre no tuvo efecto significativo en la cantidad de filtración de tinta en el MTA, siendo el material que demostró el mejor sellado. Por su parte, Roy *et al.* demostraron que el pH ácido no afectó el sellado del MTA y que este material al igual que el Super-EBA® produjo el mejor sellado⁽¹⁰⁶⁾.

Sin embargo, Tanomaru *et al.*⁽¹⁶¹⁾ demostraron que el tipo de tinta empleada puede afectar los resultados de los estudios de filtración de MTA; los autores observaron que el MTA presentó menor filtración que ZOE cuando se empleó azul de metileno, pero la filtración entre ambos materiales resultó similar al emplear rodamina B. Los autores atribuyen estos resultados a que el azul de metileno es afectado por sustancias alcalinas, sufriendo decoloración y señalan que la rodamina B es más apropiada para evaluar la capacidad de sellado del MTA.

Otros autores han empleado la técnica de filtración de fluidos para evaluar y comparar la capacidad de sellado del MTA con otros materiales. Bates *et al.*⁽¹⁶²⁾ demostraron que la capacidad de sellado del MTA fue comparable con la del Super-EBA® y significativamente superior a la amalgama. Los autores

comentan que la discrepancia con los resultados obtenidos por otros estudios que demuestran que el MTA presenta mejor sellado que el Super-EBA® es debida a diferencias en la metodología empleada. Wu *et al.*⁽¹⁶³⁾ también emplearon la técnica de filtración de fluidos, en este estudio, el MTA y dos tipos de ionómero de vidrio demostraron mejor sellado, seguidos por el Super-EBA® y la amalgama, con este último material se observó mayor filtración.

Debido a que el MTA presenta poca adhesión a la dentina y un tiempo de endurecimiento prolongado, varios autores han estudiado el efecto de la colocación de otro material sobre el MTA que actúe como un sellado secundario en el sellado de perforaciones en furca. Weldon *et al.*⁽¹²³⁾ realizaron un estudio en el cual sellaron perforaciones estrechas y profundas en furca empleando MTA, Super-EBA® y MTA colocado en la perforación cubierto por Super-EBA® en el piso de la cámara, los autores observaron que todos los materiales proporcionaron un buen sellado, de igual forma señalan que el Super-EBA® es el más indicado en perforaciones anchas y poco profundas.

En un estudio similar, Hardy *et al.*⁽¹⁶⁴⁾ evaluaron la capacidad de sellado del MTA, el One-Up Bond® (Tokuyama Corp., Tokio, Japón) y el MTA con un sellado secundario de One-Up Bond® o Super-EBA®, en perforaciones anchas y poco profundas en furca. Los resultados demostraron que a las 24 horas el MTA sólo presentó mayor filtración que el One-Up Bond® y el MTA con cualquiera de los dos sellados secundarios. Con el tiempo el sellado del One-Up Bond® se mantuvo igual mientras que el del Super-EBA® empeoró. Al mes el sellado del MTA, el One-Up Bond® y el MTA más One-Up Bond® fue equivalente. Los autores señalan que la ventaja de colocar un sellado secundario sobre el MTA es el poder estabilizarlo durante su endurecimiento

en el caso de lesiones anchas y poco profundas, así como el poder continuar con la terapia endodóntica en la misma sesión.

Biocompatibilidad

Torabinejad *et al.*⁽¹⁰⁷⁾ demostraron que el MTA resultó más citotóxico que la amalgama cuando se empleó la técnica de recubrimiento de agar y menos citotóxico que el Super-EBA® y el IRM®. En este mismo estudio pero con el método de liberación de radiocromo, el MTA demostró ser el menos citotóxico de los materiales evaluados.

En un estudio realizado por Osorio *et al.*⁽¹⁰⁸⁾ en un cultivo *in vitro* de fibroblastos gingivales humanos y células L-929, el MTA demostró no ser citotóxico. De igual forma, en otro estudio⁽¹²⁴⁾ este material mostró el menor efecto antiproliferativo sobre varias líneas celulares de fibroblastos en comparación con el ionómero de vidrio modificado con resina Fuji II® y el IRM®, demostrando ser un material biocompatible.

En un estudio realizado por Souza *et al.*⁽¹⁰⁹⁾ el MTA Pro-Root® fue el menos citotóxico de los materiales evaluados; los resultados no mostraron diferencias significativas entre las marcas comerciales Pro-Root® y Angelus®.

Ribeiro *et al.*^(165,166) demostraron por medio del ensayo cometa y la prueba de azul trypan que el MTA Angelus® no es genotóxico y no induce muerte celular. Por su parte, Kettering y Torabinejad⁽¹²⁷⁾ demostraron por medio de la prueba Ames que el MTA no es mutagénico.

En un estudio realizado por Sumer *et al.*⁽¹⁶⁷⁾ se observó que el MTA Pro-Root®, al ser implantado en el tejido conectivo de ratas, produjo una

respuesta inflamatoria severa inicial, la cual disminuyó progresivamente con el tiempo mientras que aumentó el espesor de la cápsula de tejido conectivo fibroso alrededor del material. Los autores atribuyen esta respuesta inflamatoria inicial a varios factores: el elevado pH, el calor generado durante el endurecimiento y la producción de citocinas inflamatorias como IL-1 e IL-6. Los autores destacan que cuando se evalúa la biocompatibilidad de un material los efectos dañinos posteriores son más importantes que los efectos iniciales y que el tejido conectivo fibroso alrededor del material indica que es bien tolerado por el tejido.

Numerosas investigaciones han demostrado que el MTA induce la formación de tejido duro^(112,113,115,116,126,128,168-170). En un estudio *in vitro* realizado por Thomson *et al.*⁽¹¹²⁾ se demostró que el MTA permitió la adhesión y crecimiento de cementoblastos y la expresión de marcadores celulares de ARNm de proteínas de la matriz involucradas en la mineralización. Los autores señalan que estos resultados demuestran que el MTA es cementoconductor debido a que permite la expresión de genes y proteínas consistentes con el proceso de cementogénesis. De igual forma, Koh *et al.*⁽¹²⁶⁾ observaron osteoblastos sanos en contacto con el MTA y destacaron que estas células produjeron pequeñas cantidades de citocinas (IL-1 alfa, IL-1 beta, IL-6) en contraste con las células en el medio control y las células en presencia del IRM®. Los autores concluyen que el MTA ofrece un sustrato activo para las células óseas y estimula la producción de citocinas involucradas en la formación ósea.

Por su parte, Guven *et al.*⁽¹⁶⁸⁾ demostraron que tanto el MTA Pro-Root® como el MTA Angelus® son capaces de estimular a los fibroblastos gingivales a producir proteína morfogenética ósea (BMP)-2. También observaron que el MTA Angelus® estimuló a estas células a producir factor

de crecimiento transformador (TGF)-Beta1. Los autores destacan que, aunque se requieren más estudios, (BMP)-2 y (TGF)-Beta1, podrían ser factores contribuyentes con la respuesta biológica favorable estimulada por el MTA en los tejidos periapicales humanos.

Holland *et al.*⁽¹⁶⁹⁾ realizaron un estudio para observar el proceso de cicatrización después de sellar con MTA perforaciones laterales realizadas en dientes de perros, empleando un cemento de hidróxido de calcio, Sealapex®, como control. Con el MTA se obtuvieron mejores resultados que con el grupo control. Los resultados de la evaluación histológica demostraron ausencia de inflamación y deposición de cemento sobre el MTA en la mayoría de los especímenes (Gráfico 17). Todos los especímenes sellados con Sealapex® presentaron inflamación crónica y solo en 3 casos se observó ligera deposición de cemento sobre el material.

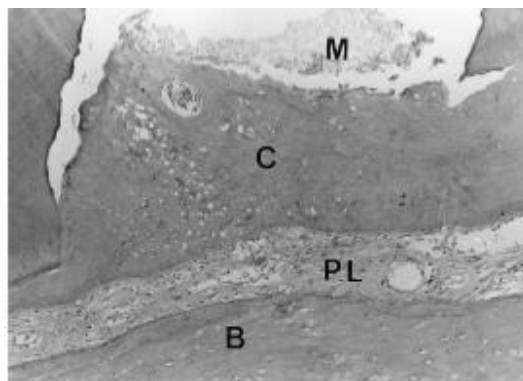


Gráfico 17. MTA a los 180 días: Cemento (C) sobre el material de reparación (M), ligamento periodontal (PL) y hueso (B). Hematoxilina y eosina; magnificación original X 100. Tomado de Holland *et al.*, 2001.

Estos autores⁽¹⁶⁹⁾ también observaron mejores resultados en los casos donde el MTA no se extruyó hacia los tejidos perirradiculares y destacan la importancia de emplear procedimientos clínicos que mantengan el material de reparación en el lugar adecuado.

El MTA resultó ser biocompatible al ser implantado en el maxilar inferior de cerdos de guinea, observándose que 3 de los 5 implantes se encontraban libres de inflamación, también se observó formación de tejido conectivo fibroso adyacente a 4 implantes y tejido óseo adyacente a un implante⁽¹²⁸⁾. En un estudio similar llevado a cabo por Torabinejad *et al.*⁽¹¹³⁾ el MTA produjo la respuesta más favorable cuando fue implantado en la tibia y el maxilar inferior de cerdos de guinea, no se observó inflamación adyacente al MTA en ningún espécimen, adicionalmente se observó tejido duro adyacente a 5 de los 11 implantes en la tibia y a 1 de 10 en el maxilar inferior.

Yaltirik *et al.*⁽¹¹⁶⁾ demostraron que el MTA Pro-Root® fue bien tolerado al ser implantado en el tejido conectivo de ratas; los autores destacan la presencia de calcificaciones distróficas adyacentes a este material, lo cual sugiere que induce la formación de tejido duro.

Torabinejad *et al.*⁽¹¹⁵⁾ señalan que el hecho de que el MTA propicie la formación de tejido duro puede ser debido a varios factores como la capacidad de sellado, biocompatibilidad o a su elevado pH. Por su parte, Holland *et al.*⁽¹⁶⁹⁾ señalan que después de reaccionar con el agua, el MTA tiene dos fases específicas compuestas por óxido de calcio y fosfato de calcio; el óxido de calcio puede reaccionar con los fluidos tisulares para formar hidróxido de calcio, el cual puede formar cristales de calcita. Es posible que estos cristales y la fibronectina condensada sean un sustrato biológicamente activo que ofrece el MTA. La condensación de fibronectina alrededor de los cristales de apatita formados, permite la adhesión y diferenciación de células, odontoblastos en la pulpa y cementoblastos en el ligamento periodontal.

Sarkar *et al.*⁽¹⁷⁰⁾ caracterizaron las interacciones del MTA Pro-Root® con un fluido tisular sintético y la dentina radicular de dientes extraídos. Los autores concluyeron que el MTA no es un material inerte y que en un medio bucal simulado es bioactivo. El calcio, ión predominante liberado por el MTA, reacciona con el fosfato presente en el fluido tisular sintético, formando un precipitado similar a la hidroxiapatita, el cual forma una capa adherente en la interfase MTA-dentina. Los autores atribuyen a estas reacciones físico-químicas las principales propiedades del MTA: capacidad de sellado, biocompatibilidad y actividad dentinogénica.

Propiedades antimicrobianas

Torabinejad *et al.*⁽¹¹⁹⁾ demostraron en un estudio de difusión en agar que el MTA tuvo cierto efecto antibacteriano sobre algunas bacterias anaerobias facultativas estudiadas, sin embargo, este material no tuvo efecto antibacteriano sobre ninguna de las especies anaerobias empleadas en su estudio. Los autores comentan que el efecto antibacteriano del MTA puede deberse a su elevado pH o a la liberación de sustancias en el medio de cultivo.

Eldeniz *et al.*⁽¹²⁰⁾ llevaron a cabo otro estudio para evaluar el efecto antibacteriano del MTA Pro-Root® y otros materiales empleando la prueba de contacto directo. En este estudio el MTA Pro-Root® y el IRM® fueron los que inhibieron el crecimiento bacteriano con mayor potencia en comparación con otros materiales evaluados. Los autores comentan que, debido a la diferente metodología empleada, no es posible comparar su estudio con el realizado por Torabinejad *et al.*⁽¹¹⁹⁾, sin embargo coincide con ellos en que el efecto antibacteriano del MTA es debido a su elevado pH⁽¹²⁰⁾.

Por otra parte, Al-Hezaimi *et al.*⁽¹⁷¹⁾ demostraron que el MTA en varias concentraciones probadas, desde 50 mg/ml hasta 3,125 mg/ml, fue efectivo contra *Candida albicans*.

Recientemente, Miyagak *et al.*⁽¹⁷²⁾ observaron que el MTA Pro-Root® a las 24 horas no tuvo ninguna actividad antimicrobiana sobre *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* y *Staphylococcus aureus*.

5.6.2 Agregado Trióxido Mineral Blanco (MTA Blanco)

5.6.2.1 Composición

Asgary *et al.*⁽¹⁵¹⁾ compararon la composición del MTA gris y blanco Pro-Root® y observaron que los componentes principales de ambos materiales son óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO₂) y óxido de bismuto (Bi₂O₃), presentes en cantidades comparables. Los autores concluyeron que la principal diferencia entre ambos materiales fue la menor concentración de trióxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de magnesio (MgO) y especialmente óxido de hierro (FeO) presente en el MTA blanco en comparación con el gris. Los autores sugieren que las diferencias observadas en las concentraciones de FeO es la principal responsable de la variación de color entre el MTA gris y el blanco.

5.6.2.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

Debido a su reciente introducción en la profesión, existen pocas investigaciones de las propiedades del MTA blanco^(151,153). Islam *et al.*⁽¹⁵³⁾ demostraron que el MTA blanco Pro-Root® presenta una radiopacidad adecuada de acuerdo con los requerimientos ISO, siendo esta equivalente a 6,74 milímetros de espesor de aluminio. La solubilidad del MTA blanco Pro-Root®, 1,28%, fue significativamente mayor que la del MTA gris Pro-Root®,

0,97%; sin embargo ambos valores se encuentran dentro de los requerimientos ISO para la solubilidad de materiales selladores del conducto radicular. El MTA blanco Pro-Root® presentó un tiempo de endurecimiento inicial, 40 minutos y final, 140 minutos significativamente menor que el tiempo de endurecimiento inicial, 70 minutos y final, 175 minutos del MTA gris Pro-Root®. La fuerza compresiva del MTA blanco Pro-Root® fue similar a la del MTA gris Pro-Root®, este valor aumentó con el transcurso del tiempo. Por último, el MTA blanco Pro-Root® presentó ligera expansión durante el endurecimiento al igual que el MTA gris Pro-Root®.

Nandini *et al.*⁽¹⁷³⁾ comentan que el tiempo de endurecimiento prolongado es la principal desventaja del MTA, se requiere una nueva sesión para continuar el tratamiento y colocar la restauración definitiva. Sin embargo, si se coloca un material compatible sobre el MTA parcialmente endurecido, se podría completar el tratamiento en una sola sesión. Por esta razón realizaron un estudio para evaluar la influencia del cemento de ionómero de vidrio Fuji II® sobre el endurecimiento del MTA blanco Pro-Root®, cuando es usado para sellar perforaciones en furca. Los autores concluyeron que el cemento de ionómero de vidrio colocado sobre el MTA parcialmente endurecido no afectó el posterior endurecimiento del mismo. También observaron la formación de sales de calcio en la interfase entre ambos cementos, la cual es similar a las sales formadas en la interacción del ionómero con la estructura dentaria, razón por la cual asumen que el endurecimiento del cemento de ionómero de vidrio no es afectado por el MTA.

De igual forma, Bortoluzzi *et al.*⁽¹⁵⁰⁾ refieren que la principal desventaja del MTA es su prolongado tiempo de endurecimiento. Por esta razón realizaron un estudio *in vitro* para evaluar el efecto de añadir un acelerador de endurecimiento, cloruro de calcio CaCl₂, en el pH y la liberación de iones de

calcio del MTA blanco Pro-Root®, el MTA blanco Angelus® y el cemento de Pórtland blanco. Los análisis fueron realizados en varios períodos: inmediatamente, a los 30 minutos, a los 60 minutos y a las 24 horas y se observó que añadir CaCl_2 elevó el pH en el período inmediato, sin embargo, el pH resultó similar entre todos los grupos en los siguientes períodos de evaluación, los autores mencionan que la elevación inicial del pH es debida al calcio adicional incorporado en la fórmula. Además observaron que los productos que contenían CaCl_2 liberaron mayor cantidad de iones de calcio que los materiales puros. Los autores comentan que cuando los materiales fueron mezclados con CaCl_2 , fueron más fáciles de manipular y requirieron menor cantidad de agua en el procedimiento de mezcla y concluyen que la adición de CaCl_2 mejoró las propiedades físico-químicas de los tres cementos.

Cuando es colocado en perforaciones en la furca, el MTA puede estar sometido a cargas oclusales, así como a fuerzas durante la condensación de la amalgama; por esta razón Walker *et al.*⁽¹⁷⁴⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto del tiempo de endurecimiento y las condiciones de humedad en la resistencia a la fractura del MTA blanco Pro-Root®. Los resultados de este estudio sugieren que se debe colocar una torunda húmeda en contacto con el MTA blanco antes de colocar la restauración permanente.

VanderWeele *et al.*⁽¹⁷⁵⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto de la contaminación con sangre del MTA blanco Pro-Root® cuando es mezclado con diferentes líquidos, agua estéril, lidocaina o solución salina. Los autores observaron que la resistencia al desalojo del MTA aumentó con el tiempo, siendo mayor a los 7 días que a las 72 y a las 24 horas. Las muestras no contaminadas con sangre mostraron mayor resistencia al desalojo que las

contaminadas a los 7 días. El MTA blanco mezclado con lidocaina o solución salina fue comparado favorablemente con el mezclado con agua estéril en ausencia de contaminación. Los autores concluyen que es recomendable controlar la hemorragia en el sitio de la perforación y remover la sangre de las paredes del defecto antes de colocar el MTA, de igual forma comentan que se deben evitar fuerzas excesivas contra el MTA durante la restauración final y permitir que el MTA endurezca por 7 días antes de colocar la restauración final, lo que puede disminuir la posibilidad de que este material sea desalojado.

Capacidad de sellado

Ferris y Baumgartner⁽¹⁷⁶⁾ realizaron un estudio con el objetivo de comparar la capacidad de sellado de MTA gris y blanco Pro-Root® en perforaciones en la furca de molares humanos extraídos usando un modelo anaeróbico de filtración bacteriana (*Fusobacterium nucleatum*). No se observaron diferencias significativas en la capacidad de sellado de ambos tipos de MTA.

Asimismo, Al-Hezaimi *et al.*⁽¹⁷⁷⁾ no encontraron diferencias significativas en la filtración de saliva entre el MTA gris y blanco empleados como material de obturación del conducto por vía ortógrada.

De igual forma, Hamad *et al.*⁽¹⁴³⁾ no observaron diferencias significativas en el sellado del MTA gris y blanco Pro-Root® en perforaciones en la furca de molares extraídos al emplear el método de filtración de tinta (azul de metileno). Los autores comentan que existe una diferencia entre los estudios mencionados anteriormente y el estudio realizado por Matt *et al.*⁽¹⁵⁸⁾ quienes demostraron que el MTA gris presentó mejor capacidad de sellado que el blanco. Los autores explican que la causa de esta diferencia radica en el mayor tamaño que presentaba la partícula del MTA para ese momento.

Actualmente el tamaño de la partícula de de ambos tipos de MTA es menor de 10 μm . Por otra parte, los autores⁽¹⁴³⁾ también observaron que la filtración fue mayor cuando la tinta fue colocada en la cámara de acceso (vía ortógrada) que cuando el molar fue sumergido en la tinta (vía retrógrada) y sugieren que se considere la colocación de un material de barrera sobre el sellado de la perforación para protegerlo de la filtración coronaria.

Montellano *et al.*⁽⁹³⁾ realizaron un estudio para determinar si la contaminación del MTA blanco con sangre, solución salina o saliva, afectan su capacidad de prevenir la filtración bacteriana (*Staphylococcus epidermidis*). Los autores observaron que el MTA blanco contaminado con saliva filtró significativamente más que el MTA blanco no contaminado. No observaron diferencias significativas entre el MTA blanco no contaminado y el contaminado con sangre o solución salina. Los autores señalan que las glicoproteínas presentes en la saliva humana pueden ser la causa principal de la mayor filtración observada en los especímenes de MTA contaminado con saliva, el gran tamaño de estas glicoproteínas pueden crear espacios en la interface MTA-dentina, adicionalmente si las bacterias emplean estas glicoproteínas como fuente de alimento, podrían sobrevivir en estos espacios y eventualmente penetrar el sistema de conductos radiculares.

Biocompatibilidad

En dos estudios realizados por Ribeiro *et al.*^(165,166) se demostró que el MTA blanco Angelus® no resultó ser genotóxico, ni capaz de interferir en la viabilidad celular, al igual que la versión original de este material MTA gris Angelus®, los autores no hallaron diferencias significativas en la biocompatibilidad de ambos materiales.

Oviir *et al.*⁽¹⁷⁸⁾ compararon los efectos del MTA gris y blanco Pro-Root® en la proliferación de células epiteliales (queratinocitos) y cementoblastos. Los resultados sugieren que el MTA blanco es más biocompatible que el gris, aumentó significativamente la proliferación de cementoblastos en comparación con el control, de igual forma ambos tipos de células crecieron mejor en la superficie del MTA blanco. Además, ambos tipos de células mostraron mayor proliferación sobre el MTA gris a los 12 días de endurecido en comparación con este material a las 24 horas de endurecido. Los autores destacan que, debido su alto grado de biocompatibilidad con los cementoblastos, el MTA gris y blanco pueden contribuir de manera significativa con la regeneración de tejidos cuando son empleados en el sellado de una perforación.

En un estudio realizado por Shahi *et al.*⁽¹¹⁷⁾ el MTA Pro-Root® blanco demostró ser más biocompatible que el gris a los 3 días de ser implantado en el tejido conectivo de ratas, sin embargo a los 7 días el MTA gris fue más biocompatible; a los 21 días no se observaron diferencias significativas entre los grupos. Los autores señalan que el hidróxido de calcio, originado del óxido de calcio liberado por el MTA al estar en contacto con la humedad, es el responsable de la respuesta inflamatoria. De igual forma comentan que la diferencia en la biocompatibilidad de ambos tipos de MTA puede deberse a la diferencia en el índice de reacciones químicas que originan la liberación de hidróxido de calcio o a la diferente composición química de ambos materiales.

Hernández *et al.*⁽¹⁷⁹⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto del MTA blanco Pro-Root® mezclado con clorhexidina en la apoptosis y el ciclo celular de fibroblastos y macrófagos. Los resultados demostraron que el sustituir el agua estéril por clorhexidina en el MTA incrementa su citotoxicidad. Los

autores comentan que el beneficio potencial del efecto antimicrobiano de la clorhexidina podría estar acompañado de un aumento en la citotoxicidad de este material resultante a base de MTA.

Propiedades antimicrobianas

En relación a la actividad antimicrobiana del MTA blanco, Al-Hezaimi *et al.*⁽¹⁸⁰⁾ observaron que existe una correlación directa entre la concentración del MTA y su efecto inhibitorio sobre *Candida albicans*. En un estudio mezclaron MTA blanco con Agar en diferentes concentraciones y observaron que una concentración de 50 mg/ml fue efectiva contra *C. albicans* por un período de más de tres días y que concentraciones más bajas no fueron efectivas. En otro estudio, estos autores⁽¹⁷¹⁾, emplearon el método de dilución de tubo con diferentes concentraciones de MTA gris y blanco y observaron que el MTA blanco solo fue efectivo en concentraciones mayores a 25 mg/ml por períodos mayores a una semana y que el MTA gris siguió siendo efectivo en concentraciones más bajas, los autores atribuyen estos resultados a las diferencias químicas que existen entre ambos tipos de MTA.

Empleando el mismo método, Al-Hezaimi *et al.*⁽¹⁸¹⁾ compararon el efecto antimicrobiano del MTA gris y el MTA blanco sobre dos microorganismos; observaron que el MTA blanco no tuvo ningún efecto sobre *Enterococcus faecalis*, mientras que el MTA gris tuvo efecto contra este microorganismo en concentraciones mayores a 12,5 mg/ml. Por otra parte, el MTA blanco tuvo efecto sobre *Streptococcus sanguis* únicamente en concentraciones mayores a 12,5 mg/ml y el MTA gris tuvo efecto sobre este microorganismo en todas las concentraciones probadas. Los autores concluyen que el MTA blanco requiere mayores concentraciones para ejercer el mismo efecto antibacteriano que el MTA gris.

Stowe et al.⁽¹⁸²⁾ realizaron un estudio para determinar si sustituir el agua estéril por gluconato de clorhexidina al 0,12% en la mezcla del MTA mejora la actividad antimicrobiana del MTA blanco Pro-Root® sobre ciertos microorganismos: *Actinomyces odontolyticus*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*. Los resultados demostraron que todas las muestras del MTA blanco inhibieron el crecimiento bacteriano independientemente del agente con el cual fue mezclado; de igual forma se observó que el MTA mezclado con clorhexidina mostró zonas de inhibición más grandes. Los autores concluyeron que el sustituir el agua estéril por gluconato de clorhexidina al 0,12%, mejoró la actividad antimicrobiana del MTA blanco Pro-Root®.

5.7 Cemento de Pórtland

5.7.1 Composición

Recientemente, se ha generado gran interés en la evaluación del cemento de Pórtland como una alternativa a la utilización del MTA, debido a que este último, aún cuando ha demostrado excelentes propiedades físicas, biocompatibilidad y capacidad de sellado superior a otros materiales, presenta limitaciones entre las cuales se mencionan su elevado costo^(153,183) y dificultad de manipulación⁽¹⁵³⁾.

El cemento de Pórtland es el material principal que compone el MTA y los estudios que han comparado ambos cementos sugieren que los elementos que los constituyen son similares, estos incluyen: fosfato de calcio, óxido de calcio y dióxido de silicio, sin embargo, el MTA posee en su composición óxido de bismuto, el cual incrementa su radiopacidad y está ausente en el cemento de Pórtland⁽¹⁸⁴⁾. Al igual que el MTA, el cemento de Pórtland está disponible en dos variedades gris y blanco⁽¹⁵³⁾.

5.7.2 Propiedades

Propiedades físicas y mecánicas

Islam *et al.*⁽¹⁵³⁾ realizaron un estudio para comparar las propiedades físicas y mecánicas del cemento de Pórtland regular y blanco (Asia Cements Pte. Ltd., Singapur) y el MTA gris y blanco Pro-Root®. Los resultados demostraron que a excepción de la radiopacidad, ambos cementos presentaron propiedades muy similares, por esta razón y debido al menor costo del cemento de Pórtland, los autores comentan que es razonable considerar a este último como un sustituto del MTA en aplicaciones endodónticas. Sin embargo, la principal desventaja observada en el cemento de Pórtland para ser empleado clínicamente es su ligera radiopacidad 0,93-0,95 milímetros de aluminio, la cual no cumple con lo establecido por las normas ISO.

Debido a que el cemento de Pórtland no es suficientemente radiopaco y presenta similar dificultad de manipulación que el MTA, Chng *et al.*⁽¹⁸⁴⁾ realizaron un proyecto para crear un nuevo material de reparación radicular que combine la superior biocompatibilidad del MTA con las características de manipulación de materiales como el Super-EBA®. Este nuevo material: Material de Reparación Radicular de Viscosidad Mejorada (VERRM) fue formulado usando cemento de Pórtland como base a la cual se le agregó óxido de bismuto y otros componentes para mejorar la radiopacidad y características de manipulación. En este estudio se compararon las propiedades físicas y capacidad de sellado de este nuevo material con las del MTA gris y blanco Pro-Root® y observaron que el VERRM presentó propiedades físicas y capacidad de sellado similar al MTA blanco. En vista de estos resultados, los autores señalan que el VERRM es adecuado para su uso clínico; sin embargo, comentan que este material requiere más estudios.

Por su parte, Coomaraswamy *et al.*⁽¹⁸⁵⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto del óxido de bismuto sobre las propiedades de un material a base de cemento de Pórtland. Las muestras fueron preparadas con 55 a 95% de cemento de Pórtland Blue Circle Mastercrete® (LaFarge, Chlinton, UK); 0 a 40% de óxido de bismuto (Bi_2O_3 ; Acros Organics, Loughborough, UK) y 5% de sulfato de calcio Plaster of Paris® (Crystacal R Plaster, BPB Formula, Newark, UK); como control se utilizó MTA gris Pro-Root®. En los resultados se observó que el aumento de óxido de bismuto de 0 a 10% resultó en la disminución de la fuerza compresiva de 82 a 40 MPa disminuyendo gradualmente a medida que se aumentó la cantidad de óxido de bismuto. De igual forma el aumento en el contenido de Bi_2O_3 aumentó la porosidad relativa, la densidad seca y la densidad estructural del material, observándose una fuerte correlación lineal. Los autores observaron que este cemento es similar al MTA comercial pero con mejores características de manipulación por lo cual resulta menos poroso, por esta razón recomiendan estudiar el efecto de otros agentes radiopacificadores y modificadores del endurecimiento.

Biocompatibilidad

Saidon *et al.*⁽¹⁸⁶⁾ realizaron un estudio para evaluar el efecto citotóxico del cemento de Pórtland y el MTA Pro-Root® recién mezclados y comparar la reacción tisular a estos cementos cuando son implantados en el maxilar inferior de cerdos de guinea. No se observaron diferencias en la reacción celular *in vitro*. De igual forma se observó cicatrización y una respuesta inflamatoria mínima adyacente a los implantes de ambos materiales, lo que sugiere que son bien tolerados. Los autores concluyen que el cemento de Pórtland y el MTA presentan biocompatibilidad similar cuando son evaluados *in vivo* e *in vitro* y sugieren que el cemento de Pórtland tiene el potencial para

ser usado en situaciones clínicas similares a aquellas donde el MTA Pro-Root® está siendo usado.

Ribeiro *et al.*⁽¹⁶⁶⁾ demostraron por medio del ensayo cometa y la prueba de azul trypan que el cemento de Pórtland regular y blanco, al igual que el MTA Angelus® no son genotóxicos y no son capaces de inducir muerte celular.

Por su parte, Min *et al.*⁽¹⁸³⁾ evaluaron los efectos biológicos del cemento de Pórtland sobre células pulpares humanas cultivadas por medio de la prueba de viabilidad celular, la observación con el microscopio electrónico de barrido y el análisis de transcripción reversa de la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR). Los resultados demostraron que el cemento de Pórtland demostró una viabilidad celular similar al grupo control y superior a otros materiales evaluados: ionómero de vidrio, IRM® y Dycal®. Asimismo, se observaron células aplanadas con numerosas extensiones citoplasmáticas adheridas al cemento de Pórtland, a diferencia con los otros materiales alrededor de los cuales se observaron pocas células redondeadas pero ninguna célula viva. Los resultados de la prueba RT-PCR sugieren que el cemento de Pórtland tiene un efecto inductivo en la mineralización, ya que este material indujo la producción de ARNm para proteínas relacionadas con la mineralización.

Propiedades antimicrobianas

Miyagak *et al.*⁽¹⁷²⁾ realizaron un estudio para evaluar las propiedades antimicrobianas de varios materiales y demostraron que el cemento de Pórtland (Barroso, Sao Paulo, Brasil) no tuvo ninguna actividad antimicrobiana sobre algunos microorganismos comúnmente aislados en

conductos infectados como *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* y *Staphylococcus aureus*.

Islam *et al.*⁽¹⁵³⁾ destacan que en la actualidad el cemento de Pórtland no está aprobado para su uso en los Estados Unidos y no se puede recomendar para su uso clínico en el cuerpo humano. Se requieren ciertas modificaciones del material y más estudios para determinar si coincide con los requerimientos de la FDA para su uso en odontología.

6. PRONÓSTICO DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

6.1 Factores que determinan el pronóstico de las perforaciones endodónticas

El pronóstico de las perforaciones endodónticas depende de la prevención o tratamiento de la infección microbiana en el sitio del defecto. Varios factores relacionados a la presencia de infección, van a determinar el pronóstico del tratamiento de las perforaciones: el tiempo transcurrido desde que ocurre la perforación hasta que se lleva a cabo el tratamiento, el tamaño y localización de la perforación⁽²⁾, la posibilidad de sellar la perforación y la posibilidad de acceso al conducto principal⁽¹⁾.

Tiempo: el tiempo transcurrido desde que ocurre la perforación hasta que se lleva a cabo el tratamiento adecuado, es un factor importante que afecta la cicatrización. Numerosos investigadores coinciden en que el pronóstico resulta más favorable cuando el defecto es sellado de manera inmediata^(1,4,12,38,42).

Lantz y Persson⁽⁴²⁾ demostraron que si la perforación no es sellada ocurre la destrucción progresiva del hueso adyacente al defecto; si en cambio, se sella inmediatamente el defecto de forma adecuada, ocurre la regeneración

de los tejidos periodontales. Por otra parte, cuando la perforación es sellada después de transcurrido cierto tiempo, la cicatrización es menos satisfactoria.

Meister *et al.*⁽³⁵⁾ comentan que las perforaciones a nivel de la furca radicular donde ha ocurrido pérdida ósea, tienen pronóstico reservado. Seltzer *et al.*⁽³⁸⁾ también observaron que el pronóstico para la reparación de perforaciones a nivel del piso de cámara, es mejor cuando el defecto es sellado inmediatamente. Jew *et al.*⁽⁴⁾ comentan que el no sellar una perforación inmediatamente conlleva rápidamente a un daño periodontal, lo cual complica los posteriores intentos de reparación, debido a que disminuye la posibilidad de regeneración de las fibras periodontales y el hueso alveolar.

Sin embargo, Benenati *et al.*⁽⁷⁸⁾ en un estudio de 57 perforaciones, la mayoría ubicada en la furca radicular, no observaron diferencia significativa en sellar la perforación inmediatamente o en una sesión posterior, si el sitio de la perforación se ha mantenido aséptico.

Por su parte Sinai⁽¹⁾ señala que en el caso de defectos situados en el tercio coronal de la raíz y en el piso de la cámara pulpar el sellado debe realizarse de manera inmediata, sin embargo, esto no es esencial en las perforaciones localizadas más apicalmente; el autor comenta que en estos casos lo importante es proteger el área de la contaminación, para reducir la posibilidad de irritación bacteriana y cambios inflamatorios.

Tamaño: las perforaciones de gran tamaño son más difíciles de sellar, por esta razón se considera que poseen peor pronóstico^(2,39). Himel *et al.*⁽⁷¹⁾ en un estudio realizado para evaluar el efecto de tres materiales en la reparación de los tejidos periodontales en el sitio de la perforación,

observaron que el tamaño del diente influye en el resultado de la reparación del defecto. Dientes más grandes con perforaciones proporcionalmente más pequeñas obtuvieron mejores resultados. Los autores señalan que el tamaño del diente y de la perforación tiene importancia para la predicción del éxito o fracaso del tratamiento de las perforaciones.

Localización: las perforaciones pueden ocurrir a nivel de la corona o de los tercios coronario, medio o apical de la raíz del diente⁽¹⁰⁾; estas pueden localizarse por encima, a nivel o por debajo de la cresta ósea. En cuanto a las perforaciones ubicadas por encima de la cresta ósea, son consideradas de buen pronóstico ya que no producen daño al periodonto, son de fácil acceso y se puede lograr un sellado adecuado⁽²⁾.

Las perforaciones a nivel de la cresta ósea, por lo general ubicadas en el tercio coronario de la raíz y en el piso de la cámara pulpar, son consideradas las de peor pronóstico por la mayoría de los autores^(1,4,7,22,35,38,42). Debido a su proximidad con el surco gingival, puede contaminarse el sitio del defecto con bacterias provenientes de la cavidad bucal; por otra parte, si la perforación no es sellada inmediatamente, la cercanía con la adherencia epitelial podría propiciar la migración del epitelio hacia el sitio de la perforación, originando un defecto periodontal^(2,4,38,39). Lantz y Persson⁽⁴²⁾ comentan que la proliferación del epitelio del surco puede deberse al trauma ocasionado por la perforación o a la infección y subsiguiente disminución del nivel del hueso marginal. Una vez formado el saco periodontal la inflamación en el sitio de la perforación es mantenida por el continuo ingreso de irritantes⁽³⁹⁾. Seltzer *et al.*⁽³⁸⁾ en un estudio histológico de 21 perforaciones en el piso de la cámara pulpar de dientes de monos, concluyeron que este tipo de perforaciones siempre causan daño a los tejidos periodontales y que el

pronóstico para su reparación es dudoso aunque puede ser mejorado cuando el defecto se sella inmediatamente.

Por último las perforaciones que se encuentran por debajo de la cresta ósea, generalmente ubicadas en el tercio medio o apical de la raíz tienen buen pronóstico⁽²⁾. Jew *et al.*⁽⁴⁾ señalan que una adecuada cantidad de tejido conectivo y tejido óseo ubicado incisal al defecto, puede contribuir con la preservación de las fibras gingivales y de este modo permitir la regeneración del periodonto dañado. En este sentido, Sinai⁽¹⁾ comenta que, si el defecto es sellado, probablemente los cambios inflamatorios se detengan antes de que el daño en los tejidos periodontales se extienda hasta el surco gingival.

Adicionalmente, Ruddle⁽³⁾ menciona que la localización de la perforación en relación a la circunferencia radicular (vestibular, lingual, mesial y distal) es importante cuando se requiere un abordaje quirúrgico del defecto, debido a que el acceso pudiera ser impedido.

Posibilidad de sellar la perforación: para asegurar un pronóstico favorable para el diente, es esencial sellar la perforación. La posibilidad de sellar la perforación está determinada por el tamaño del defecto, consideraciones anatómicas del diente y su posición en la arcada⁽¹⁾. Si el sellado del defecto no es posible, el pronóstico será cuestionable^(1,8).

Posibilidad de acceso al conducto principal: La presencia de una perforación en el tercio coronario del diente durante la localización del conducto puede dificultar la localización del mismo. Asimismo, una perforación en el tercio medio o apical de la raíz puede limitar el acceso a la porción restante de conducto principal, afectando el pronóstico⁽¹⁾. Torabinejad⁽⁸⁾ señala que el pronóstico de las perforaciones del tercio medio

o apical de la raíz depende de la longitud del conducto que no es preparada y obturada.

5.2 Evaluación de los resultados del tratamiento de las perforaciones endodónticas

Pocos estudios han evaluado los resultados del tratamiento de las perforaciones a largo plazo^(7,13,22,73,78). Además, existe poca consistencia en los criterios usados para la evaluación de los resultados de los diferentes tratamientos y en consecuencia se dificulta la comparación de los estudios⁽²²⁾.

En estos estudios, diferentes factores fueron tomados en cuenta durante la evaluación de los resultados: localización de la perforación^(7,22), material empleado para el sellado de la perforación^(13,73,78), extrusión del material⁽⁷⁸⁾, tiempo transcurrido desde que se produjo la perforación hasta el sellado de la misma⁽⁷⁸⁾, tipo de tratamiento realizado (no quirúrgico, quirúrgico, y la combinación de no quirúrgico y quirúrgico)⁽²²⁾.

En 1972, Strömberg *et al.*⁽⁷⁾ evaluaron el resultado del tratamiento de 24 perforaciones, el período de observación varió de 1 a 8 años. Se empleó gutapercha y resina-cloroformo para el sellado de las perforaciones. Los resultados del tratamiento fueron evaluados clínica y radiográficamente.

Los autores observaron que el resultado del tratamiento de las perforaciones fue exitoso en un 75% de los casos, incierto en un 16,6% y fracaso en un 8,3%; todos los casos clasificados como inciertos y fracasos pertenecían al grupo de las perforaciones ubicadas en la furca radicular. Los autores refieren que estos resultados indican que el tratamiento de las perforaciones ofrece buenas posibilidades de éxito, particularmente para los

defectos localizados en el tercio coronario, medio y apical de la raíz; en el caso de las perforaciones ubicadas en el área de la furca, el pronóstico es menos favorable. Sin embargo, los autores destacan que la muestra estudiada es muy pequeña para realizar un análisis estadístico o alguna conclusión definitiva⁽⁷⁾.

Harris⁽⁷³⁾ en 1976 evaluó el resultado del tratamiento de 154 perforaciones selladas con Cavit®, en su práctica privada. Después de un período de seguimiento de 6 meses a 10 años, el índice de éxito obtenido fue un 89,3%. El autor concluyó que el Cavit® es un material adecuado para el sellado de perforaciones.

Benenati *et al.*⁽⁷⁸⁾ realizaron un estudio clínico donde evaluaron el resultado del tratamiento de 57 perforaciones en molares, la mayoría ubicada en el área de la furca radicular. Las perforaciones fueron selladas con gutapercha o amalgama.

El porcentaje de éxito general para el tratamiento de las perforaciones fue un 54,4%. De las 57 perforaciones tratadas, 26 resultaron en fracaso, a su vez un 73,1% de estos casos, pertenecía al grupo sellado con gutapercha y un 26,9% al grupo sellado con amalgama. Los autores atribuyen este resultado al empleo de la técnica de obturación con compactación vertical térmica, en los casos sellados con gutapercha, con la cual es más probable que ocurra la extrusión del material a través de la perforación. En este sentido, la extrusión del material fue el factor más relacionado con el fracaso, de los 26 casos de fracaso, en 18 ocurrió la extrusión del material de reparación. En este estudio, la mayoría de las perforaciones se sellaron el mismo momento en que fueron descubiertas, otras se sellaron después de 1

a 60 días, no se observó diferencia significativa en sellar la perforación inmediatamente o en una sesión posterior⁽⁷⁸⁾.

Kvinnsland *et al.*⁽²²⁾ realizaron un estudio de 55 perforaciones con un período de seguimiento de uno a once años, con un promedio de 3 años y 5 meses. Los autores evaluaron los resultados del tratamiento de las perforaciones por medio de la observación clínica y radiográfica.

De las 55 perforaciones, 12 fueron consideradas sin posibilidades de éxito y los dientes fueron extraídos, en 4 casos no se realizó ningún tratamiento. Un total de 39 perforaciones fueron tratadas, de las cuales 22 casos un 56%, fueron considerados como éxito, un 36% como fracaso y un 5% como incierto; un 1% no pudo ser clasificado de acuerdo con los criterios de evaluación. Cinco casos que fueron clasificados como fracaso a los dos años de seguimiento, recibieron tratamiento quirúrgico. Posteriormente 4 de esos 5 casos fueron clasificados exitosos. Si se incluyen estos casos, el índice general de éxito es de un 59%. En cuanto a la localización de la perforación, los resultados indican que el éxito del tratamiento fue ligeramente mayor para las perforaciones localizadas más apicalmente⁽²²⁾.

Por último, en relación al tipo de tratamiento utilizado, los autores observaron un mayor índice de éxito con la combinación del tratamiento no quirúrgico y quirúrgico. En ocho perforaciones tratadas de esta manera, se obtuvo éxito en un 100% de los casos. Si se suman los cinco casos tratados por vía ortógrada, clasificados como fracaso y posteriormente tratados quirúrgicamente, un 92% resultó exitoso. De los 28 casos tratados únicamente por vía ortógrada, 14 resultaron en éxito, 12 fracasaron y 2 fueron clasificados como inciertos. Adicionalmente, en tres casos con pernos

se realizó únicamente el tratamiento quirúrgico de las perforaciones, dos casos fracasaron y uno no pudo ser clasificado⁽²²⁾.

Recientemente, Main *et al.*⁽¹³⁾ en el 2004 realizaron un estudio a largo plazo, para demostrar la respuesta de los tejidos perirradiculares al MTA usado para reparar perforaciones radiculares en humanos. Se evaluaron 16 casos de perforaciones radiculares selladas con MTA, que contaban con radiografías del momento del tratamiento y mínimo un año de seguimiento (el máximo período de seguimiento fue de 45 meses). Se examinaron 3 radiografías de cada caso; la inicial, una inmediatamente después de reparar la perforación y la de seguimiento, se determinó la presencia o ausencia de lesión cerca del sitio de la perforación. También se realizó la evaluación clínica de los casos para determinar la presencia o ausencia de un defecto periodontal en el área de la perforación. La reparación de las perforaciones fue exitosa en un 100% de los casos. De los 16 casos evaluados, 7 presentaban una lesión radiolúcida en el momento del sellado de la perforación, las cuales ya no estaban presentes en la radiografía de seguimiento. En los 9 casos restantes que no presentaron lesión al momento del sellado de la perforación, no se evidenció lesión en la radiografía de seguimiento. Los autores comentan que, la comparación de los resultados de este estudio con los resultados de perforaciones reparadas con otros materiales, muestra una marcada mejoría en el pronóstico de dientes reparados con MTA. De igual forma recomiendan estudios con períodos de observación más largos para determinar el pronóstico de las perforaciones selladas con MTA.

Los estudios que evalúan los resultados del tratamiento de las perforaciones, son de gran importancia, debido a que, el conocimiento de

estos resultados, puede contribuir en la determinación del pronóstico de dientes que presenten este tipo de defecto⁽¹²⁾.

6.3 Influencia de las perforaciones endodónticas en el resultado del tratamiento de conducto

El estudio de Washington⁽¹⁴⁾, publicado por Ingle en 1961, fue llevado a cabo para determinar el índice de éxito y fracaso de la terapia endodóntica, así como las causas del fracaso. El autor observó que el fracaso endodóntico se presentó en un 5,55% de los casos y la primera causa de fracaso fue la obturación incompleta del conducto radicular, representando un 58,65%, seguida por la presencia de perforaciones radiculares, las cuales representaron un 9,62% de las causas de fracaso. El autor concluye que las principales causas de fracaso son la incompleta obturación del conducto y la instrumentación inadecuada.

En 1979, Bergenholtz *et al.*⁽¹⁸⁾ llevaron a cabo un estudio para evaluar los efectos de la repetición del tratamiento de conductos en la calidad del sellado y la cicatrización periapical. En 21 casos ocurrió uno o más accidentes de procedimiento durante la repetición del tratamiento, entre estos 11 perforaciones. Después de un período de evaluación de 2 años, los autores observaron que la presencia de accidentes no afectó el resultado del tratamiento de los dientes sin lesión preoperatoria, pero desmejoró las condiciones para la cicatrización apical en los casos con lesión.

Ese mismo año Kerekes y Tronstad⁽¹⁷⁾ realizaron un estudio para evaluar a largo plazo los resultados de tratamientos de conductos radiculares. Dentro del grupo de casos evaluados 14 presentaron perforaciones, 8 en dientes vitales y 6 en dientes no vitales. Después de un período de seguimiento de 3

a 5 años, los autores observaron que este tipo de accidente aumentó el índice de fracaso en dientes necróticos.

Gorni y Gagliani en el 2004⁽¹⁸⁷⁾ realizaron un estudio para evaluar el resultado de la repetición del tratamiento de conductos en 451 casos después de un período de observación de 2 años. Los dientes fueron clasificados en dos grupos: un grupo donde la morfología de los conductos radiculares fue respetada durante el tratamiento previo y otro grupo donde la morfología de los conductos radiculares no fue respetada durante el tratamiento previo. En este último grupo, se encontraban 43 dientes que presentaban perforaciones en el piso de la cámara pulpar y en el tercio apical del conducto y 25 dientes que presentaban perforaciones por desgaste en los tercios coronal y medio del conducto. En el tratamiento de las perforaciones radiculares en el piso de la cámara pulpar y en el tercio apical del conducto hubo un 60,5% de éxito y un 39,5% de fracaso, en cuanto al tratamiento de las perforaciones por desgaste en los tercios coronal y medio del conducto, hubo un 28% de éxito y un 72% de fracaso. Los autores señalan que, probablemente donde la morfología de los conductos fue alterada, no fue posible realizar una adecuada limpieza del conducto. Adicionalmente comentan que el bajo índice de cicatrización observado en los casos con perforaciones, podía deberse al tipo de material utilizado para su sellado.

Farzaneh *et al.*⁽¹⁸⁸⁾ en el 2004 publicaron los resultados de la fase I y II del Estudio de Toronto. En este estudio se evaluó el resultado de la repetición de tratamientos de conductos y su relación con factores preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios. Se evaluaron un total de 103 dientes después de un período de 4 a 6 años. Los autores observaron que el resultado de la repetición del tratamiento de conductos fue marcadamente

inferior para los dientes que presentaron perforación preoperatoria y que esto posiblemente se podía explicar porque de las 12 perforaciones, 11 presentaban infección, adicionalmente especularon que el material empleado, ionómero de vidrio modificado con resina, pudo influir negativamente en los resultados.

Asimismo, Lin *et al.*⁽¹⁸⁹⁾ señalan que las perforaciones endodónticas por si solas no ponen en riesgo el resultado del tratamiento de conductos, a menos que esté presente una infección concomitante. Este error de procedimiento con frecuencia puede impedir que el tratamiento de conducto sea llevado a cabo, por este motivo las posibilidades de fracaso aumentan durante el tratamiento de dientes infectados. El tejido infectado remanente en la porción no instrumentada del conducto, apical a la perforación, es la causa principal de inflamación perirradicular y por consiguiente del fracaso endodóntico.

7. PREVENCIÓN DE LAS PERFORACIONES ENDODÓNTICAS

Las perforaciones endodónticas pueden presentarse durante cualquier etapa del tratamiento de conductos: apertura de cámara, localización de conductos, permeabilización y preparación de los conductos o durante la preparación del espacio para perno⁽²³⁾. Este tipo de accidente puede ocurrir por error o inexperiencia del operador, sin embargo, existen factores predisponentes como la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares o la calcificación del mismo⁽⁶³⁾. Por esta razón, es importante tener presente y seguir ciertas normas para prevenir las perforaciones endodónticas.

Prevención de las perforaciones durante la apertura de cámara

Para prevenir las perforaciones durante la apertura de cámara, es preciso conocer la forma, tamaño y topografía del sistema de conductos radiculares

del diente a tratar y sus posibles variaciones; se debe adaptar estos conocimientos a los procesos fisiológicos o patológicos que hayan podido modificar la anatomía del mismo⁽⁹⁾.

La cuidadosa evaluación de las radiografías preoperatorias es de gran importancia^(59,190). Es fundamental que radiografías tengan calidad diagnóstica. Como mínimo se recomienda el uso de dos radiografías periapicales, una ortorradial y otra con angulación mesial o distal. En ellas se debe observar la localización y tamaño de la cámara pulpar, así como la dirección de la raíz, grado de constricción cervical, asimetría de la corona, la relación del eje longitudinal de la raíz con el de la corona, presencia de conductos o raíces adicionales, malposición dentaria rotación⁽¹⁹⁰⁾. Las radiografías coronales también son de gran utilidad, particularmente en dientes posteriores, para obtener información sobre la dimensión vertical de la cámara pulpar^(190,191).

De igual forma es importante realizar la evaluación clínica del diente a tratar y las estructuras adyacentes; por medio de la cual se observará si el diente se encuentra inclinado o rotado. La palpación de las eminencias óseas es de gran utilidad para establecer la posición de la raíz. El uso de un explorador alrededor de la superficie radicular accesible, en el margen de la encía libre, es útil para hallar irregularidades que indiquen la presencia de raíces fusionadas o raíces adicionales, también se puede obtener información de la anatomía de la furca. Pasar un explorador endodóntico No. 16 a lo largo de las superficies mesial y distal de la raíz, puede aclarar los hallazgos de la dimensión cervical, posición de la raíz, rotación del diente y de la forma transversal de la raíz⁽¹⁹⁰⁾.

Se debe tener criterio tridimensional en todo momento y perfecta visibilidad del área de trabajo⁽⁹⁾. Cuando hay espacio disponible se deben emplear fresas de tallo largo, para evitar la desviación del contraángulo y aumentar la visibilidad⁽¹⁹⁰⁾.

En el caso de dientes en mala posición o con otra dificultad para el acceso, el procedimiento debe realizarse sin el dique de goma, hasta localizar la cámara o los conductos, para mejorar la orientación de la fresa^(190,192). En la superficie vestibular de la corona se puede dibujar una línea que siga el eje longitudinal de la raíz⁽¹⁹²⁾. El progreso de la fresa debe revisarse con frecuencia, tomando radiografías en varias angulaciones^(190,192), la preparación debe estar centrada en el diente⁽¹⁹²⁾.

Deben seguirse los principios para la preparación de la cavidad de acceso: tamaño adecuado y localización correcta, que permiten el acceso directo a los conductos radiculares⁽⁵⁹⁾. Las deficiencias en la cavidad de acceso pueden propiciar que ocurra una perforación⁽²²⁾. De igual forma la eliminación excesiva de estructura dentaria aumenta la probabilidad de que se presente este accidente⁽¹⁹²⁾. Es importante tener presente que la cavidad de acceso no es estática y debe ser modificada por conveniencia en caso de ser necesario⁽¹⁹³⁾.

Durante el acceso la fresa debe alinearse con el eje longitudinal del diente⁽⁵⁹⁾. La fresa debe dirigirse hacia el área de la cámara pulpar de mayor volumen o hacia el conducto más amplio en los dientes multirradiculares, generalmente el distal en molares inferiores y el palatino en los superiores⁽¹⁹⁰⁾.

Una vez realizada la apertura y localizado el o los conductos se debe tomar una radiografía con un instrumento dentro del mismo, para confirmar que se trata del conducto y no de una perforación⁽¹⁹²⁾.

Prevención de las perforaciones durante la preparación de los conductos

Para prevenir las perforaciones durante la preparación de los conductos, se debe obtener un acceso en línea recta a los mismos⁽⁸⁾ y siempre que sea posible, un acceso en línea recta a la primera curva del conducto (por lo general ubicada en el tercio apical de la raíz), con esto se logra un mayor control del instrumento^(192,193), mientras menos curvo esté el instrumento, menor será su tendencia a enderezarse⁽¹⁹²⁾.

Es importante que el conducto esté permeable y suficientemente agrandado antes de utilizar las fresas Gates-Glidden, Walton⁽¹⁹²⁾ recomienda preparar el conducto con una lima número 25 antes de emplear estas fresas. Las fresas Gates-Glidden se deben introducir en la misma dirección del conducto sin forzarlas en sentido lateral. Se debe tener cuidado de no ejercer presión hacia el área de la furca.

Para prevenir perforaciones apicales es fundamental establecer y mantener una adecuada longitud de trabajo, durante todo el procedimiento de limpieza y conformación del conducto^(8,11). Se debe elegir un punto de referencia que se pueda ver con facilidad durante la preparación, de igual forma el punto de referencia debe ser estable, no deben emplearse cementos provisionales ni cúspides socavadas, en el caso de necesitar una cúspide socavada como punto de referencia, debe desgastarse considerablemente antes de la preparación del acceso⁽¹⁹²⁾.

Asimismo, para prevenir las perforaciones, se deben utilizar los instrumentos endodónticos en estricta secuencia, sin omitir ningún tamaño y sin ejercer presión excesiva⁽⁶⁾, para evitar la formación de escalones o el bloqueo del conducto; si alguna de estas complicaciones se presenta, no deben forzarse los instrumentos para reestablecer la longitud de trabajo original⁽⁸⁾.

Se debe tener especial atención durante la preparación de conductos calcificados, para evitar la desviación del instrumento y formación de un nuevo conducto^(22,191). De igual forma, los conductos estrechos, curvos y largos, requieren mayor cuidado durante la preparación⁽¹⁹⁴⁾.

En los conductos curvos de molares se recomienda emplear el limado anticurvatura, donde la preparación se realiza ejerciendo presión hacia las zonas más voluminosas de la raíz (zona de seguridad) evitando las zonas más delgadas (zona de peligro); de esta manera se evita la perforación por desgaste⁽¹⁹³⁾. Por lo general la zona de peligro se encuentra en la pared del conducto que da hacia la furca radicular⁽¹⁹⁴⁾.

Prevención de las perforaciones durante la preparación del espacio para perno

Antes de preparar el espacio para perno, se debe evaluar cuidadosamente si la cámara de acceso es adecuada, así como el tamaño y curvatura de la raíz⁽²²⁾. Se debe considerar la anatomía radicular en sentido mesito-distal, observable en las radiografías y también las variaciones en sentido vestíbulo-lingual⁽⁴⁸⁾. De igual forma se deben realizar controles radiográficos durante el procedimiento⁽⁹⁾.

Cuando el espacio para perno es creado con instrumental rotatorio, es conveniente abrir antes un espacio con un instrumento manual y calor, para ayudar a mantener el espacio centrado dentro del conducto original^(11,22). Adicionalmente, se debe limpiar y examinar periódicamente el conducto para asegurar que la acción cortante de la fresa esté confinada al material de obturación⁽⁶⁾.

Se debe conservar la integridad de la estructura radicular y evitar su debilitamiento o perforación, para ello se debe considerar el tamaño de la fresa en relación con la dimensión y curvatura de la raíz. Las raíces distales de los molares inferiores y las palatinas de los superiores son por lo general las más indicadas para la creación del espacio para perno⁽¹⁹⁵⁾.

Cada diente debe ser evaluado individualmente para establecer la longitud del perno indicada, se debe tener especial cuidado de no debilitar o perforar la raíz⁽¹⁹⁶⁾.

Se debe seleccionar el diámetro adecuado del perno para preservar la estructura radicular y disminuir la incidencia de perforaciones. El diámetro del perno no debe exceder de un tercio del diámetro de la raíz a ningún nivel y el diámetro de la punta del perno usualmente es de 1 milímetro o menos⁽¹⁹⁶⁾. El diámetro debe ser el mínimo necesario para lograr la retención del muñón, debido a que la incidencia de perforaciones es proporcional al diámetro del espacio para perno⁽¹⁹⁷⁾.

III. DISCUSIÓN

Las perforaciones endodónticas han sido clasificadas por varios autores según diversos criterios^(2,3,6-11), sin embargo, la mayoría toma en cuenta la ubicación del defecto en la estructura dentaria y su relación con la cresta ósea y la adherencia epitelial para decidir el tipo de abordaje a realizar^(2,3,6,8,11,12,45,59), así como seleccionar el material más indicado para su sellado⁽³⁶⁾.

La frecuencia con que se pueden presentar las perforaciones por errores de procedimiento ha sido descrita en varios estudios desde un 1,67% hasta un 4,78% de los casos evaluados^(17,18,20,21). Las zonas con mayor posibilidad de perforaciones son el piso de la cámara pulpar de los molares, la superficie distal de la raíz mesial de molares inferiores y la raíz mesiovestibular de los molares superiores⁽²³⁾.

Numerosos estudios han demostrado el efecto de las perforaciones endodónticas sobre los tejidos de soporte^(4,35,38,39,41,42). Los autores coinciden en que la reacción más severa ocurre cuando el defecto no es sellado de manera inmediata^(38,39,41-43) y que mientras más cerca de la adherencia epitelial se encuentre la perforación mayor será la posibilidad de formación de un defecto periodontal difícil de manejar^(4,25,35,38,40) lo cual compromete el pronóstico del diente afectado⁽³⁾. Sin embargo, las perforaciones localizadas más apicalmente que son tratadas de manera adecuada, producen con menor frecuencia complicaciones periodontales⁽¹⁾.

En relación al tipo de abordaje para tratar una perforación endodóntica, varios autores han obtenido buenos resultados al combinar un abordaje no quirúrgico con el quirúrgico^(22,48,66). Por su parte Regan *et al.*⁽³⁶⁾ señalan que

no existe una distinción bien definida entre los casos que deben ser tratados con un abordaje no quirúrgico o los que deben tratarse quirúrgicamente; y que con frecuencia debe adoptarse una combinación creativa de ambos procedimientos. Sin embargo, otros autores opinan que siempre que sea posible debe intentarse el abordaje no quirúrgico antes del quirúrgico^(1,2), este último es más invasivo y podría originar complicaciones como la pérdida de integridad de las estructuras de soporte⁽⁴⁵⁾.

Durante el tratamiento no quirúrgico de las perforaciones puede presentarse la extrusión del material de reparación hacia los tejidos periodontales^(22,25,42,43,58,77,78), lo que por lo general produce un sellado deficiente del defecto y la irritación de las estructuras de soporte, lo cual dificulta la cicatrización^(26,59). Por esta razón, numerosos autores coinciden en que debe evitarse la extrusión del material de reparación empleando un material que sirva de matriz interna^(3,25,46,47,62,65,79-83).

Con el desarrollo de nuevos materiales, procedimientos y técnicas para el tratamiento de las perforaciones se han obtenido mejores resultados⁽³⁶⁾. El empleo del microscopio operatorio ha hecho posible realizar abordajes más conservadores para la reparación de las perforaciones, obteniendo resultados más controlables y predecibles^(3,10,46,58). Sin embargo, Daoudi y Saunders⁽⁸⁵⁾ observaron en su estudio que el empleo del microscopio operatorio facilitó el procedimiento de reparación, pero no tuvo efecto en el resultado del mismo.

En relación a los materiales empleados en el sellado de las perforaciones, la mayoría de los autores coinciden en que es fundamental que este sea biocompatible^(13,36,94,95,96,97,98) y proporcione un buen sellado^(5,15,94,95,96,97,98).

Numerosos materiales han sido utilizados por muchos años para el sellado de las perforaciones endodónticas, sin embargo el sellado con algunos de estos materiales de reparación ha resultado en el desarrollo de un defecto periodontal⁽³⁶⁾. Actualmente se ha generado gran interés en que el material empleado sea bioactivo, es decir que participe activamente en el proceso de regeneración de los tejidos periodontales, cemento, ligamento periodontal y hueso, induciendo la formación de los mismos por parte de las células encargadas^(13,95,96,97).

El MTA ha sido ampliamente estudiado para su uso en el sellado de las perforaciones endodónticas debido a que se ha demostrado que presenta varias características ideales para este fin: igual o superior capacidad de sellado que otros materiales^(85,103-106,123,142,159-164), es biocompatible^(107,109,113,115,116,124,128,165-167) y bioactivo^(112,113,116,115,126,128,168-170). Numerosos autores^(13,49,50,62,67,74) han demostrado buenos resultados con la utilización de este material. Sin embargo, el MTA presenta desventajas como dificultad de manipulación, tiempo de endurecimiento prolongado⁽¹⁵³⁾ y elevado costo^(153,185). De igual forma se ha señalado que este material no debe ser utilizado en perforaciones que se encuentren por encima de la cresta ósea⁽³⁶⁾. Actualmente se encuentra en estudio el cemento de Pórtland en busca de un nuevo material que no presente estas desventajas⁽¹⁵³⁾.

En relación al pronóstico de las perforaciones endodónticas, se ha descrito que depende de la prevención o tratamiento de la infección microbiana en el sitio del defecto. Entre los factores que determinan el pronóstico del tratamiento de las perforaciones se encuentran: el tiempo transcurrido desde que ocurre la perforación hasta que se lleva a cabo el tratamiento, el tamaño y localización de la perforación⁽²⁾, la posibilidad de sellar la perforación y la posibilidad de acceso al conducto principal⁽¹⁾. En líneas generales las

perforaciones recientes, pequeñas y alejadas de la cresta ósea tendrán mejor pronóstico⁽²⁾.

Desafortunadamente existe poca consistencia en relación a los procedimientos empleados en el tratamiento de las perforaciones endodónticas así como en los criterios empleados para evaluar los resultados de dichos tratamientos, por esta razón resulta difícil comparar los diferentes estudios publicados⁽²²⁾. De igual forma, aún cuando numerosos investigadores han descrito resultados favorables después del tratamiento de perforaciones, por lo general estas publicaciones son de naturaleza empírica y contribuyen poco con el soporte basado en evidencia para cualquier procedimiento de reparación específico. Sin embargo, el tratamiento de una perforación endodóntica con frecuencia representa una alternativa atractiva y por lo general exitosa ante la extracción del diente involucrado⁽³⁶⁾.

En cuanto al resultado del tratamiento de las perforaciones, existen pocos estudios que han evaluado estos resultados a largo plazo. El éxito descrito para el sellado de las perforaciones varía entre los diferentes estudios desde un 54,4% hasta un 100%^(7,13,22,73,78), esto es debido a la diferente metodología empleada y a los distintos criterios usados para la evaluación de los resultados.

Varios estudios han demostrado que las perforaciones pueden afectar de manera negativa el resultado del tratamiento de conductos^(14,18,187,188), sin embargo las perforaciones endodónticas por si solas no ponen en riesgo el resultado del tratamiento de conductos, a menos que esté presente una infección concomitante. Esto es debido a que la presencia de una perforación podría impedir que el tratamiento de conducto sea llevado a cabo

correctamente y el tejido infectado remanente constituiría la causa principal del fracaso endodóntico⁽¹⁸⁹⁾.

IV. CONCLUSIONES

1. Las perforaciones endodónticas producidas por errores de procedimiento pueden presentarse durante la realización del tratamiento de conductos o del espacio para perno. Este accidente puede ocurrir por falta de experiencia o de atención por parte del clínico o por la complejidad anatómica o la calcificación del sistema de conductos radiculares. Las perforaciones ocurren con mayor frecuencia en el piso de la cámara de los molares, la superficie distal de la raíz mesial de los molares inferiores y la raíz mesiovestibular de los molares superiores.
2. Las perforaciones endodónticas conllevan a la inflamación de los tejidos periodontales, pero la infección bacteriana y la irritación de los materiales de reparación son los que impiden que ocurra la cicatrización. Las perforaciones ubicadas cerca de la cresta ósea son las más susceptibles a la formación de un defecto periodontal.
3. El diagnóstico temprano y preciso de la presencia de una perforación y su tratamiento adecuado son de gran importancia para el pronóstico del diente. El diagnóstico se debe llevar a cabo por medio de la evaluación de los signos y síntomas, así como por medio del empleo de herramientas como radiografías, puntas de papel, localizadores de ápice y magnificación.
4. El tratamiento de las perforaciones puede ser realizado por medio de un abordaje no quirúrgico, quirúrgico o por una combinación de ambos procedimientos. Sin embargo, siempre que sea posible debe realizarse el tratamiento no quirúrgico y reservar el tratamiento quirúrgico para aquellos casos que no puedan ser manejados por medio de un abordaje

más conservador, donde este abordaje haya fracasado o cuando esté indicado el manejo concomitante de los tejidos periodontales.

5. La utilización de una matriz interna durante el tratamiento no quirúrgico de las perforaciones, previene la extrusión del material de reparación y proporciona una superficie contra la cual condensar este material.
6. Los materiales empleados para la reparación de las perforaciones endodónticas deben: proporcionar un sellado adecuado, no ser irritantes para los tejidos periodontales y ser capaces de promover la regeneración de estos tejidos.
7. En la actualidad y a causa de sus múltiples propiedades el MTA es uno de los materiales más evaluado y utilizado en el sellado de las perforaciones endodónticas. Se ha demostrado que presenta buena capacidad de sellado, es biocompatible y promueve la regeneración de los tejidos perirradiculares.
8. El pronóstico del tratamiento de las perforaciones endodónticas está determinado por varios factores: el tiempo transcurrido desde que se produce la perforación hasta que se lleva a cabo el tratamiento, el tamaño y la localización del defecto, la posibilidad de sellar la perforación y la posibilidad de acceso al conducto principal.
9. Las perforaciones endodónticas pueden afectar de manera negativa el pronóstico del diente afectado, especialmente cuando está presente una infección concomitante y el defecto impida llevar a cabo adecuadamente el tratamiento de conducto.

10. La prevención de las perforaciones endodónticas puede lograrse por medio del conocimiento de la anatomía del diente y la cuidadosa evaluación clínica y radiográfica antes de iniciar el tratamiento de conductos o la preparación del espacio para perno. En vista de los efectos negativos que puede tener una perforación en el pronóstico del diente afectado, siempre será preferible prevenir que ocurra este tipo de accidente antes que tratarlo.

V. REFERENCIAS

1. Sinai IH. Endodontic perforations: their prognosis and treatment. J Am Dent Assoc 1977 Jul; 95(1):90-5.
2. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. Endod Dent Traumatol 1996 Dec; 12(6):255-64.
3. Ruddle C. Retratamiento endodóncico no quirúrgico. En: Cohen S, Burns R. editores. Vías de la Pulpa. 8^{va} edición. España. Editorial Mosby, 2002:918-929.
4. Jew RC, Weine FS, Keene JJ Jr, Smulson MH. A histologic evaluation of periodontal tissues adjacent to root perforations filled with Cavit. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982 Jul; 54(1):124-35.
5. Anonymous Glossary of Endodontics Terms, 7th. edn, Chicago: American Association of Endodontists, 2003. En: Endodontic Topics 2005 11:152-178.
6. Nicholls, E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1962 May; 15:603-12.
7. Stromberg T, Hasselgren G, Bergstedt H. Endodontic treatment of traumatic root perforations in man. A clinical and roentgenological follow-up study. Sven Tandlak Tidskr 1972 Sep; 65(9):457-66.
8. Torabinejad M. Endodontic mishaps: etiology, prevention, and management. Alpha Omegan 1990; 83(4):42-8.
9. Lasala A. Endodoncia. 4^{ta} edición. Barcelona. España. Ediciones Científicas y Técnicas, S.A, 1992:469-482.
10. Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns RC, editores. Vías de la Pulpa 7^{ma} Edición. Madrid, España. Editorial Harcourt S.A, 1999:767-810.
11. Torabinejad M, Lemon RR. Accidentes de procedimiento. En: Walton RE, Torabinejad M editors. Endodoncia. Principios y Práctica Clínica. 2^{da} edición. México. MacGraw–Hill Interamericana, 1997:328-347.

12. Martin LR, Gilbert B, Dickerson AW 2nd. Management of endodontic perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982 Dec; 54(6):668-77.
13. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod* 2004 Feb; 30(2):80-3.
14. Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1961 Jan; 14:83-91.
15. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1967 Apr; 23(4):500-16.
16. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1967 Apr; 23(4):517-30.
17. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979 Mar; 5(3):83-90.
18. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Odesjo B, Engstrom B. Retreatment of endodontic fillings. *Scand J Dent Res* 1979 Jun; 87(3):217-24.
19. Abbott PV. Analysis of a referral-based endodontic practice: Part 1. Demographic data and reasons for referral. *J Endod* 1994 Feb; 20(2):93-6.
20. Lasala A. Accidentes y complicaciones en los tratamientos de conductos. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1982.
21. Eleftheriadis GI, Lambrianidis TP. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *Int Endod J* 2005 Oct; 38(10):725-34.
22. Kvinnsland I, Oswald RJ, Halse A, Gronningsaeter AG. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J* 1989 Mar; 22(2):75-84.
23. Morrow S, Rubistein R. Cirugía endodóntica. En: Ingle J, Bakland L editores. *Endodoncia*, 5^{ta} edición. México. Editorial Mc Graw Hill, 2004:681-758.

24. Weine FS. Tratamiento Endodónico. 5^{ta} Edición. Madrid. España Editorial Harcourt Brace, 1997:305-394.
25. Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. Dent Clin North Am 1992 Apr; 36(2):439-57.
26. Seltzer S, Bender IB, Nazimov H, Sinai I. Pulpitis-induced interradicular periodontal changes in experimental animals. J Periodontol 1967 Mar-Apr; 38(2):124-9.
27. Simon JH, Glick DH, Frank AL. The relationship of endodontic-periodontic lesions. J Periodontol 1972 Apr; 43(4):202-8.
28. Sinai IH, Soltanoff W. The transmission of pathologic changes between the pulp and the periodontal structures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973 Oct; 36(4):558-68.
29. Langeland K, Rodrigues H, Dowden W. Periodontal disease, bacteria, and pulpal histopathology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1974 Feb; 37(2):257-70.
30. Bergenholtz G, Lindhe J. Effect of experimentally induced marginal periodontitis and periodontal scaling on the dental pulp. J Clin Periodontol 1978 Feb; 5(1):59-73.
31. Czarnecki RT, Schilder H. A histological evaluation of the human pulp in teeth with varying degrees of periodontal disease. J Endod 1979 Aug; 5(8):242-53.
32. Torabinejad M, Kiger RD. A histologic evaluation of dental pulp tissue of a patient with periodontal disease. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1985 Feb; 59(2):198-200.
33. Chapple IL, Lumley PJ. The periodontal-endodontic interface. Dent Update 1999 Oct; 26(8):331-6, 338, 340-1.
34. Zehnder M, Gold SI, Hasselgren G. Pathologic interactions in pulpal and periodontal tissues. J Clin Periodontol 2002 Aug; 29(8):663-71.
35. Meister F Jr, Lommel TJ, Gerstein H, Davies EE. Endodontic perforations which resulted in alveolar bone loss. Report of five cases. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1979 May; 47(5):463-70.

36. Regan JD, Witherspoon DE, Foyle DM. Surgical repair of root and tooth perforations. *Endodontic Topics* 2005 11:152-178.
37. Gutmann JL, Harrison JW. *Surgical Endodontics*. 1^{ra} edición. Estados Unidos. Editorial Blackwell Scientific Publications. Boston. 1991:409-448.
38. Seltzer S, Sinai I, August D. Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *J Dent Res* 1970 Mar-Apr; 49(2):332-9.
39. Balla R, LoMonaco CJ, Skribner J, Lin LM. Histological study of furcation perforations treated with tricalcium phosphate, hydroxylapatite, amalgam, and Life. *J Endod* 1991 May; 17(5):234-8.
40. Bergenholtz G, Hasselgren G. Endodoncia y periodoncia. En: Lindhe J, Kaning T, Lang NP editores. *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica*. 3^{ra} edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana, 2000:299-334.
41. Bhaskar SN, Rappaport HM. Histologic evaluation of endodontic procedures in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971 Apr; 31(4):526-35.
42. Lantz B, Persson PA. Periodontal tissue reactions after surgical treatment of root perforations in dogs' teeth. A histologic study. *Odontol Revy* 1970; 21(1):51-62.
43. Fuss Z, Abramovitz I, Metzger Z. Sealing furcation perforations with silver glass ionomer cement: an in vitro evaluation. *J Endod*. 2000 Aug; 26(8):466-8.
44. Kaufman AY, Fuss Z, Keila S, Waxenberg S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *Int Endod J*. 1997 Nov; 30(6):403-7.
45. Delivanis PD, Goerig AC. Repair of perforations. *Quintessence Int Dent Dig* 1981 Sep; 12(9):985-92.
46. Bruder GA 3rd, Mastromihalis N, Foroughi K, Friedman S. Perforation repairs. *N Y State Dent J* 1999 May; 65(5):26-7.
47. Bogaerts P. Treatment of root perforations with calcium hydroxide and SuperEBA cement: a clinical report. *Int Endod J* 1997 May; 30(3):210-9.

48. Behnia A, Strassler HE, Campbell R. Repairing iatrogenic root perforations. *J Am Dent Assoc* 2000 Feb; 131(2):196-201.
49. Tsai YL, Lan WH, Jeng JH. Treatment of pulp floor and stripping perforation by mineral trioxide aggregate. *J Formos Med Assoc* 2006 Jun; 105(6):522-6.
50. Yildirim G, Dalci K. Treatment of lateral root perforation with mineral trioxide aggregate: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006 Nov; 102(5):e55-8.
51. Roane JB, Benenati FW. Successful management of a perforated mandibular molar using amalgam and hydroxylapatite. *J Endod* 1987 Aug; 13(8):400-4.
52. Fava LR, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. *Int Endod J* 1997 Jul; 30(4):250-61.
53. Fuss Z, Assoline LS, Kaufman AY. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996 Sep; 82(3):324-9.
54. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 42:375-87.
55. Kaufman AY, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor-case study of a new method. *J Endodon* 1989; 15(6):267-72.
56. Dumsha TC, Hovland EJ. Problems in radiographic technique and interpretation. En: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, editores. *Problem Solving in Endodontics*. 2da. edición. Mosby, 1992:23-46.
57. Ingle JI, Himel VT, Hawrish CE, Glickman GN, Serene T, Rosenberg PA, *et al.* Preparación de la cavidad endodóntica. En: Ingle J, Bakland L editores. *Endodoncia*, 5^{ta} edición. México. Editorial Mc Graw Hill, 2004:409-580.
58. Daoudi MF. Microscopic management of endodontic procedural errors: perforation repair. *Dent Update* 2001 May; 28(4):176-80.

59. Frank R. Percances endodónticos: su detección, corrección y prevención. En: Ingle J, Bakland L editores. Endodoncia, 5^{ta} edición. México. Editorial Mc Graw Hil, 2004:781-806.
60. Glickman GN, Dumsha TC. Problems in canal cleaning and shaping. En: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, editores. Problem Solving in Endodontics. 2da. edición. Mosby, 1992:91-121.
61. Rodríguez-Ponce A, Forner L. Accidentes y complicaciones en endodoncia. En: Rodríguez-Ponce editor. Endodoncia. Consideraciones Actuales, 1^{ra} Edición. Caracas, Venezuela. Editorial AMOLCA, 2003.
62. Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. Int Endod J 2005 Jan; 38(1):59-69.
63. Duggins LD, Clay JR, Himel VT, Dean JW. A combined endodontic retrofill and periodontal guided tissue regeneration technique for the repair of molar endodontic furcation perforations: report of a case. Quintessence Int 1994 Feb; 25(2):109-14.
64. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod 1999 Mar; 25(3):197-205.
65. Biggs J, Benenati F, Sabala C. Treatment of iatrogenic root perforations with associated osseous lesions. J Endod 1988 Dec; 14(12):620-624.
66. Allam CR. Treatment of stripping perforations. J Endod 1996 Dec; 22(12):699-702.
67. Menezes R, da Silva Neto UX, Carneiro E, Letra A, Bramante CM, Bernadinelli N. MTA repair of a supracrestal perforation: a case report. J Endod 2005 Mar; 31(3):212-4.
68. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. J Endod 1980 Jan; 7(1):17-21.
69. Bramante CM, Berbert A. Influence of time of calcium hydroxide iodoform paste replacement in the treatment of root perforations. Braz Dent J 1994; 5(1):45-51.

70. Bramante CM, Berbert A. Root perforations dressed with calcium hydroxide or zinc oxide and eugenol. *J Endod* 1987 Aug; 13(8):392-5.
71. Himel VT, Brady J Jr, Weir J Jr. Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide. *J Endod* 1985 Apr; 11(4):161-5.
72. De Bruyne MA, De Moor RJ, Raes FM. Necrosis of the gingiva caused by calcium hydroxide: a case report. *Int Endod J* 2000 Jan; 33(1):67-71.
73. Harris W. A simplified method of treatment for endodontic perforations. *J Endod*. 1976; (2):126-134. En: *Quintessence Int Dent Dig* 1981 Sep; 12(9):985-92.
74. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA 3rd. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc* 1999 Jul; 130(7):967-75.
75. Resillez-Urioste F, Sanandajt K, Davidson RM. Use of a resin-ionomer in the treatment of mechanical root perforation: report of a case. *Quintessence Int* 1998 Feb; 29(2):115-8.
76. Kim M, Kim B, Yoon S. Effect on the healing of periapical perforations in dogs of the addition of growth factors to calcium hydroxide. *J Endod* 2001 Dec; 27(12):734-7.
77. Imura N, Otani SM, Hata G, Toda T, Zuolo ML. Sealing ability of composite resin placed over calcium hydroxide and calcium sulphate plugs in the repair of furcation perforations in mandibular molars: a study in vitro. *Int Endod J* 1998 Mar; 31(2):79-84.
78. Benenati FW, Roane JB, Biggs JT, Simon JH. Recall evaluation of iatrogenic root perforations repaired with amalgam and gutta-percha. *J Endod* 1986 Apr; 12(4):161-6.
79. Harbert H. Generic tricalcium phosphate plugs: an adjunct in endodontics. *J Endod* 1991 Mar; 17(3):131-4.
80. Alhadainy HA, Himel VT. An in vitro evaluation of plaster of Paris barriers used under amalgam and glass ionomer to repair furcation perforations. *J Endod* 1994 Sep; 20(9):449-52.

81. Alhadainy HA, Abdalla AI. Artificial floor technique used for the repair of furcation perforations: a microleakage study. *J Endod* 1998 Jan; 24(1):33-5.
82. Jantarat J, Dashper SG, Messer HH. Effect of matrix placement on furcation perforation repair. *J Endod* 1999 Mar; 25(3):192-6.
83. Rafter M, Baker M, Alves M, Daniel J, Remeikis N. Evaluation of healing with use of an internal matrix to repair furcation perforations. *Int Endod J* 2002 Sep; 35(9):775-83.
84. Wong R, Cho F. Microscopic management of procedural errors. *Dent Clin North Am* 1997 Jul; 41(3):455-79.
85. Daoudi MF, Saunders WP. 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. *J Endod* 2002 Jul; 28(7):512-5.
86. Arens D, Chivian N. Endodoncia semiquirúrgica. En: Arens D, Adams W, DeCastro R, editores. *Cirugía en endodoncia*. Barcelona. Ediciones Doyma, 1984:133-157.
87. Rankow HJ, Krasner PR. Endodontic applications of guided tissue regeneration in endodontic surgery. *J Endod* 1996 Jan;22(1):34-43.
88. Zenobio EG, Shibli JA. Treatment of endodontic perforations using guided tissue regeneration and demineralized freeze-dried bone allograft: two case reports with 2-4 year post-surgical evaluations. *J Contemp Dent Pract* 2004 Aug; 5(3):131-41.
89. Uchin RA. Use of a bioresorbable guided tissue membrane at an adjunct to bony regeneration in cases requiring endodontic surgical intervention. *J Endod* 1996 Feb; 22(2):94-6.
90. Pompa DG. Guided tissue repair of complete buccal dehiscences associated with periapical defects: a clinical retrospective study. *J Am Dent Assoc* 1997 Jul; 128(7):989-97.
91. Goon WW, Lundergan WP. Redemption of a perforated furcation with a multidisciplinary treatment approach. *J Endod* 1995 Nov; 21(11):576-9.

92. White C Jr, Certosimo AJ. Combining reconstructive and regenerative therapies. *J Am Dent Assoc* 1997 May;128(5):625-9.
93. Montellano AM, Schwartz SA, Beeson TJ. Contamination of tooth-colored mineral trioxide aggregate used as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *J Endod* 2006 May; 32(5):452-5.
94. Dazey S, Senia ES. An in vitro comparison of the sealing ability of materials placed in lateral root perforations. *J Endod* 1990 Jan;16(1):19-23.
95. Snyder WR, Hoover J, Khoury R, Farach-Carson MC. Effect of agents used in perforation repair on osteoblastic cells. *J Endod* 1997 Mar; 23(3):158-61.
96. 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.
97. Gartner AH, Dorn SO. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 1992 Apr; 36(2):357-78.
98. Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994 Sep;78(3):368-74. Review. En: *J Endod* 2006 May; 32(5):456-9.
99. Macchi, R. Amalgama. En: Barrancos Mooney J. editor. *Operatoria dental*. 3^{ra} Edición. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana, 1999:993-1001.
100. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod*. 1995 Jul; 21(7):349-53.
101. Sidhu SK, Shah PM, Chong BS, Pitt Ford TR. Radiopacity of resin-modified glass-ionomer restorative cements. *Quintessence Int*. 1996 Sep;27(9):639-43. En: *J Endod* 1995 Jul; 21(7):349-53.
102. Moloney LG, Feik SA, Ellender G. Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *J Endod* 1993 Feb;19(2):59-62.
103. Nakata TT, Bae KS, Baumgartner JC. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod* 1998 Mar; 24(3):184-6.

104. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993 Nov;19(11):541-4.
105. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994 Apr; 20(4):159-63.
106. Roy CO, Jeansonne BG, Gerrets TF. Effect of an acid environment on leakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001 Jan; 27(1):7-8.
107. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995 Oct; 21(10):489-92.
108. Osorio RM, Hefti A, Vertucci FJ, Shawley AL. Cytotoxicity of endodontic materials. *J Endod* 1998 Feb; 24(2):91-6.
109. Souza NJ, Justo GZ, Oliveira CR, Haun M, Bincoletto C. Cytotoxicity of materials used in perforation repair tested using the V79 fibroblast cell line and the granulocyte-macrophage progenitor cells. *Int Endod J* 2006 Jan; 39(1):40-7.
110. Makkawy HA, Koka S, Lavin MT, Ewoldsen NO. Cytotoxicity of root perforation repair materials. *J Endod* 1998 Jul;24(7):477-9.
111. Tai KW, Chang YC. Cytotoxicity evaluation of perforation repair materials on human periodontal ligament cells in vitro. *J Endod* 2000 Jul; 26(7):395-7.
112. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2003 Jun; 29(6):407-12.
113. Torabinejad M, Ford TR, Abedi HR, Kariyawasam SP, Tang HM. Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. *J Endod* 1998 Jul; 24(7):468-71.
114. 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.

115. 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. *J Endod* 1997 Apr; 23(4):225-8.
116. Yaltirik M, Ozbas H, Bilgic B, Issever H. Reactions of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod* 2004 Feb; 30(2):95-9.
117. Shahi S, Rahimi S, Lotfi M, Yavari H, Gaderian A. A comparative study of the biocompatibility of three root-end filling materials in rat connective tissue. *J Endod* 2006 Aug; 32(8):776-80.
118. Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *Int Endod J* 2003 Mar; 36(3):147-60.
119. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod*. 1995 Aug; 21(8):403-6.
120. Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoglu H, Orstavik D. Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *J Endod* 2006 Apr; 32(4):345-9.
121. Carr GB, Bentkover SK. Cirugía endodóncica. En: Cohen S, Burns RC editores. *Vías de la Pulpa 7^{ma} Edición*. Madrid, España. Editorial Harcourt S.A, 1999:584-632.
122. Oynick J, Oynick T. Treatment of endodontic perforations. *J Endod* 1985 Apr; 11(4):191-2.
123. Weldon JK Jr, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Sealing ability of mineral trioxide aggregate and super-EBA when used as furcation repair materials: a longitudinal study. *J Endod* 2002 Jun; 28(6):467-70.
124. Koulaouzidou EA, Papazisis KT, Economides NA, Beltes P, Kortsaris AH. Antiproliferative effect of mineral trioxide aggregate, zinc oxide-eugenol cement, and glass-ionomer cement against three fibroblastic cell lines. *J Endod* 2005 Jan; 31(1):44-6.
125. Al-Sabek F, Shostad S, Kirkwood KL. Preferential attachment of human gingival fibroblasts to the resin ionomer Geristore. *J Endod* 2005 Mar; 31(3):205-8.

126. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 1998 Aug; 24(8):543-7.
127. Kettering JD, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995 Nov; 21(11):537-42.
128. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod* 1995 Nov; 21(11):569-71.
129. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Aust Dent J* 2004 Sep;49(3):112-21.
130. Edelberg M. Ionómeros vítreos y compómeros. En: Barrancos Mooney J. editor *Operatoria dental*. 3^{ra} Edición. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana. 1999:635-655.
131. De Bruyne MA, De Moor RJ. The use of glass ionomer cements in both conventional and surgical endodontics. *Int Endod J* 2004 Feb; 37(2):91-104.
132. Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Resinous perforation-repair materials inhibit the growth, attachment, and proliferation of human gingival fibroblasts. *J Endod* 2002 Apr; 28(4):291-4.
133. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil* 2001 Jan;28(1):26-32.
134. Mount GJ. Glass ionomers: a review of their current status. *Oper Dent* 1999 Mar-Apr; 24(2):115-124.
135. Vermeersch G, Leloup G, Delmee M, Vreven J. Antibacterial activity of glass-ionomer cements, compomers and resin composites: relationship between acidity and material setting phase. *J Oral Rehabil* 2005 May;32(5):368-74.
136. Camp MA, Jeansonne BG, Lallier T. Adhesion of human fibroblasts to root-end-filling materials. *J Endod* 2003 Sep; 29(9):602-7.

137. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. FDI Commission Project. *Int Dent J* 1998 Feb;48(1):3-16.
138. Scheerer SQ, Steiman HR, Cohen J. A comparative evaluation of three root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Prevotella nigrescens*. *J Endod* 2001 Jan; 27(1):40-2.
139. Bonson S, Jeansonne BG, Lallier TE. Root-end filling materials alter fibroblast differentiation. *J Dent Res* 2004 May; 83(5):408-13.
140. Greer BD, West LA, Liewehr FR, Pashley DH. Sealing ability of Dyract, Geristore, IRM, and super-EBA as root-end filling materials. *J Endod* 2001 Jul; 27(7):441-3.
141. Pichardo MR, George SW, Bergeron BE, Jeansonne BG, Rutledge R. Apical Leakage of Root-End Placed SuperEBA, MTA, and Geristore Restorations in Human Teeth Previously Stored in 10% Formalin. *J Endod* 2006 Oct; 32(10):956-9.
142. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993 Dec;19(12):591-5.
143. Hamad HA, Tordik PA, McClanahan SB. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *J Endod* 2006 Apr; 32(4):337-40.
144. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996 Oct: 127:1491-1494.
145. Andreasen JO, Munksgaard EC, Bakland LK. Comparison of fracture resistance in root canals of immature sheep teeth after filling with calcium hydroxide or MTA. *Dent Traumatol* 2006 Jun;22(3):154-6.
146. Felipe WT, Felipe MC, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006 Jan;39(1):2-9.
147. Giuliani V, Baccetti T, Pace R, Pagavino G. The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices. *Dent Traumatol* 2002 Aug;18(4):217-21.

148. Hsien HC, Cheng YA, Lee YL, Lan WH, Lin CP. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2003 Aug; 29(8):538-9.
149. Bortoluzzi EA, Juárez Broon N, Hungaro Duarte MA, de Oliveira Demarchi ACC, Monteiro Bramante C. The Use of a Setting Accelerator and Its Effect on pH and Calcium Ion Release of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement. *J Endod* 2006 Oct; 32(12): 1194-1197.
150. Bortoluzzi EA, Araujo GS, Guerreiro Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. *J Endod* 2007 Mar;33(3):325-7.
151. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005 Feb; 31(2):101-3.
152. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod* 2006 Jun; 32(6):569-72.
153. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J Endod* 2006 Mar; 32(3):193-7.
154. Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod* 2003 Dec; 29(12):814-7.
155. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *J Endod* 2005 May; 31(5):376-9.
156. Gancedo-Caravia L, Garcia-Barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endod* 2006 Sep; 32(9):894-6.
157. Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998 Nov;24(11):768-71.
158. Matt GD, Thorpe JR, Strother JM, McClanahan SB. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod* 2004 Dec;30(12):876-9.

159. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995 Mar; 21(3):109-12.
160. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *J Endod* 1998 Mar; 24(3):176-9.
161. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JM. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate. *Pesqui Odontol Bras* 2005 Apr-Jun; 19(2):119-22.
162. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996 Nov; 22(11):575-8.
163. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998 Aug; 24(8):557-60.
164. Hardy I, Liewehr FR, Joyce AP, Agee K, Pashley DH. Sealing ability of One-Up Bond and MTA with and without a secondary seal as furcation perforation repair materials. *J Endod* 2004 Sep; 30(9):658-61.
165. Ribeiro DA, Matsumoto MA, Duarte MA, Marques ME, Salvadori DM. In vitro biocompatibility tests of two commercial types of mineral trioxide aggregate. *Pesqui Odontol Bras* 2005 Jul-Sep; 19(3):183-7.
166. Ribeiro DA, Matsumoto MA, Duarte MA, Marques ME, Salvadori DM. Ex vivo biocompatibility tests of regular and white forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2006 Jan; 39(1):26-30.
167. Sumer M, Muglali M, Bodrumlu E, Guvenc T. Reactions of connective tissue to amalgam, intermediate restorative material, mineral trioxide aggregate, and mineral trioxide aggregate mixed with chlorhexidine. *J Endod* 2006 Nov; 32(11):1094-6.
168. Guven G, Cehreli ZC, Ural A, Serdar MA, Basak F. Effect of Mineral Trioxide Aggregate Cements on Transforming Growth Factor beta1 and Bone Morphogenetic Protein Production by Human Fibroblasts In Vitro. *J Endod* 2007 Apr; 33(4):447-50.

169. Holland R, Filho JA, de Souza V, Nery MJ, Bernabe PF, Junior ED. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod* 2001 Apr; 27(4):281-4.
170. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005 Feb; 31(2):97-100.
171. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Comparison of antifungal activity of white-colored and gray-colored mineral trioxide aggregate (MTA) at similar concentrations against *Candida albicans*. *J Endod* 2006 Apr; 32(4):365-7.
172. Miyagak DC, de Carvalho EM, Robazza CR, Chavasco JK, Levorato GL. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Pesqui Odontol Bras* 2006 Oct-Dec; 20(4):303-6.
173. Nandini S, Ballal S, Kandaswamy D. Influence of glass-ionomer cement on the interface and setting reaction of mineral trioxide aggregate when used as a furcal repair material using laser Raman spectroscopic analysis. *J Endod* 2007 Feb; 33(2):167-72.
174. Walker MP, Diliberto A, Lee C. Effect of setting conditions on mineral trioxide aggregate flexural strength. *J Endod* 2006 Apr; 32(4):334-6.
175. Vanderweele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J Endod* 2006 May; 32(5):421-4.
176. Ferris DM, Baumgartner JC. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004 Jun; 30(6):422-4.
177. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod* 2005 Jun; 31(6):453-6.
178. Oviir T, Pagoria D, Ibarra G, Geurtsen W. Effects of gray and white mineral trioxide aggregate on the proliferation of oral keratinocytes and cementoblasts. *J Endod* 2006 Mar; 32(3):210-3.
179. Hernandez EP, Botero TM, Mantellini MG, McDonald NJ, Nor JE. Effect of ProRoot MTA mixed with chlorhexidine on apoptosis and cell cycle of fibroblasts and macrophages in vitro. *Int Endod J* 2005 Feb; 38(2):137-43.

180. Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* in vitro. *J Endod* 2005 Sep; 31(9):684-6.
181. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro. *J Endod* 2006 Nov; 32(11):1053-6.
182. Stowe TJ, Sedgley CM, Stowe B, Fenno JC. The effects of chlorhexidine gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004 Jun; 30(6):429-31.
183. Min KS, Kim HI, Park HJ, Pi SH, Hong CU, Kim EC. Human pulp cells response to Portland cement in vitro. *J Endod* 2007 Feb; 33(2):163-6.
184. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005 Sep; 31(9):665-8.
185. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of Bismuth Oxide Radioopacifier Content on the Material Properties of an Endodontic Portland Cement-based (MTA-like) System. *J Endod* 2007 Mar; 33(3):295-298.
186. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003 Apr; 95(4):483-9.
187. Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 2004 Jan; 30(1):1-4.
188. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod* 2004 Sep; 30(9):627-33.
189. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc* 2005 Feb; 136(2):187-93.
190. Moreinis SA. Avoiding perforation during endodontic access. *J Am Dent Assoc* 1979 May; 98(5):707-12.
191. Lovdahl PE, Gutmann JL. Problems in locating and negotiating fine and calcified canals. En: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, editores. *Problem Solving in Endodontics*. 2da. edición. Mosby, 1992:69-90.

192. Walton RE. Preparación del acceso y determinación de la longitud de trabajo. En: Walton RE, Torabinejad M editors. Endodoncia. Principios y Práctica Clínica. 2^{da} edición. México. MacGraw–Hill Interamericana, 1997:192-214.
193. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc 1980 Nov; 101(5):792-4.
194. Walton RE, Rivera EM. Limpieza y preparación de la forma final. En: Walton RE, Torabinejad M editors. Endodoncia. Principios y Práctica Clínica. 2^{da} edición. México. MacGraw–Hill Interamericana, 1997:215-250.
195. Abou-Rass M, Jann JM, Jobe D, Tsutsui F. Preparation of space for posting: effect on thickness of canal walls and incidence of perforation in molars. J Am Dent Assoc 1982 Jun; 104(6):834-7.
196. Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. J Prosthodont 1995 Jun; 4(2):122-8.
197. Tinaz AC, Alacam T, Topuz O, Er O, Maden M. Lateral perforation in parallel post space preparations. J Contemp Dent Pract 2004 Aug; 5(3):42-50.