



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**COMPARACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y EL MTA
EN EL TRATAMIENTO DE APICOFORMACIÓN.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

MARÍA CITLALI HERNÁNDEZ OLIVO

TUTORA: Esp. ANA ZUGEY CISNEROS LINARES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi papa, mi ejemplo **Heriberto Hernández Pérez**, por que detrás de este logro estás tú, por tu apoyo, confianza y cariño. Gracias por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño compartido, por alentarme a hacer lo que quiero. Te adoro.

A mi más grande apoyo mi mama **Maribel Olivo Pérez**, este trabajo es la recompensa a tantos años de entrega, desvelos, sacrificios, por tus consejos y por tu apoyo incondicional. Te quiero con todo mi corazón.

A mi amiga, mi compañera, mi hermana **Lluvia Hernández Olivo**, gracias por tu gran paciencia...hemos compartido tanto que mis logros son los tuyos. Siempre juntas. Te quiero.

A mi tutora la **Dra. Ana Zugey Cisneros Linares**, quien fue un ejemplo en la practica, gracias por sus consejos, su ayuda, su comprensión, gracias por su apoyo en la realización de este trabajo muchas gracias.

A la **Dra. Gabriela Ávila Villegas** que aparte de de ser mi jefa se convirtió en un ejemplo de fortaleza, gracias por su comprensión y paciencia en la realización de este trabajo, por contagiarme sus ganas de siempre superarse, y sobre todo por confiar en mi.

A todos muchas gracias.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. FORMACIÓN RADICULAR	3
2. APICOFORMACIÓN	7
2.1. Definición	7
2.2. Etiología	8
2.2.1. Caries	9
2.2.2. Traumatismos	9
2.3. Indicaciones	10
2.4. Contraindicaciones	11
3. HIDRÓXIDO DE CALCIO	12
3.1. Composición	12
3.2. Propiedades	13
4. MTA	19
4.1. Composición	20
4.2. Propiedades	22
5. COMPARACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y MTA EN EL TRATAMIENTO DE APICOFORMACIÓN	27
5.1. Propiedades	27
5.2. Efectos nocivos	34
5.3. Resultados obtenidos	39
5.4. Nivel económico	43
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	46

INTRODUCCIÓN

La apicoformación es un método que induce la formación de una barrera calcificada en un diente con ápice abierto, la continuación del desarrollo apical de una raíz incompletamente formada de dientes con pulpa necrótica, según la Asociación Americana de Endodoncia (AAE).

Este procedimiento es el tratamiento de elección en odontopediatría en pacientes en dentición mixta, que presenten necrosis pulpar en dientes permanentes, con ápice abierto (rizogénesis incompleta), causado por caries o traumatismo. Ya que la necrosis pulpar ocasiona que la vaina de Herwing desaparezca, ocasionando que la formación radicular no continúe, dado que esta estructura estimula a la formación radicular.

Los dientes con ápice inmaduro presentan características especiales, el conducto tiene forma troncocónica, con la base hacia pical, el foramen todavía no formado presenta un diámetro muy amplio, con paredes radiculares delgadas y frágiles. Histológicamente no presentan dentina apical revestida por cemento, estas características dificultan su tratamiento endodóntico por la ausencia de una barrera apical.

La apicoformación estimula a la continuación de la formación de la raíz, a través de sustancias medicamentosas, facilitando posteriormente el tratamiento endodóntico. El hidróxido de calcio, que ha sido el material de elección durante muchos años, desde que fue introducido para su uso en endodoncia por B.W.Herman en 1920.

Es un polvo blanco, alcalino (pH 12.5), posee una concentración del 45.89% de iones de hidroxilo, y un 54.11% de iones de calcio. Presenta propiedades bactericidas, su capacidad de estimular la formación de tejido mineralizado de tipo cementoide (barrera apical), así como su biocompatibilidad con los tejidos.

Actualmente existe otro material utilizado para realizar la apicoformación, el MTA (Mineral trióxido agregado) aprobado por U.S. Food and Drug Administración (Administración o Federación de Drogas y Alimentos de Estados Unidos) en 1998. Esta constituido por silicato tricálcico, silicato dicálcico, Aluminato férrico tetracálcico, sulfato de calcio dihidratado, oxido tricálcico, oxido dicálcico y oxido de bismuto.

Ambos materiales presentan características similares son bactericidas, biocompatibles e inducen a la formación de tejido duro (barrera apical). Pero cada uno presenta distintos resultados. Ya sea por sus propiedades o por su composición, el hidróxido de calcio y el MTA, presentan resultados distintos.

Existen varias investigaciones en donde se han estudiado tanto al hidróxido de calcio como al MTA, sobre sus efectos en los tejidos periapicales, el tiempo que requiere cada uno en la formación de tejido calcificado, su eficacia bacteriana, su sellado marginal.

El propósito de este trabajo es la revisión teórica que existe de ambos materiales, de esta manera comparar ambos materiales, por sus propiedades, sus efectos y sus resultados, para determinar que material es mejor, en la formación de la barrera apical. Determinando cual de estos dos materiales presenta menos problemas a corto, mediano y largo plazo tanto para el paciente, así como para el clínico.

1. FORMACIÓN RADICULAR

“La formación, número, tamaño y forma de las raíces depende del desarrollo del asa cervical, después de la formación del esmalte cuyos extremos empiezan a crecer y profundizar en el ectomesenquima formando la vaina epitelial radicular de Hertwing”¹ (Figura 1).

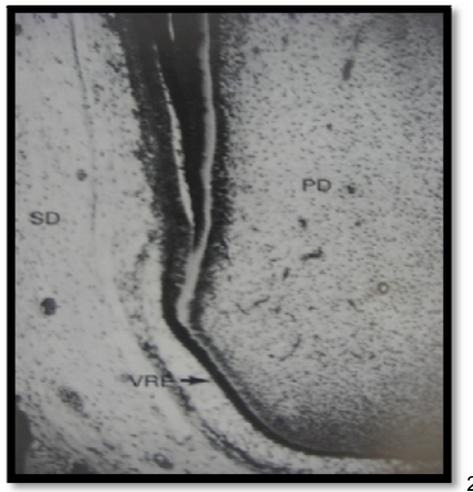


Figura 1. Vaina de Hertwing.

La vaina de Hertwing es la responsable de iniciar y modelar la forma de las raíces, tomando la forma de uno o más tubos epiteliales (según el número de raíces del diente), el orificio apical de cada una de ellas tiene una abertura limitada por un diafragma epitelial.³

Mientras se da el crecimiento radicular, seguirá el depósito continuo de dentina que ocasiona un estrechamiento del conducto radicular a su vez el tejido pulpar se comprime.

¹ Ballesta C., Mendoza A. Traumatología Oral en pediatría: Diagnóstico y tratamiento integral. Brasil: Ed. Ergon, 2003. Pp. 2-24

² Ib. Pág. 2

³ Cohen S. Vías de la pulpa. 8 ed. España: Ed. Elsevier Science, 2002. Pp. 748-841

El cierre apical del diente se debe al depósito de dentina y cemento de igual forma crea la convergencia apical de los conductos radiculares. La raíz no tiene una longitud completa hasta transcurridos 1 a 4 años después de la erupción del diente en la cavidad bucal. ⁴

Investigadores como Nolla estableció un orden de estadios del 0 al 10 todos basados radiográficamente. Determinando como estadio (8), cuando los dientes erupcionan estos presentan un desarrollo de dos tercios de su longitud aproximadamente (Figura 2). El estadio (9) es determinado cuando la raíz alcanza su longitud real esta se obtendrá al cavo de un año después de su erupción.



Figura 2. Diente 36 con ápices inmaduros en el estadio 7 de Nolla

Se ha considerado estadio (10) cuando se ha formado una constricción apical en la proximidad de la unión de la dentina con el cemento. Al mismo tiempo en que se desarrolla la longitud de las raíces, se van engrosando por la aposición dentinaria. Estos estadios tendrán pequeñas variaciones cronológicas dependiendo el individuo. ⁶

⁴ Ib. 799

⁵ Bezerra L., Sada A., Wanderley F. Tratado de odontopediatria. Pp. 741-767

⁶ Canaldo C. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 2ª ed. España: Ed.Masson, 2006. Pp. 212-218

“Hasta que un diente erupcionado no ha terminado su desarrollo se le denomina, diente con ápice abierto, rizogénesis incompleta, ápice inmaduro.”⁷ Los dientes permanentes jóvenes son aquellos que aun no han completado la formación de sus raíces, estos dientes se caracterizan por tener una abertura apical mayor que la que existe en los dientes maduros, como se observa en la figura 3.

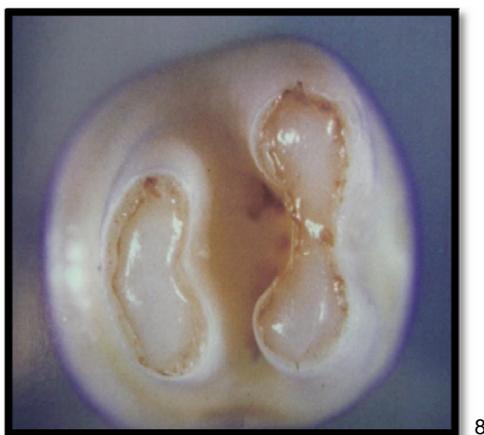


Figura 3. Diente 36 con rizogénesis incompleta. Abertura apical amplia

Los dientes con ápice inmaduro presentan características especiales, el conducto tiene forma troncocónica, con la base hacia pical, el foramen todavía no formado presenta un diámetro muy amplio, con paredes radiculares delgadas y frágiles (Observe la figura 4). Histológicamente no presentan dentina apical revestida por cemento.⁹ Estas características dificultan su tratamiento endodóntico por la ausencia de una barrera apical.

⁷ Tronstad L. Endodoncia clínica. España: Ed. Masson, 1993. Pp. 119-124

⁸ Bezerra L., Sada A., Wanderley F. Tratado de odontopediatria. Pp. 741-767

⁹ Ib. Pág. 741



10

Figura 4. Premolar de humano con ápices inmaduros. Paredes delgadas, frágiles y cortas.

El desarrollo de las piezas dentales depende de muchos factores como son las patologías pulpares, de igual manera las múltiples alteraciones que puede presentar durante su desarrollo tales como caries, sobre carga oclusal, fuerzas ortodónticas, no solo de la edad cronológica. Estos factores pueden causar que la formación radicular de algunos dientes este casi completa prematuramente.¹¹

El crecimiento radicular se detiene en aquellas piezas dentales en los que la pulpa ha sufrido lesiones irreversibles formando como consecuencia una raíz poco desarrollada, la presencia de un ápice abierto crea una pérdida de la relación corona-raíz normal por la detención del crecimiento radicular.

Algunos autores afirman que la vaina epitelial radicular de Herwing no se destruye completamente cuando se necrosa la pulpa del diente en desarrollo. Siendo la apexificación un medio de estimulación para el funcionamiento de la vaina, para continuar el desarrollo apical.¹²

¹⁰ Ib. Pág. 743. "Premolar de humano con ápices inmaduros. Paredes delgadas, frágiles y cortas."

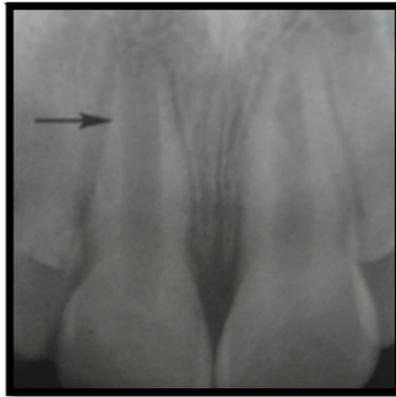
¹¹ Basrani E. Endodoncia Integrada. 1 ed. España: Ed. D'vinni, 1999. Pp.287-297

¹² Ib. Pág.288

2. APICOFORMACIÓN

2.1. Definición

Tratamiento que consiste en la inducción de la formación de una barrera de tejido duro del tipo del osteocemento o similar, a través de materiales que proporcionen las condiciones adecuadas para promover el cierre radicular por calcificación a través de la elongación. Empleado en dientes permanentes jóvenes que presentan degeneración pulpar extensa o necrosis total (Observe la figura 5). Empleado por primera vez por Káiser y Frank en 1964.^{13, 14}



15

Figura 5. Radiografía de piezas dentarias permanentes jóvenes

Su principal objetivo de la apicoformación es el cierre apical que se realiza a través de diferentes pasos, que abarcan el aislado del diente afectado, la realización del acceso a la cámara pulpar eliminando el tejido necrótico, con ayuda de una lima endodoncia, la de mayor calibre. Irrigando con hipoclorito de sodio para terminar de eliminar todo tejido orgánico y necrótico, posteriormente se seca el conducto con puntas grandes de papel.

¹³ Pinkman R. Odontología Pediátrica. México: Ed. Interamericana, 1991. Pp. 423-427

¹⁴ Von Waes H.J.M. Atlas de Odontología Pediátrica. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson, 2002. Pp. 224-228

¹⁵ Basrani E. Óp. Cit. Pág. 288

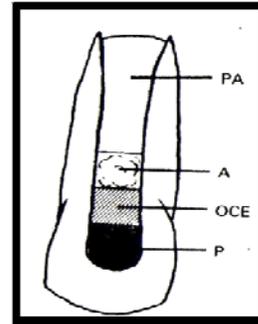
Se colocara intraconducto un material con las propiedades antisépticas y antimicrobianas, procediendo a la colocación del sellado provisional ya que se hará un recambio del material hasta lograr el cierre apical que se observara radiográficamente como se muestra en la siguiente figura.

Diagrama después de la apexificación:¹⁶

(PA) pasta que ayudara al cierre radicular

(A) algodón

(P) sellado provisional



2.2. Etiología

“La caries y los traumatismos dentales constituyen las causas mas frecuentes de lesiones pulpares en dientes permanentes jóvenes.”¹⁷(Figura 6)



18

Figura 6. Diente 36 con ápice inmaduro y lesión periapical

¹⁶ Weine F. Terapéutica en endodoncia. 2ª ed. España: Ed. Salvat, 1991. Pp. 647-665.

¹⁷ Basrani E. Óp. Cit. Pág. 289

¹⁸ Bezerra L. Óp. Cit. Pág. 747 “Diente 36 con ápice inmaduro y lesión periapical.”

2.2.1. Caries

La caries se produce por la interacción de varios factores como son el huésped (diente) dependiendo que tan susceptible sea, la microflora que tan potencialmente cariogénico sea, el sustrato que este proveerá las condiciones nutricionales y energéticas para el desarrollo de los microorganismos (el medio). Otros factores de vital importancia son la composición salival, la higiene bucal y la presencia de fluoruros.¹⁹

Numerosos estudios han determinado que la mayor incidencia de caries en dientes permanentes jóvenes se presenta de los 6 a los 12 años. En un 20% de los niños de seis años presentan pérdida de la estructura dentaria, siendo de mayor incidencia los molares, los incisivos superiores e inferiores son mucho menos susceptibles. Se han revelado que a los siete años aproximadamente el 25% de los primeros molares permanentes se encuentran careados.²⁰

2.2.2. Traumatismos

Se ha determinado que los traumatismos producen grandes daños en la dentición permanente. La incidencia de lesiones dentales por traumatismos en la dentición permanente es de un 20 %, con mayor prevalencia los incisivos superiores en un 70% más afectados que los inferiores. La mayor asiduidad se observa en los niños de entre 8 y 11 años.²¹

¹⁹ Ib. Pág. 290

²⁰ Ib. Pág. 289

²¹ Ballesta C. Óp. Cit. Pág. 18

Puede deberse a diversos factores etiológicos como son las caídas, los accidentes de tránsito, lesiones por peleas, lesiones en pacientes con retraso mental o alguna discapacidad motora. Estudios desde 1994 han determinado que la dentición permanente padece con más frecuencia fracturas coronarias que luxaciones, debido a las características dentales que presentan los dientes permanentes jóvenes que son menor proporción corona/raíz dado que el hueso alveolar es más denso.²²

De igual forma se han obtenido resultados que determinan que los varones en comparación con las mujeres sufren más lesiones en la dentición permanente, la relación varía entre 3:1. Debido a las actividades que desarrollan los varones.

2.3. Indicaciones

Se han determinado una serie de indicaciones para realizar la apicoformación según Walton y Torabinejad. Entre las cuales se encuentran.²³

- Dientes permanentes con desarrollo radicular inmaduro con necrosis pulpar
- Dientes que sea su última instancia de tratamiento
- Dientes reimplantados que no presenten ningún desarrollo radicular después de 3 -6 meses de su reimplantación.
- Dientes sin ninguna fractura horizontal o vertical
- La longitud de la raíz de estar desarrollada aproximadamente mas de la mitad

²² Ib. Pág. 19

²³ Meligy O., Avery D. Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. Pediatric Dentistry, 2006; 28: 248-253

2.4. Contraindicaciones

El procedimiento de Apicoformación algunos autores no lo recomiendan en ciertos casos como son:

- Dientes con ápice cerrado
- Las paredes radiculares se encuentran extremadamente débiles ya que aumentara en riesgo de una fractura.
- Dientes con pulpas vitales
- Dientes temporales
- Presencia de fractura radicular

3. HIDRÓXIDO DE CALCIO

El hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) introducido para su uso en endodoncia por B.W.Herman en 1920. En la actualidad sigue siendo mencionado por varios autores, como el material más apropiado para inducir el cierre apical y la medicación intraconducto.^{24, 25}

3.1. Composición

El hidróxido de calcio es un polvo blanco, alcalino (pH 12.6) poco soluble en agua, obtenido a partir de la calcificación (calentamiento) del carbonato de calcio de esta manera obtener óxido de calcio (cal viva). La hidratación del óxido de calcio se obtiene el hidróxido de calcio. Posee una concentración del 45.89% de iones de hidroxilo, y un 54.11% de iones de calcio (Figura 7).

²⁶



²⁷

Figura 7. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en estado puro

²⁴ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 460

²⁵ Soares I. Goldberg F. Endodoncia: Técnicas y Fundamentos. 1ª reimpresión. Argentina: Ed. Panamericana 2003. Pp. 133-140

²⁶ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 459

²⁷ Ib. Pág. 501

3.2. Propiedades

Las propiedades del hidróxido de calcio derivan de su disociación en iones de calcio e iones de hidroxilo, la acción de esos iones sobre los tejidos y las bacterias determinan sus propiedades biológicas y antimicrobianas.

Los iones de calcio y de hidroxilo actúan en las siguientes etapas:²⁸

- I. La reducción de la intensidad del proceso inflamatorio periapical.
- II. La transformación del tejido inflamatorio de granulación en tejido de granulación reparativo.
- III. Citodiferenciación de células mesenquimatosas indiferenciadas en células de reparación como son, fibroblastos, cementoblastos, y osteoblastos. (Soares 2006)
- IV. Formación de una barrera de tejido duro a través de la secreción de la matriz organizada extracelular que contiene colágeno y glicoproteínas. Enzimas controladas por los mecanismos que causan la deposición de cristales que contiene fosfato y carbonatos insolubles que conduce al cierre biológico. (Leonardo 1993)

La alcalinidad del hidróxido de calcio es una de sus propiedades de mayor importancia, esta se debe a la liberación de iones Ca^+ . La alcalinidad que presenta el hidróxido de calcio es benéfica sobre los tejidos que se encuentran inflamados.²⁹

²⁸ Soares J., Santos S., Silveira F., Nunes E., Silva P., Cesar C. Calcium Hydroxide induced Apexification with root development: A clinical report. JOE, 2008;4:710-719

²⁹ Siqueira J.F., Lopes H.P. Mechanism of antimicrobial of calcium hydroxide: a critical review. JOE, 2004;32:361-369

Se ha comprobado que el hidróxido de calcio actúa sobre la acción de los fluidos tisulares llamada como acción de tapón, principalmente en los casos de necrosis pulpar y lesiones periapicales.³⁰ De igual forma existen investigaciones donde se evidencia la participación de los iones de calcio del hidróxido de calcio en mineralizaciones (barrera de dentina) osteocementarias (sellado apical) en los conductos radiculares.

El proceso de mineralización es una de las propiedades más importantes que se le atribuye al hidróxido de calcio, debido a los iones de calcio que activan la aceleración de la pirofosfatasa, enzima del grupo de las fosfatasas a la cual se le contribuye la función en el proceso de mineralización.^{31, 32}

Esta enzima puede separar a los esteres fosfóricos liberando los iones fosfatos que quedan libres, los cuales reaccionan con los iones de calcio, provenientes de la corriente sanguínea para formar un precipitado en la matriz orgánica, el fosfato de calcio, que es la unidad molecular de la hidroxiapatita.

Los iones de calcio son necesarios para la actividad del sistema de complemento en la reacción inmunológica, activa a la ATPasa (Adenosina Trifosfatasa) la cual de igual forma que la pirofosfatasa, participa en la formación de tejido duro (efecto de mineralización).³³ El hidróxido de calcio también ayuda a la mineralización del colágeno recién formado por la presencia de iones de calcio que contribuye al inicio de la mineralización.

³⁰ Leonardo M. Endodoncia: tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos. 1ª ed. España: Ed. Artes Medicas, 2005, Vol.2 Pp. 1098-1113

³¹ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 481

³² Leonardo M. Óp. Cit. Pág. 1099

³³ Ingle J. Endodoncia. 3ª ed. México: Ed. Interamericana, 1996. Pp. 844-850

Esto gracias a la zona de necrosis, provocada por el hidróxido de calcio, considerada leve por varios autores, que estimula la migración y proliferación de células vasculares para combatir el agente irritante, seguido de la migración y proliferación de células mesenquimales, llegando a la formación de colágeno.³⁴

Las propiedades del hidróxido de calcio también dependen de la unión con otras sustancias o vehículos, estas le pueden dar más radiopacidad, más viscosidad, y la disminución de la solubilidad.^{35,36} Varios autores han analizado las propiedades del hidróxido de calcio y estos vehículos determinando que la asociación con solución fisiológica o agua destilada mostraron resistencia ante los microorganismos aerobios facultativos principalmente *E. faecalis*, como se puede observar en la figura 8.³⁷

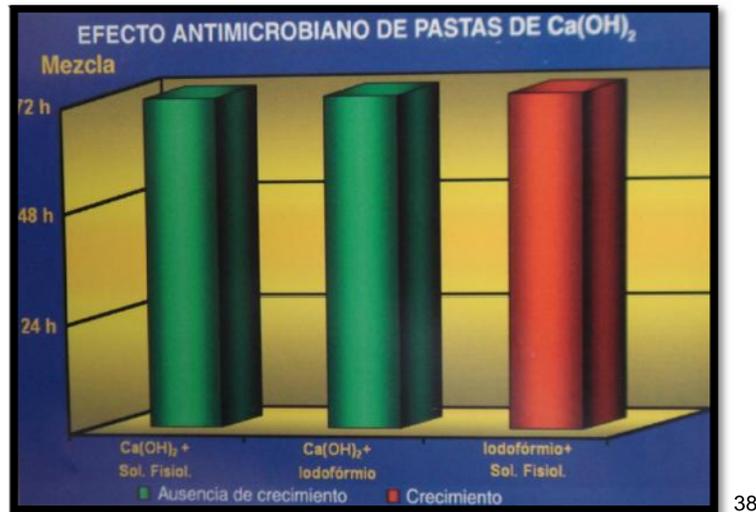


Figura 8. Efectividad antimicrobiana por exposición directa del Ca (OH)₂ en un periodo de 20 min

³⁴ Bezerra L. Óp. Cit. Pág. 750

³⁵ Gordon R., Ronly M. The effect of calcium hydroxide on bovine pulp tissue: variations in pH and calcium concentration. JOE, 2005;7:156-160

³⁶ Siqueira J.F. Op. cit. Pág. 364

³⁷ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 481

³⁸ Ib. Pág. 511.

Entre las características químicas de los vehículos, la hidrosolubilidad favorece el aumento de la velocidad de disociación y difusión iónica en el interior de los conductos radiculares, influenciando en la acción antimicrobiana. También se han determinado características químicas como capacidad de relleno así como la reparación del tejido.³⁹

Basados en las propiedades químicas, la mejor opción como vehículo a ser añadido al hidróxido de calcio es aquel con características hidrosolubles como la solución fisiológica o el agua destilada. Varias investigaciones han determinado el excelente comportamiento biológico de la pasta de hidróxido de calcio asociado al suero fisiológico en el proceso de reparación periapical.^{40, 41}

El efecto del pH del hidróxido de calcio es de gran importancia en la inhibición de la actividad enzimática de las bacterias, afectando el metabolismo celular, actuando en la ionización de grupos de proteínas por la des- configuración y alteración de sus actividades, afectando con esto el crecimiento y la proliferación celular.⁴²

Kodukula observo en varias investigaciones, que en condiciones de un pH elevado, es decir baja concentración de iones hidroxilos, la actividad enzimática de las bacterias es inhibida. Tomando en cuenta que la variación del pH, actúa sobre el crecimiento bacteriano, en la velocidad de las reacciones químicas de las enzimas, y en la alteración del transporte químico a través de la membrana.

³⁹ Felipe M.C., Antoniazzi J.H., Felipe W.T. The effect of the renewal of calcium hydroxide paste on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. JOE, 2005;38:436-442

⁴⁰ Estrela C. Óp. Cit. Pág.471

⁴¹ Leonardo R. Óp. Cit. Pág. 1101

⁴² Soares J. Óp. Cit. Pág. 714

Varios investigadores como la que realizo Pudman, han descrito las consecuencias que se presentan para la actividad bacteriana, por la variación del pH causada por el hidróxido de calcio, describiendo los siguientes procesos como:

- Metabolismo celular
- Alteraciones en el citoesqueleto, pudiendo alterar la forma, la motilidad, la regulación de transporte, la polimerización de elementos
- Activación de crecimiento y proliferación celular
- Conductibilidad y transporte de la membrana
- Volumen isotónico

Otro estudio donde se demostró la acción antimicrobiana del hidróxido de calcio fue por Safavi y Nichols estos autores estudiaron el efecto del hidróxido de calcio sobre LPS (lipopolisacarido) bacteriano que se encuentra en la pared celular de las bacterias. Degradando el lípido A y neutralizando su efecto residual después de la lisis celular.⁴³

Varios autores resaltan el efecto del hidróxido de calcio tanto en las bacterias Gram-negativas y Gram-positivas, inhibiendo las enzimas de la membrana citoplasmáticas de ambos tipos de bacterias, independientemente del efecto del oxígeno sobre su metabolismo que las distribuye en aerobias, microaerofilas y anaerobias.⁴⁴

⁴³ Ib. Pág. 715

⁴⁴ Estrela c. Óp. Cit. Pág.496

Heirthersay y Pashley determinaron que la reducción de la permeabilidad dentaria, es causada por el aumento de la concentración de iones de calcio en el interior de los conductos radiculares, este bloqueo físico disminuye la permeabilidad.⁴⁵

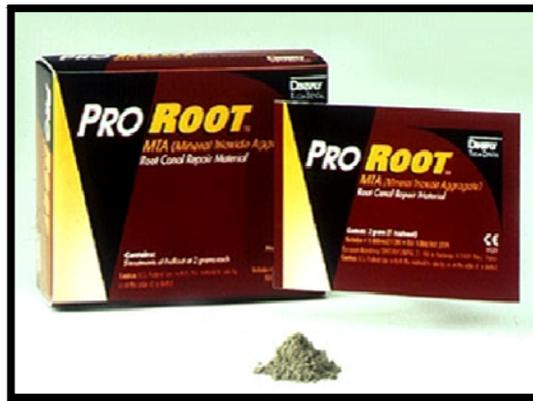
El hidróxido de calcio se considera un material compatible con las células pulpares y no tiene un efecto posterior sobre la proliferación celular y el crecimiento celular de los tejidos periodontales, ya que combate el agente irritante, seguida de migración, de proliferación de células mesenquimatosas.⁴⁶

⁴⁵ Meligy O. Óp. Cit. Pág. 250

⁴⁶ Leonardo M. Óp. Cit. Pág. 1098

4. MTA

Mineral trióxido agregado (MTA) recibió su aprobación por U.S. Food and Drug Administración (Administración o Federación de Drogas y Alimentos de Estados Unidos) en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental por Lee y Cols en 1993. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) surgió en el inicio de los años 90 como un material experimental⁴⁷ (Figura 9).



48

Figura 9. ProRoot MTA gris (Dentsply)

En el 2001 el fabricante de ProRoot MTA, modificó la información acerca de la composición del MTA, añadiendo que el material se compone de un 75% de cemento Portland (cemento empleado en construcciones), el 20% de óxido de bismuto y el 5% de sulfato de calcio dihidratado.⁴⁹

⁴⁷ Parirokh M. Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A comprehensive Literature Review-Part I: Chemical, Physical, Antibacterial properties. JOE, 2010; 36:16-27

⁴⁸ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 781

⁴⁹ Howard W.R., Jeffrey M.T. Mineral Trioxide Aggregate Material uses in endodontic treated: A review of the literatures. Dental Materials, 2008;24: 149-164

En el 2002 se introdujo una nueva presentación del MTA, que es WMTA de color blanco para mejora la estética. Se analizo con la presentación ya existente GMTA de color gris.

Obteniendo que el WMTA posea un tamaño de partícula menor, y menor cantidad en su composición de FeO, causando la disminución de su color. Y presentando un 20% de oxido de bismuto y un 80% de cemento Portland, no contiene en su formula sulfato de calcio con la finalidad de reducir el tiempo de endurecimiento.⁵⁰

4.1. Composición



51

Figura 10. Aspecto macroscópico del polvo de MTA, de color gris

El MTA es un polvo que consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad (Figura 10). La hidratación del polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura.

⁵⁰ Ib. Pág. 150

⁵¹ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 745

El material MTA está compuesto principalmente por partículas de:

- Silicato tricálcico
- Silicato dicálcico
- Aluminato férrico tetracálcico
- Sulfato de calcio dihidratado
- Óxido tricálcico y
- Óxido de silicato
- Oxido de bismuto es el responsable de la radiopacidad del material.⁵²

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

Otros investigadores han analizado al MTA a través de la electroscopia óptica de emisión de plasma, y de igual forma con (XRF) x-espectrometría de fluorescencia de rayos X.⁵³Torabinejad realizo análisis en donde se demostró, que el MTA después de endurecimiento se constituye de oxido de calcio en forma de cristales discretos y fosfato de calcio, con una estructura amorfa, con apariencia granular.

⁵² Parirokh M. Op. cit. Pág. 17

⁵³ Ib. Pág. 19

Se han analizado la composición del MTA con la difracción de Rayos X, Herzong- Flores analizaron la composición físico-química, en donde se obtuvo que el 18% es insoluble en agua, el 0.36% corresponde al MgO y el 90% de CaO. El espectrofotómetro de absorción atómica cuantifica la liberación de iones de calcio del MTA en 24 horas (8,8 ppm), 7 días (10,08 ppm).⁵⁴

4.2. Propiedades

Varios investigadores han examinado tiempo de fraguado del MTA, la expansión, la solubilidad, la compresión, la fuerza de retención, el desplazamiento, el pH, la opacidad a la radiación, el tamaño de las partículas, porosidad, la microdureza y la resistencia a la fractura.

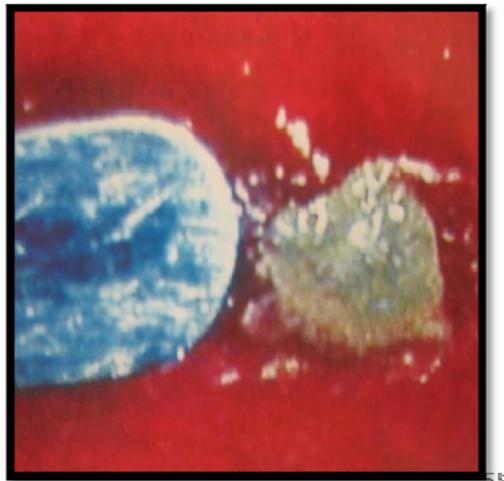


Figura 11. Consistencia del MTA después de la mezcla del polvo con el líquido, adquiriendo un aspecto arenoso, húmedo

⁵⁴ Jabannes M., Hage N., Thorsted P., Koch M., Jens D., Friedman S. Mineral trioxide apical plugs in teeth with open apical formina: A retrospective analysis of treatment outmen. JOE, 2009; 35: 1354-1358

⁵⁵ Estrela C. Op. cit. Pág. 757.

Los análisis y estudios realizados sobre el pH han determinado que el pH después de mezclado es de 10.2 y a las 3 horas, el valor se eleva a 12.5. Otros autores como Weidmann han determinado que el pH se mantiene por un largo tiempo, debido a la constante liberación de iones de calcio y la formación del CH.

Estudios realizados han demostrado, que las principales moléculas presentes en el MTA son los iones de calcio y fosforo. Autores como Torabinejad mencionan que es que la presencia de estos iones es la principal característica por la que el MTA presenta excelente biocompatibilidad, cuando esta en contacto con las células y tejidos, ya que los iones de calcio y fosforo son los principales componentes de los tejidos dentales.⁵⁶

Se han realizado varios estudios sobre la solubilidad del MTA, la mayoría de las investigaciones han determinado de baja a nula solubilidad. Debido a la presencia de oxido de bismuto insoluble al agua. Los autores destacan, que el grado de solubilidad del MTA puede variar dependiendo la cantidad de agua.⁵⁷

Los autores determinan que la mayor cantidad de agua proporciona la porosidad del polvo de MTA y la solubilidad. Informes mencionan que el aumento de agua aumenta la liberación de calcio.

⁵⁶ Oliveria T.M., Sakai V.T., Silva C. Santos C., Andrade A. Mineral Trioxide Aggregate as an alternative treatment for intruded permanent teeth with root resorption and incomplete apex formation. *Dental Traumatology*, 2008; 24:565-568

⁵⁷ Howard W.R. Op. cit. Pág. 150

Antunes Bortoluzzi revelo un aumento significativo de la liberación de iones de calcio durante las primeras 2 horas.⁵⁸ Se ha confirmado que en un cultivo de células bajo la influencia de altas cantidades de calcio regula la proliferación celular (La liberación de calcio esta influenciado por las características clínicas).

Entre las características ideales para un material de obturación, debe ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en una cavidad. La radiopacidad del MTA es de 7.17mm (equivalente al espesor del aluminio y a la de la dentina). Es más radiopaco que materiales como IRM y SuperEBA. Esta característica del MTA se debe al oxido de bismuto (Figura 12).⁵⁹, ⁶⁰



61

Figura 12. Porción apical del conducto radicular relleno ProRoot (distancia A a B). Tiene radiopacidad similar a la dentina

⁵⁸ Ib. Pág. 151

⁵⁹ Parirokh M. Op. Cit. Pág. 19

⁶⁰ Howard W.R. Op. cit. Pág. 155

⁶¹ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 756.

La resistencia compresiva es un factor importante para considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad que soporte cargas oclusales. Debido a que los materiales de obturación apical no soportan una presión directa, la resistencia compresiva de estos materiales no es tan importante. La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 Mpa (Mega pascales), la cual es comparable a la del IRM y Súper-EBA, pero significativamente menor que la amalgama, que es de 311 Mpa.^{62 63}

Estudios realizados han determinado una característica importante del MTA la capacidad de sellado marginal, en comparación con otros materiales como IRM y Súper- EBA. Se debe a su naturaleza hidrofilia, su manipulación en un ambiente húmedo, previene el micro-infiltración bacteriano y la infiltración de endotoxinas.⁶⁴

Una de sus principales propiedades es la actividad antimicrobiana, varios estudios han revelado que esta característica se debe por el elevado pH alcalino y por la concentración de iones hidroxilo.

Hong examino el efecto antimicrobiano del MTA sobre bacterias como *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus salivarius* presentando un gran efecto sobre estas, y un menor efecto bacteriano sobre el *Streptococcus faecalis*.⁶⁵

⁶² Parirokh M. Op. Cit. Pág. 18

⁶³ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 760

⁶⁴ Meligy O. Op. Cit. Pág. 252

⁶⁵ Parirokh M. Óp. Cit. Pág. 23

Varias investigaciones han realizado estudios sobre la toxicidad del MTA, experimentos realizados en cultivo de células, implantes de tejido óseo, en tejido conjuntivo de ratones, dientes de perros entre los estudios más destacados. Demostrando que el MTA presenta un excelente comportamiento biológico.⁶⁶

Una propiedad del MTA, que se ha demostrado es la habilidad para estimular la liberación de las citocinas de los osteoblastos, demostrando que promueve activamente la formación de tejido duro. Otro investigador como Kohn determina otra propiedad del MTA, la estimulación de la producción de citocinas permitiendo la adherencia de las células al material.^{67, 68}

La producción de osteocalcina es otra de las propiedades del MTA, esto ha sido determinado según estudios realizados por Thompson, siendo esta propiedad del MTA capaz de que los cementoblastos produzcan matriz mineralizada. Comprobando de igual manera el aumento de la liberación de interleucinas.⁶⁹

Otros autores han determinado la participación del MTA en la estimulación de la activación de la respuesta celular. Investigadores como Kohn mencionan que esta propiedad se debe a la fase de fosfato de calcio, esta fase causa un cambio en el comportamiento celular, estimulando la adherencia de los osteoblastos al MTA.⁷⁰

⁶⁶ Manticelli F., Brackett W., Loushine R., Rockman R., Ferrari M. Sealing Properties of Mineral Trioxide Aggregate Orthograde Apical and root filling in on In vitro Apexification Model. JOE,2007;53:272-275

⁶⁷ Parirokh M. Óp. Cit. Pág. 22

⁶⁸ Howard W.R. Op. Cit. Pág. 160

⁶⁹ Manticelli F. Op. cit. Pág. 274

⁷⁰ Parirokh M. Óp. Cit. Pág. 20

5. COMPARACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y EL MTA EN EL TRATAMIENTO DE APICOFORMACIÓN

5.1. Propiedades

La apicoformación es un tratamiento que cumple con los objetivos que consisten en la estimulación del cierre apical, por medio de sustancias medicamentosas denominadas de “medicación expectante”, colocadas en el conducto radicular, hasta que sean obtenidas las condiciones anatómicas que permitan el sellado apical definitivo, hermético del conducto radicular.⁷¹

Varios investigadores, han realizado una serie de estudios para encontrar el material que cumpla con las condiciones necesarias para el cierre apical, analizando materiales que posean características como son un potencial antimicrobiano, una histocompatibilidad y por último que posean una capacidad de estímulo de los tejidos del huésped, para favorecer la reparación del tejido.⁷²

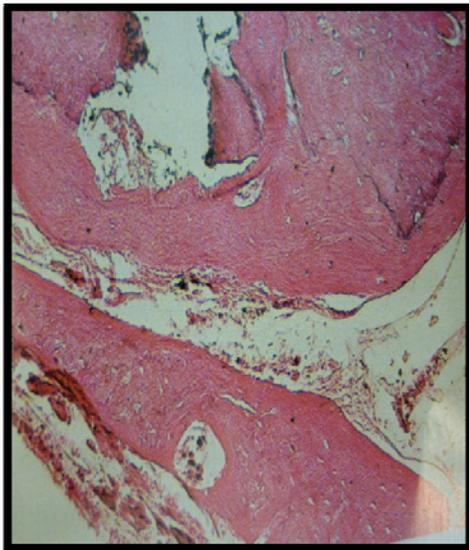
Por muchos años el Hidróxido de calcio ha sido el material de elección en la apicoformación utilizado en todo el mundo. En la actualidad se ha comenzado a utilizar de igual forma el MTA para la apicoformación, por sus propiedades haciendo a un lado al Hidróxido de calcio.

⁷¹ Bezerra L. Óp. Cit. Pág. 745

⁷² Leonardo M. Óp. Cit. Pág. 1102

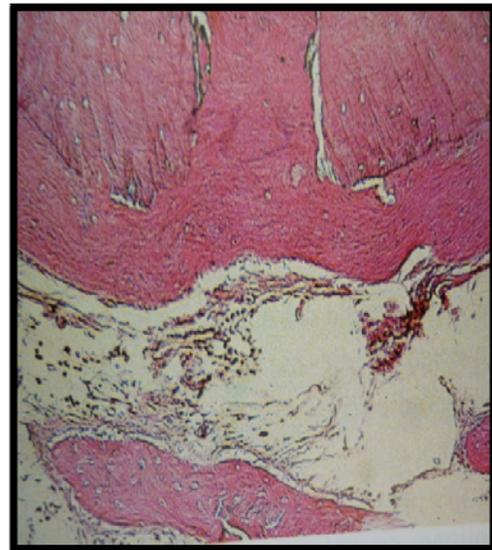
El Hidróxido de Calcio es un buen material por su composición $\text{Ca}(\text{OH})_2$, (Disociación iónica) para el tratamiento de dientes inmaduros. Ya que presenta propiedades deseables como la inhibición de las enzimas bacterianas, lo cual conduce al efecto antimicrobiano y a la activación enzimática del tejido que motiva el efecto mineralizador.⁷³

El hidróxido de calcio presenta grandes propiedades biológicas, una de las más importantes, es la inducción de la reparación por la formación de tejido duro (Foreman & Bornes 1990), con características muy similares al tejido duro formado por la dentina.⁷⁴ Debido a que el Hidróxido de calcio crea un ambiente propicio para la formación de osteocemento (Figura 13, 14).



75

Figura 13. Corte histológico 100x, diente biológico, obturado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se observa un 100X. Sellado biológico completo 7 días.



76

Figura 14. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -14 días. Sellado exentó de células inflamatorias H.E.

⁷³ Jacobovitz M., Pantes R.K. The use of Calcium Hydroxide and mineral trioxide aggregate on apexification of a replanted tooth: A case report. Dental Traumatology, 2009;25:32-36

⁷⁴ Siqueira J.F. Óp. Cit. Pág. 366

⁷⁵ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 489.

⁷⁶ Ib. Pág. 489.

Una de las principales características que presenta el Hidróxido de calcio, por la cual ha sido un material de elección en casos de dientes inmaduros con necrosis pulpa (existe mayor proliferación bacteriana), es el daño que provoca al ADN, ya que los iones de hidroxilo reaccionan con el ADN de las bacterias, provocando su división de la serie, causando la inhibición de la replicación y actividad celular.⁷⁷

Existen investigaciones en donde se han comparado los efectos del hidróxido de calcio y el MTA, como es el caso de la investigación realizada por Holland, en donde se implantaron en el tejido subcutáneo de ratones tubos de dentina rellenos con MTA o con hidróxido de calcio. En donde se observó, que con el hidróxido de calcio había formaciones de granulaciones de calcita, en el interior de los túbulos dentinarios birrefringente a la luz polarizada.

Los resultados observados con el MTA, fueron similares con los del hidróxido de calcio, el número de granulaciones de calcita con el hidróxido de calcio era menor, que con el MTA dado que las granulaciones estaban en contacto con el material estudiado en este caso el MTA, lo que no sucedía con el hidróxido de calcio.⁷⁸

Existen estudios realizados por Heling en 1992, en donde se muestra que el hidróxido de calcio, requiere de más de diez días para lograr la desinfección de los túbulos dentinarios infectados por bacterias facultativas.

⁷⁷ Siqueira J.F. Óp. Cit. Pág. 368

⁷⁸ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 468

Siqueira y Uceda en 1996, demostraron de igual forma la incapacidad del hidróxido de calcio en la desinfección de los túbulos dentinarios, principalmente en la eliminación de *E.Fecalis*, *F.nucleatum* incluso después de una semana de contacto.⁷⁹

Se ha demostrado que una de las principales desventajas que presenta el hidróxido de calcio, es que sus efectos van a depender del vehículo que se utilice, ya que el vehículo asume un papel coadyuvante en las propiedades del hidróxido de calcio, confiriéndole características químicas como la disociación, difusión y su capacidad de relleno.

Estas propiedades son decisivas sobre el potencial antimicrobiano y su capacidad de reparación de tejidos del hidróxido de calcio. Entre las características químicas de los vehículos, ya que cada uno de los vehículos utilizados presenta distintas propiedades.

La hidrosolubilidad favorece el aumento de la velocidad de disociación y difusión iónica en el interior de los conductos radiculares. Uno de los vehículos que disminuye el pH del Hidróxido de Calcio es el paramonoclorofenol (PMCC).⁸⁰

Safavi y Nakamaya analizaron la influencia de los vehículos como la glicerina y el propilenoglicol en la disociación del hidróxido de calcio. Obteniendo que la conductividad del hidróxido de calcio con la glicerina y el propilenoglicol fue de cero.

⁷⁹ Ib. Pág. 368

⁸⁰ Soares I.J. Op. cit. Pág. 134

Causando una considerable decreciente de la efectividad antimicrobiana del hidróxido de calcio. Ya que el efecto antimicrobiano depende de la velocidad de la liberación de los iones de hidroxilo en los túbulos dentinarios.⁸¹

Estudios realizados por investigadores como Siqueira y Alves en 1996 y Uzeda en 1997, mediante test de difusión de agar, comprobaron que el hidróxido de calcio asociado a sustancias inertes como el agua destilada, solución salina o glicerina fue incapaz de inhibir el crecimiento de bacterias anaerobias facultativa⁸² (Figura 15, 16).



Figura 15. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + suero fisiológico - reparación parcial, presencia de células inflamatorias-H.E. 40X (Holland 1999)

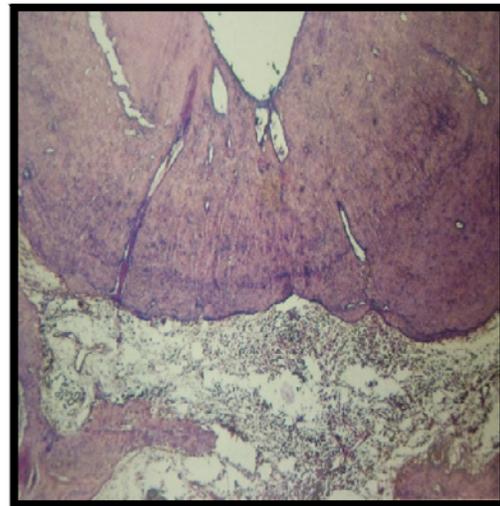


Figura 16. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ +PMCC, Ligamento periodontal con ausencia de organización presencia de células inflamatorias

⁸¹ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 762

⁸² Siqueira J.F. Óp. Cit. Pág. 367

⁸³ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 493

⁸⁴ Ib. Pág. 493

El efecto antibacteriano del hidróxido de calcio es una de sus principales propiedades, este efecto se debe a su pH alto, siempre y cuando conserve su pH, ya que por la necesidad de difundirse por los tejidos, en ocasiones el hidroxilo se reduce como resultado de la acción de los sistemas de amortiguadores (bicarbonato y fosfato) presente en los tejidos, la acción antibacteriana del hidróxido puede ser reducida o inhibida (Siqueira 1998).⁸⁵

Otro factor que se debe tomar en cuenta en el uso del Hidróxido de Calcio es que no presenta radiopacidad, necesaria para saber si el material ah sido colocado completamente en el conducto radicular. Necesario para que el Hidróxido de Calcio lleve acabo sus efectos antimicrobianos.

En comparación con el MTA en donde en varios estudios se ha demostrado presentar mayor radiopacidad que materiales como amalgama, IRM y que la dentina. Debido a la presencia de oxido de bismuto presente en su composición en un 25 %.⁸⁶

Varios estudios han informado el gran potencial que presenta el MTA en su capacidad de sellado, en comparación del hidróxido de calcio en los dientes con ápice abierto. Ya que la presencia de líquidos de los tejidos causan la disociación del hidróxido de calcio mucho mas rápido.

⁸⁵ Siqueira J.F. Óp. Cit. Pág. 367

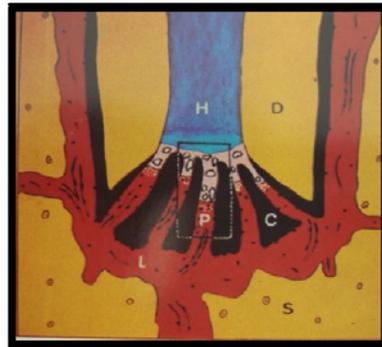
⁸⁶ Felipe M.C. Óp. Cit. Pág. 438

Una de las características del MTA, se puede utilizar en presencia de humedad en la raíz. Existen estudios donde se colocó MTA en zonas contaminadas con sangre, demostrando excelente habilidad de sellado, pues la filtración marginal que se produjo en la interfaz material/pared dentaria fue mínima.⁸⁷ Importante en dientes con necrosis ya que hay presencia de exudados, en el ápice radicular.⁸⁸

Estudios realizados comparando el sellado marginal del Hidróxido de Calcio con el MTA. Obteniendo un mejor sellado marginal del MTA en 48 horas, debido a la interacción del MTA con PBS causando el depósito de apatita que mejora el sellado de los tapones de MTA. En comparación del tiempo de que tarda el Hidróxido de Calcio en formar una barrera apical, el tiempo es impredecible (Figura 17,18).^{89,90}



91



92

Figura 17. Aspecto macroscópico de diente inmaduro con MTA gris

Figura 18. Representación esquemática del ápice de un diente de perro obturado con Ca(OH)₂

⁸⁷ Estrela C. Op. cit. Pág. 761

⁸⁸ Howard W.R. Op. Cit. Pág. 158

⁸⁹ Ib. Pág. 154

⁹⁰ Jacobovitz M. Óp. Cit. Pág. 34

⁹¹ Stefopoulos S., Tsats V., Kerezoudis N.P., Eliades G. Comparative in vitro study of the sealing efficiency of white vs. grey ProRoot mineral trioxide aggregate formulas as apical barriers. Dental Traumatology,2008; 24: 207-213

⁹² Estrela C. Op. cit. Pág. 466

Una de las principales desventajas del MTA es el tiempo que tarda en endurecer (Adbullah), es uno de los mas largos de los materiales de obturación. Deal realizo varios estudios en donde obtuvo que el ProRoot su tiempo de endurecimiento es de 156 minutos. Tomando en cuenta que un material de obturación debe endurecer lo mas rápido posible para evitar que experimente contracciones significante.⁹³

5.2. Efectos nocivos

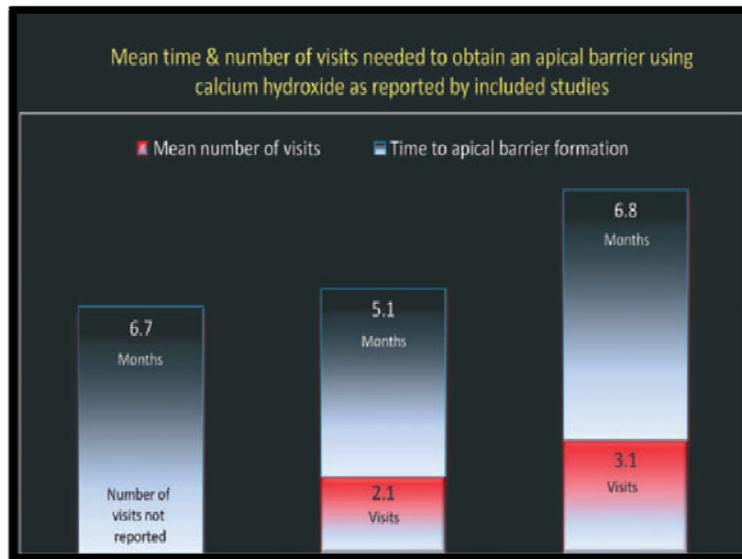
Las investigaciones realizadas sobre los efectos que producen el Hidróxido de Calcio y el MTA en la apicoformación. Se han obtenido variedad de resultados.

El Hidróxido de Calcio presenta desventajas para su uso, el largo tiempo que requiere el tratamiento y la necesidad de múltiples citas para la renovación periódica del Hidróxido de Calcio, para concluir con la formación de la barrera apical (Apicoformación).⁹⁴ Debido a las barreras físicas y químicas que proporciona la dentina al proceso de apicoformación, se requieren de varios meses (Leonardo et. 2002).⁹⁵

⁹³ Ansay M., Day P., Duggal M., Brunton P. Interventions for Treating Traumatized necrotic Inmature Permanent anterior teeth: Inducing a calcify Barrier & root strengthening. Dental Traumatology, 2009;25:367-379

⁹⁴ Meligy O. Op. Cit. Pág. 251

⁹⁵ Soares J.Óp. Cit. Pág. 715



96

Figura 19. Media de tiempo y numero de visitas para obtener una barrera apical empleando hidróxido de calcio en múltiples visitas para la apexificación.

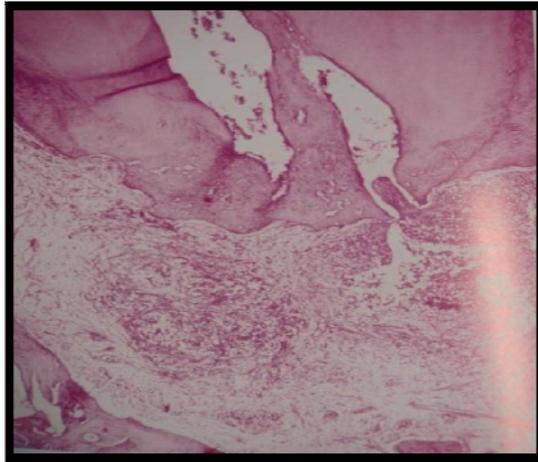
Varios investigadores mencionan que la renovación del hidróxido de Calcio, se debe, a la gran abertura que presentan los dientes con formación radicular incompleta, causando la presencia de exudado inflamatorio en la región apical. Aumentando la velocidad de la disolución de la pasta, haciendo necesaria su renovación periódicamente (Figura 19).⁹⁷ En comparación del MTA en donde el procedimiento puede ser completado en una o dos sesiones de, lo que permite restaurar el diente en un corto plazo y así evitando la exposición prolongada de la dentina radicular.⁹⁸

⁹⁶ Ansay M., Op. Cit. Pág. 375

⁹⁷ Felipe M. Op. Cit. Pág. 439

⁹⁸ Jabannes M. Op. Cit. Pág. 1355

El uso del Hidróxido de Calcio para barrera apical, presenta una gran desventaja. El riesgo de re-infección como consecuencia de la obturación provisional colocada por un largo periodo. Ya que el Hidróxido de Calcio requiere un periodo de 5 a 20 meses para la inducción de tejido calcificado (barrera apical)^{99, 100} (Figura 20).



101

Figura 20. Ápice radicular de un diente de perro con intenso infiltrado inflamatorio y reabsorción ósea ocasionado por la contaminación debido al desplazamiento del sellado provisional.

Estudios han evaluado el efecto del recambio del Hidróxido de Calcio, obteniendo que la renovación mensual de ese material afecte negativamente a las propiedades mecánicas de la dentina radicular, ya que los dientes permanentes jóvenes con ápice abierto presentan raíces de paredes delgadas y frágiles, lo que hace a la raíz mucho más susceptible de la fractura. (Andreasen 2002-2006). El uso de MTA ayuda a reforzar al diente de una fractura radicular, dada sus propiedades (Bartoluzzi et. 2007)¹⁰²

⁹⁹ Ib. Pág. 1354

¹⁰⁰ Manticelli F. Op. cit. Pág. 273

¹⁰¹ Bezerra L. Óp. Cit. Pág. 752

¹⁰² Soares J. Óp. Cit. Pág. 716

Finucane y Kinirons (1999) y Kinirons et. (2001), Obtuvieron a través de varios estudios, que la tasa de la formación de la barrera apical de tejido calcificado es directamente proporcional a la frecuencia de las renovaciones del Hidróxido de Calcio.¹⁰³

En comparación con el uso del MTA que debido a sus excelentes propiedades, sus capacidades biológicas crean un buen sellado biológico con un espesor mínimo de 3mm de material. Y un espesor de 5mm para la eliminación total de la filtración bacteriana.¹⁰⁴

Autores como Cvek 1976 y Weber 1984, afirmaban que la extrusión del Hidróxido de Calcio hacia los tejidos periapicales no era de preocupación, ya que la pasta era reabsorbida e incluso estimulaba el depósito de tejido duro.¹⁰⁵ Actualmente estudios han demostrado que la presencia continua de Hidróxido de Calcio en los tejidos periapicales influye positivamente pero en la intensidad de la inflamación y negativamente a la formación de tejido calcificado.¹⁰⁶

En comparación del MTA, en donde estudios clínicos realizados demuestran que la intrusión del MTA, por la amplitud del ápice abierto, o mala colocación del material no afecta, por las características de compatibilidad con los tejidos. El MTA permite el crecimiento de cemento sobre su superficie y la re inserción de los tejidos periodontales, no obstruyendo al cierre apical.¹⁰⁷

¹⁰³ Felipe M. Op. Cit. Pág. 438

¹⁰⁴ Manticelli F. Op. cit. Pág. 274

¹⁰⁵ Jabannes M. Op. Cit. Pág. 1356

¹⁰⁶ Olivera T.M. Op. Cit. Pág. 567

¹⁰⁷ Jabannes M. Op. Cit. Pág. 1357

Una de las principales desventajas del uso del MTA, demostrada a través de varios estudios, entre ellos el de Jacobovitz y Lima, que han puesto de manifiesto, el uso de este material causa un cambio de coloración (discromía) en la corona del diente (Figura 21), incluso utilizando el MTA de color blanco (WMTA).¹⁰⁸



109

Figura 21. Corona clínica con cambio de coloración por WMTA

¹⁰⁸ Jacobovitz M. Op. Cit. Pág. 35

¹⁰⁹ Ib. Pág. 35.

5.3. Resultados obtenidos

Se han realizado varios estudios analizando las propiedades del hidróxido de Calcio en la apicoformación, así como el MTA, y sus propiedades sobre la realización del cierre radicular en dientes permanentes inmaduros, es decir con ápice abierto.

Uno de los estudios de comparación del hidróxido de calcio y el MTA en la apicoformación, analizaron la evolución radiográficamente y clínicamente en periodos de 3,6 y 12 meses del cierre biológico. A los 8 meses los dientes tratados con Hidróxido de Calcio no había presencia de formación de barrera de tejido duro, logrado su formación hasta los 3 años. En comparación de los dientes tratados con MTA a los 12 meses ya existía un cierre apical¹¹⁰ (Figura 22,23).



Figura 22. Diente tratado con MTA, cierre a los doce meses



Figura 23. Diente tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ formación del cierre apical a los 3 años

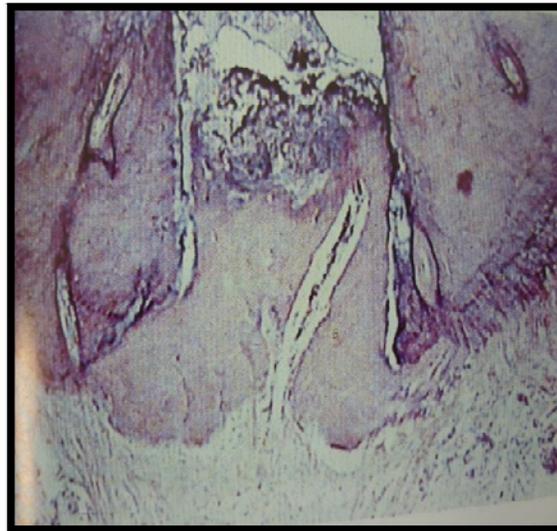
¹¹⁰ Oliveria T.M. Óp. Cit. Pág. 567

¹¹¹ Ib. Pág. 568

¹¹² Ib. Pág. 568

Estudios realizados en dientes de perros con ápice abierto con lesión periapical utilizando MTA, obtuvieron mayor incidencia del cierre apical así como menos inflamación. Otro estudio realizado en dientes de monos con conductos radiculares infectados y con ápice abierto, utilizando MTA e hidróxido de calcio. Se obtuvo que la mayor formación de tejido duro fue con el MTA así como niveles más bajos de inflamación después de 90 días.¹¹³

Otros estudios retrospectivos sobre el uso del hidróxido de calcio y el MTA en ápices inmaduros, se a obtenido, que el uso del MTA presenta reacciones tisulares leves, un puente de dentina de 0.28mm, en aproximadamente 2 meses, sin existencia de inflamación. En comparación con el hidróxido de calcio que existe la presencia de inflamación, un puente de dentina con un espesor de 0.15mm (Figura 24).¹¹⁴



115

Figura 24. Obturación del conducto radicular de perro con MTA, 180 días. Sellado biológico, nuevo cemento. Ligamento periodontal exento de proceso inflamatorio (H.E. 100x)

¹¹³ Parirokh M., Torabinejad M. Minereral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review- Part III. Clinical Applications, Drawbacks and Mechanism of action. JOE, 2010;36:400-4013

¹¹⁴ Howard W.R. Op. Cit. Pág. 154

¹¹⁵ Estrela C. Óp. Cit. Pág. 773.

Varios estudios han demostrado que el MTA es una alternativa en la apicoformación, puesto que los dientes presentan ausencia de síntomas clínicos, la inflamación externa desaparece, así como un buen sellado los informes de los estudios mencionan que el espesor debe ser de 3mm para lograr un buen sellado.^{116,117}

Aunque hay informes que mencionan un mínimo de 4mm para un sellado apical. Se ha comprobado que con 5mm de espesor apical ayuda a la eliminación total de la filtración bacteriana hasta por 49 días. Presentando resistencia a la penetración bacteriana de *E. faecalis* y de igual forma a los actinomicetes.^{20, 21}

Estudios clínicos con animales, demuestran que el uso del MTA en la apicoformación ha reportado que del 77% al 88% de los casos analizados presentan un cierre apical completo en un tiempo de 1 a 3 años, después de la colocación de MTA. Una de las ventajas del MTA es su completa y duradera obliteración del conducto radicular, después de su colocación inicial.¹¹⁸

En cambio el Hidróxido de Calcio presenta un 84% de los casos analizados, presentan una barrera de tejido duro, en un tiempo relativo de entre 5 a 20 semanas. El cierre completo con el Hidróxido de Calcio es en un tiempo impredecible, dependiendo de la apertura apical.¹¹⁹

¹¹⁶ Oliveria T.M. Óp. Cit. Pág. 566

¹¹⁷ Siqueira J.F. Op. Cit. Pag. 364

¹¹⁸ Marcos J. R., Pontes deLima K. The use of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate and apexification of a replanted tooth a case report. *Dental Traumatology*,2009;25:32-36

¹¹⁹ Ib. 34

El hidróxido de calcio presenta una gran ventaja sobre el MTA ya que el hidróxido sigue siendo soluble, presenta difusión progresiva, interacción celular con los fluidos de la región periapical (Leonardo 2002, Estrela y Holland 2003). Continuando con el desarrollo radicular, con un espesor normal, que causa un apoyo en la raíz que reduce el riesgo de una fractura vertical, gracias al tejido mineralizado recién formado.¹²⁰

Existen estudios como los realizados por Camilleri 2007, Santos et. 2005, donde se menciona que el MTA es un material poroso que se define como gel rígido, que justifica la reducción de la liberación de iones de Ca y OH, en un medio circundante, pudiendo reducir la acción inductora del desarrollo radicular.¹²¹

Diversos análisis realizados comparando el hidróxido de calcio y el MTA, se han obtenido resultados mostrando que la actividad antimicrobiana de la pasta de hidróxido de calcio es superior a la de MTA. Gracias a la mayor velocidad de la liberación de los iones de hidroxilo, y a la difusión de los iones de hidroxilo en el interior de los túbulos dentinarios.¹²²

¹²⁰ Soares J. Óp. Cit. Pág. 716

¹²¹ Ib. Pág. 716

¹²² Estrela C. 766

5.4. Nivel económico

Los materiales utilizados intraconducto, varían en sus precio, dependiendo de su marca comercial, cantidad de cada uno. Uno de los principales inconvenientes del uso del MTA, es su alto costo. Es comercializado por Dentsply con el nombre comercial de ProRoot-MTA (Gris) y MTA-Ángelus (Blanco)

Su presentación comercial, contiene 1 gramo, además de una jeringa aplicadora, tres pequeños tubos flexibles con agua destilada, cada paquete diseñado para un solo uso, a un costo de \$300 dólares aproximadamente dependiendo su marca comercial. Su alto nivel económico dificulta su uso, de igual forma es difícil manipular para su colocación en el conducto, en su consistencia natural. ¹²³El alto precio del MTA dificulta su uso, a lado del hidróxido de calcio que tiene un precio accesible, siendo por esta cuestión por la cual es muy utilizado en apicoformación.

¹²³ Meligy O. Op. Cit. Pág. 250

CONCLUSIONES

A través del análisis de los diversos estudios realizados sobre el hidróxido de calcio y el MTA como materiales utilizados en el procedimiento de apicoformación. Podemos concluir que el mejor material para el procedimiento en la apicoformación, es el MTA, ya que presenta menos efectos que el hidróxido de calcio.

Dado que se ha comprobado que el hidróxido de calcio presenta desventajas importantes como es el tiempo que tarda en la formación de una barrera calcificada, su tiempo de formación de una barrera es impredecible y depende de varios factores como es el recambio continuo hasta que logra formar una barrera de tejido duro, ya que por la existencia de fluidos se disuelve con mayor rapidez.

Provocando con esto la mayores citas, y mucho mas propenso a la fractura de la raíz, tomando en cuenta que estas se caracterizan por su fragilidad y su delgadez. De igual forma el uso del hidróxido de calcio causa una re-infección en la mayoría de los casos, según los estudios realizados, dado que solo se obtura al diente con una restauración provisional, probando la microfiltración bacteriana, esta también se presenta por el recambio continuo y la entrada de nueva cuenta de bacterias al conducto.

Por estos datos, podemos concluir que el MTA es el mejor material para la apicoformación, dado que este material forma una barrera de tejido calcificado en un tiempo de doce meses aproximadamente, pero desde la primera cita se puede obturar al conducto definitivamente. Haciendo a las raíces mas resistentes, ayudando a un mejor sellado evitando la microfiltracion bacteriana.

Otra de sus principales ventajas para su uso, es que endurece mucho más rápido en presencia de fluidos, provocando que no requiera de recambios. Presenta una radiopacidad parecida a la de la dentina facilitando su observación radiográfica en su uso. Y es un material biocompatible con los tejidos.

BIBLIOGRAFIA

- Ballesta C., Mendoza A. Traumatología oral en pediatría: diagnóstico y tratamiento integral. Brasil: Ed. Ergon, 2003. Pp. 2-24
- Basrani E. Endodoncia integrada. España: Ed. D´vinni, 1999. Pp. 287-297
- Bezerra L. Sadia A. Wanderley F. Tratado de odontopediatria. Pp. 741-767
- Canaldo C. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas, 2ª ed. España: Ed. Masson, 2006. Pp. 212-218
- Cohen S. Vías de la pulpa. 8ª ed. España: Ed. Elsevier Science, 2002. Pp. 748-841
- Estrela C. Ciencia endodoncia, Brasil: Ed. Artes Medicas, 2005. Pp. 459-775
- Felippe M. C. Antoniazzi J.H., Felipe W.T. The effect of the renewal of calcium hydroxide paste on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. JOE, 2005;38:456-442
- Gordon R., Ranly M. The effect of calcium hydroxide on bovine pulp tissue: variations in ph and calcium concentration. JOE, 2005; 7: 156-160
- Howard W.R. Jeffrey M.T. Mineral trioxide aggregate uses in endodontic treated: A review of the literatures. Dental Materials, 2008;24:149-161
- Ingle J. Endodoncia. 3ª ed. México: Ed. Interamericana, 1997. Pp. 844-850
- Jacobovitz M., Pantes R.K. The uses of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate on apexification of a replanted tooth: a case report. Dental Traumatology, 2009;28:32-36
- Jabannes M., Hage N., Tharsed P., Koch M., Jens D., Friedman S. Mineral trioxide apical plugs in teeth with open apical formina: a retrospective analysis of treatment outmen. JOE, 2009;35:1354-1358

- Leonardo M. Endodoncia: tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos. España: Ed. Artes Medicas, 2005, Vol. 2. Pp. 1098-1113
- Manticelli F., Brackett W., Loushine R., Rockman R., Ferrari M. Sealing properties of mineral trioxide aggregate Orthograde apical and root filling in an in vitro apexification model. JOE, 2007;53:272-275
- Meligy O., Avery D. Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. Pediatric Dentistry, 2006;28:248-253
- Oliveria T.M., Sakai V.T., Silva C., Santos C., Andrade A. Mineral trioxide aggregate as an alternative treatment and incomplete apex formation. Dental Traumatology, 2008;24:565-568
- Parirokh M. Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-Part I: chemical, physical, antibacterial properties. JOE, 2010; 36:16-27
- Pinkman R. Odontología Pediátrica. México: Ed. Interamericana, 1991. Pp. 423-427
- Siqueira J.F., Lopes H.P. Mechanism of antimicrobial of calcium hydroxide: a critical review. JOE, 2004; 32:361-369
- Soares I. Goldberg F. Endodoncia: técnicas y fundamentos. Argentina: Ed. Panamericana, 2003. Pp. 133-143
- Soares J., Santos S., Silveira F., Nunes E., Silva P., Cesar C. Calcium Hydroxide induced apexification with root development: A clinical report. JOE, 2008;4:710-719
- Stefopoulos S., Tsats V., Kerezoudis N.P., Eliades G. Comparative in vitro of the sealing efficiency of White vs. grey ProRoot mineral trioxide aggregate formulas as apical barriers. Dental Traumatology 2008;24:207-213

Tronstad L. Endodoncia clínica. España: Ed. Masson, 1993. Pp. 119-124

Von Waes H.J. Atlas de odontología pediátrica. Barcelona: Ed. Masson, 2002. Pp. 224-228

Weine F. Terapéutica en endodoncia. 2ª ed. España: Ed. Salvat, 1991. Pp. 647-665