

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

IMPORTANCIA DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO UTILIZADO EN
ENDODONCIA.

Tesis presentada a la Facultad de Odontología, como requisito para
obtener el grado de Especialista en Endodoncia

PRESENTA

CD. Rubèn Guadalupe Castelo Zazueta

Director de Tesis:
CDME: Alfredo Ayala Ham

Asesor:
DCM María Lourdes Verdugo Barraza

CDEE. Manuel Gómez Rúelas

Culiacán de Rosales, Diciembre 2011

AGRADECIMIENTOS.

A Dios. Gracias señor por darme la entereza de seguir adelante y permitirme alcanzar uno de mis sueños.

A MI MAMA. Por darme todo su apoyo incondicional, por darme la vida, así como su fortaleza, y consejos para poder yo ver cumplido mí meta.

A MI ESPOSA E HIJOS. Gracias por su apoyo, y paciencia para que yo culminara con éxito este proyecto que iniciamos juntos.

A MI TUTOR CDME. Alfredo Ayala Ham el tiempo que me brindo como amigo y como maestro de la especialidad por guiarme para la culminación de esta tesis.

Quiero brindar un agradecimiento muy especial a la **Dra. Lourdes Verdugo** por el apoyo incondicional que me brindo, que Dios la colme de bendiciones y le permita por mucho tiempo seguir en el camino de la enseñanza.

A LA DRA. YOLANDA CASTRO. Por los consejos que me dio en toda la especialidad, su paciencia, así la comprensión que tuvo de maestra a alumno.

A todos mis maestros de la especialidad. Porque de cada uno de ustedes me llevo sus conocimientos que me impartieron con tanta dedicación durante toda la carrera.

A todos mis compañeros de la especialidad por siempre mostrarme compañerismo, amistad, lealtad, y respeto.
Eleazar, Juan, Carlos, Ivan, Javier, Vanessa, Veronica, Trinidad, Iris Claudia, Alma.

RESUMEN.

IMPORTANCIA DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO UTILIZADO EN ENDODONCIA.

Introducción. La importancia de la medicación intraconducto es la eliminación de bacterias ya que de ellas depende el éxito o fracaso del tratamiento de conductos, es por esto la relevancia de colocar un medicamento intraconducto el cual va mezclado con un vehículo para darle mayor difusión al medicamento.

Aunque se reconoce el papel que tiene la preparación mecánica del conducto radicular, a través de instrumentos manuales y rotatorios, como método primario para el desbridamiento de los conductos, es fundamental el papel coadyuvante de la irrigación y la medicación a través del empleo de diversas sustancias químicas, para asegurar la eliminación bacteriana y la disolución de tejido orgánico remanente que no pudieran ser removidos a través de la instrumentación.

Objetivos. Revisión literaria del hidróxido de calcio destacando lo más importante en cuanto a sus propiedades utilizado como medicación intraconducto.

JUSTIFICACION. Esta revisión literaria ofrecerá a los profesionales evidencias de lo más destacado de la literatura sobre el poder bactericida que tiene el hidróxido de calcio al ser utilizado como medicación intraconducto en endodoncia.

RECOMENDACIONES. Se realizó una revisión literaria del hidróxido de calcio de lo más importante desde su descubrimiento hasta el tiempo actual para su utilización como medicación intraconducto

Destacando de todas las propiedades que el presenta el poder bactericida gracias a los iones hidroxilos que se encargan de la eliminación de las bacterias y la reparación histica por los iones calcios.

Es por esto la importancia de su recomendación para su utilización en endodoncia como medicamento intraconducto hasta que la ciencia se encargue de superar las expectativas que presenta el hidróxido de calcio al ser utilizado como medicación en endodoncia.

ABSTRACT.

LITERATURE REVIEW OF CALCIUM HYDROXIDE AND ITS APPLICATION TO DIFFERENT VEHICLES.

Introduction. The importance of intracanal medication is the elimination of bacteria and from them determines the success or failure of root canal treatment, which is why the importance of placing an intracanal medication which is mixed with a vehicle to give the drug more widely.

While acknowledging the role that the mechanical preparation of root canal, through manual and rotary instruments, as the primary method for debridement of the canals, it is essential supporting role of irrigation and medication through the use of various substances chemicals, to ensure bacterial elimination and dissolving organic tissue remnants that could not be removed through the instrumentation.

Objectives. Literature review of calcium hydroxide highlighting the most important in terms of their properties used as intracanal medication

JUSTIFICATION. This literature review will provide evidence of professional highlights of the literature on the bactericidal power is calcium hydroxide when used as intracanal medication in endodontic.

RECOMMENDATIONS. We conducted a literature review of calcium hydroxide of the most important since its discovery to the present time for use as intracanal medication.

Highlighting all the properties that this bactericidal power by hydroxyl ions that are responsible for eliminating bacteria and tissue repair by calcium ions.

That is why the importance of its recommendation for use in endodontics and intracanal medicament until science is responsible for exceeding the expectations presented by the calcium hydroxide when used as medication in endodontics.

INDICE

I.- Introducción.	1
II.- Justificación.	3
III.- Objetivo general	4
IV.- Marco teórico	5
4.1.- Mecanismos de acción del hidróxido de calcio.	12
4.2.- Características ideales de los vehículos	14
4.3.- Características físicas y químicas del Ca(OH)_2	17
4.4.- Propiedades del Ca(OH)_2	18
4.5.- Modo de preparación.	19
4.6.- Ventajas y desventajas del Ca(OH)_2	21
4.7.- Aplicaciones clínicas del Ca(OH)_2	21
4.8.- El papel del Ca(OH)_2 en la apexificación.	22
4.9.- Efecto inductor del Ca(OH)_2 en la formación de tejidos duros (recubrimientos pulpaes, reparación de perforaciones y apexogénesis).	24
4.10.- El Ca(OH)_2 como disolvente de tejidos y solución irrigante.	26
4.11.- El Ca(OH)_2 en el manejo de las reabsorciones radiculares	27
V.- Recomendación.	30
VI.- Bibliografía.	31

I. INTRODUCCIÓN

Las ciencias biológicas viven un expresivo momento histórico, el cual refleja importantes avances científicos - técnicos, capaces de impulsar las necesarias transformaciones conceptuales. La conquista de nuevos métodos de investigación, asociada a la evolución de la biología celular, molecular, bioquímica, microbiología y genética, caracteriza varias evidencias de esos avances de la ciencia endodóntica.[1]

La importancia de la medicación intraconducto es la eliminación de bacterias ya que de ellas depende el éxito o fracaso del tratamiento de conductos, es por esto la relevancia de colocar un medicamento intraconducto el cual va mezclado con un vehículo para darle mayor difusión al medicamento.

Aunque se reconoce el papel que tiene la preparación mecánica del conducto radicular, a través de instrumentos manuales y rotatorios, como método primario para el desbridamiento de los conductos, es fundamental el papel coadyuvante de la irrigación y la medicación a través del empleo de diversas sustancias químicas, para asegurar la eliminación bacteriana y la disolución de tejido orgánico remanente que no pudieran ser removidos a través de la instrumentación.

Una gran variedad de agentes antimicrobianos se han empleado en la terapia endodóntica de dientes con necrosis pulpar, pero la mayoría de ellos han dejado de utilizarse por su gran toxicidad en los tejidos. El empleo de uno o de otro depende de sus características y mecanismo de acción, así como también de las condiciones del diente a tratar y de las especies microbianas presentes.

El hidróxido de calcio es el medicamento intraconducto mundialmente más utilizado desde su descubrimiento hasta el tiempo actual esto debido a sus propiedades bactericida por los iones hidroxilos y la reparación de tejidos por los iones calcio.

El hidróxido de calcio es un polvo blanco producido por la mezcla de óxido de calcio (cal) con agua obtenida a partir de la calcinación (calentamiento) del carbonato de calcio hasta su transformación en óxido de calcio (cal viva) con la hidratación del óxido de calcio se forma el hidróxido de calcio.[2]

El propósito de esta tesis es hacer una revisión de la literatura publicada sobre lo más destacado del hidróxido de calcio utilizado como medicación intraconducto en endodoncia.

II. JUSTIFICACION.

La importancia de colocar una medicación intraconducto en endodoncia es debido a que la anatomía de los conductos radiculares es bastante más complejas de lo que aparentan las radiografías, ya que no se trata de un solo conducto si no que estamos trabajando en un sistema de conductos en donde existen diferentes ramificaciones como conductos secundarios, deltas apicales, conductos laterales permitiendo así que las bacterias se oculten en ellos y sea más difícil su eliminación.

En los dientes infectados, las bacterias más prevalentes presentes en los conductos radiculares son las anaerobias estrictas, en cambio en los tratamientos de conductos que han fracasado las bacterias más prevalentes son las anaerobias facultativas, ello hace pensar que cada situación clínica puede precisar una medicación distinta.

La ausencia de bacterias antes de la obturación nos brindara un mejor pronóstico de éxito en el tratamiento endodóntico, esto en combinación con un buen sellado de la restauración.

Esta revisión de literatura ofrecerá a los profesionales evidencias de lo más destacado de la literatura sobre el poder bactericida que tiene el hidróxido de calcio al ser utilizado como medicación intraconducto en endodoncia.

III. OBJETIVO GENERAL.

Revisión literaria de lo más importante del hidróxido de calcio desde su descubrimiento hasta el tiempo actual utilizado como medicación intraconducto en endodoncia.

IV. MARCO TEÓRICO

La Endodoncia es considerada actualmente una de las especialidades más importantes en la Odontología. para que ésta alcanzara un desarrollo tal, se sometió a las más diversas filosofías y conceptos. La endodoncia aunque de forma empírica era practicada desde el siglo I, cuando Arquímedes describe por primera vez, la extirpación de la pulpa de un diente.[3]

Éste fue el inicio de la Endodoncia de forma empírica. La realización de técnicas endodónticas, para llevar a cabo la terapia de conductos radiculares, está condicionada a las características que muestra el órgano dentario, especialmente la pulpa, esto lleva al especialista en Endodoncia a estar en condiciones de realizar un correcto diagnóstico y con base en éste, establecer un adecuado tratamiento de acuerdo con las características clínicas y radiográficas encontradas en cada uno de los casos.

El especialista en endodoncia, una vez que estableció un diagnóstico acertado, proporcionará al paciente un mejor pronóstico, y así podrá identificar y clasificar de forma didáctica tres tipos diferentes de tratamiento de los conductos radiculares:

- Biopulpectomía.- Tratamiento de los conductos radiculares con vitalidad pulpar, esto quiere decir respuesta positiva a todos los estímulos externos e internos del órgano dental.
- Necropulpectomía I.- Tratamiento de los conductos radiculares de dientes con necrosis pulpar sin reacción periápical crónica evidenciada radiográficamente, esto es un órgano dentario sin vida, infectado parcialmente y con ausencia de respuesta positiva a los estímulos.
- Necropulpectomía II.- Tratamiento de los canales radiculares con necrosis pulpar con reacción periápical crónica, por lo tanto, dientes totalmente infectados en todas sus dimensiones, lo cual indica que la infección abarca zonas de hueso radicular.

En 1920 el alemán Bernard W Herman, fue el primero en introducir al hidróxido de calcio en la Odontología.[4] No obtuvo el necesario reconocimiento en Alemania. No obstante, los resultados positivos fueron obtenidos en clínicas universitarias de otros países, como Suiza, fundamentados por investigaciones científicas.[5]

Holland, 40 años después comprobó el mecanismo de acción biológico del hidróxido de calcio en el tejido conjuntivo de pulpas dentales de perros.[6]

En 1994 y 1995. Estrela y cols., discutieron y afirmaron el mecanismo de acción de esta sustancia sobre los microorganismos.[7]

Se cree que su representativo destaca entre los fármacos endodónticos sus importantes propiedades, entre ellas: inhibición de enzimas bacterianas a partir de la acción a nivel de membrana citoplasmática, la cual conduce al efecto antimicrobiano y la activación enzimática del tejido que motiva el efecto mineralizador, observada a partir de su acción sobre la fosfatasa alcalina.[8]

Sjogren y cols. Observaron que en un periodo de 7 días el uso de la medicación con pasta de hidróxido de calcio eliminó microorganismos que sobrevivieron por periodos de 10 minutos.[9]

El hidróxido de calcio es uno de los medicamentos de acción prolongada más utilizado y estudiado por los científicos y entre las múltiples presentaciones comerciales, el más popular en nuestro medio es el "Calen", desarrollado por Leonardo y sus colaboradores.[10] Estudios demostraron que existen microorganismos resistentes a esta medicación, por este motivo agregó el paramonoclorofenol alcanforado (Calen PMCC) para la eliminación total de estos microorganismos, un ejemplo es el *E. faecalis*, frecuentemente encontrado en retratamientos endodónticos.[11]

En un estudio realizado por Cruz y colaboradores.[12] Se estudió la penetración del propilenglicol en la dentina comparándola con el agua destilada, y se demostró que el primero se distribuyó más rápida y efectivamente que el agua destilada, indicando que tiene gran uso clínico como vehículo cuando se busca la distribución del medicamento intraconducto.

Además se citan ciertas características de este vehículo: es un líquido sin color, de baja toxicidad, con actividad antimicrobiana altamente beneficiosa, presenta propiedad higroscópica que permite la absorción de agua, resultando en una liberación sostenida del medicamento por períodos prolongados.

Por otra parte, se demostró en un estudio de Safari.[13] Que el uso de vehículos no-acuosos (glicerina, propilenglicol) puede impedir la efectividad del hidróxido de calcio como medicamento intraconducto. Ellos concluyen que las altas concentraciones de glicerina reducen la conductividad de la solución de hidróxido de calcio al disminuir la concentración de las sustancias ionizadas en dicha solución. Al reducirse la cantidad de iones hidroxilos, el hidróxido de calcio pierde su efectividad antimicrobiana, que se piensa está principalmente basada en el aumento del pH.

En otro estudio, se midió el pH del hidróxido de calcio cuando fue mezclado con tres vehículos distintos (solución salina, PMCF alcanforado y cresatina) y se concluyó que la cresatina no mantuvo el pH como lo hizo la solución salina y el PMCF alcanforado.[14]

La explicación a esto pudiera ser que la cresatina al unirse con el hidróxido de calcio forma cresilato de calcio y ácido acético, este último, se disocia liberando iones de hidrógeno, disminuyendo de esta manera el pH.

Siqueira y de Uzeda.[15] Evaluaron el efecto antibacteriano del hidróxido de calcio sobre varios tipos de bacterias comunes en infecciones endodónticas, cuando fue mezclado con 3 diferentes vehículos (solución salina al 0,85%, glicerina, PMCF alcanforado/glicerina). Como resultado se obtuvo que todas las

pastas fueron efectivas contra las bacterias probadas (*Porphyromonas endodontalis*, *Prevotella intermedia*, *Streptococcus sanguis*, *Enterococcus faecalis*) pero en tiempos diferentes. La pasta de hidróxido de calcio y PMCF alcanforado con glicerina fue la más efectiva contra los 4 tipos de bacterias.

Estos hallazgos indican que el PMCF alcanforado incrementa la actividad antibacteriana de la pasta de hidróxido de calcio. Esta pasta posee un alto radio de acción eliminando las bacterias localizadas en las regiones más distantes del sitio donde se aplicó. Se piensa que el PMCF alcanforado no debe ser considerado un vehículo sino más bien, un medicamento adicional.

Además, esta pasta es biocompatible, ya que probablemente el hidróxido de calcio podría prevenir o reducir la penetración del PMCF alcanforado al tejido perirradicular y reducir así su citotoxicidad.

En los casos clínicos en los que se utiliza el hidróxido de calcio durante un período breve (unas semanas) con intención antibacteriana, las pastas acuosas cumplirán su cometido por la mayor facilidad para la liberación de iones que las que usan un vehículo viscoso. Se facilitará también la eliminación de las mismas para poder efectuar la obturación de los conductos. Son las que utilizamos en el tratamiento de dientes con periodontitis apical.

Cuando se requiere mantener la acción de la pasta durante mucho tiempo, como en los tratamientos de apicoformación, algunos autores prefieren una pasta con un vehículo viscoso como el propilenglicol o la glicerina, aunque, las pastas con ambos tipos de vehículos han proporcionado resultados similares.

Recientemente se han presentado unos conos de gutapercha que incorporan hidróxido de calcio en su composición, para ser utilizadas con mayor comodidad como medicación temporal.[16]

También se evaluaron la liberación de iones hidroxilo a partir de las mismas, mediante la determinación del pH, hallando que era significativamente inferior al conseguido mediante un preparado acuoso de hidróxido de calcio. Por este motivo, se siguen prefiriendo estos últimos preparados como medicación intraconducto.[17]

Desde 1964 Maisto y Capurro[18] preconizaban el uso de una pasta de hidróxido de calcio asociada al yodoformo, en solución de metilcelulosa como medicación tópica entre sesiones en dientes permanentes con ápice inmaduro.

En 1964 Káiser[19] con la finalidad de aumentar el poder bactericida del hidróxido de calcio, propuso asociarlo al paramonoclorofenol alcanforado, para inducir a la formación de barrera de tejido mineralizado.

Frank[20] utilizó el hidróxido de calcio con paramonoclorofenol alcanforado en dientes con necrosis pulpar y lesión periapical con la finalidad de controlar la infección y de estimular a la vaina epitelial de Hertwig a reasumir su función formadora.

Steiner y Van Hazle[21] en 1971 utilizaron como medicación tópica entre sesiones el hidróxido de calcio asociado al paramonoclorefenol alcanforado, formula que también fue preconizada por Dilewski.

En un trabajo de Cvek[22] en 1972 demostró que el hidróxido de calcio asociado a la solución de Ringer mostraba un considerable retroceso de las lesiones periapicales iniciales.

Torneckl[23] en 1973, evalúa la asociación del hidróxido de calcio y el paramonoclorofenol alcanforado y encontró más capacidad de reparación en el grupo que usó esa medicación.

Binni y Rowe[24] también comprobaron la acción bactericida del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en dientes de perros y concluyeron que el hidróxido de calcio y el agua destilada mostraron mejores resultados que el Calxyl y que la pasta de Grossman.

Cvek[25] en 1973, usó dientes incisivos permanentes humanos con necrosis pulpar y lesión periápical y observó el retroceso de la reacción periápical en los dientes en los que utilizó hidróxido de calcio asociado a la metilcelulosa o al suero fisiológico.

En 1981 Nicholls[26] señala que es importante para el éxito del tratamiento endodóntico en dientes con necrosis pulpar, el uso del hidróxido de calcio como medicación tópica intraconducto.

Considerando que el mecanismo de acción de las pastas pudiese depender de su alto pH, Anthony y colaboradores[27] en 1982 estudiaron esa sustancia asociada a los tres vehículos: paramonoclorofenol alcanforado, cresatina y suero fisiológico. Los autores comprobaron que los valores más bajos se encontraron cuando la cresatina se usó como vehículo.

Di Fiore[28] en 1993 evaluó el efecto antibacteriano sobre el *Streptococcus Sanguis*, de 4 pastas a base de hidróxido de calcio, asociado al paramonoclorofenol alcanforado, al metacresil acetato, a la metil celulosa, y al agua destilada. Los resultados mostraron que no hubo zonas de inhibición de crecimiento cuando el hidróxido de calcio se asoció al agua destilada y a la metil celulosa y que la zona de la pasta que contenía paramonoclorofenol alcanforado disminuyó más lentamente.

También Byström y cols[29] en 1985 comprobaron en dientes humanos con necrosis pulpar y lesión periápical, que la asociación de hidróxido de calcio y agua destilada tuvo más efecto antibacteriano que el paramonoclorofenol alcanforado.

En 1986 Quakenbuch[30] por medio de tubos de Agar inoculados con microorganismos anaerobios estrictos y facultativos comprobó que el hidróxido de calcio fue altamente eficaz contra los dos microorganismos probados.

Con la finalidad de evaluar in vitro, la infección y desinfección de los túbulos dentinarios, Haapasalo y Orstavik[31] inocularon enterococcus faecalis en tubos de dentina bovina. Después del tratamiento con hidróxido de calcio y con paramonoclorofenol alcanforado concluyeron que la desinfección de los túbulos dentinarios fue mayor con el paramonoclorofenol alcanforado.

Para comparar el efecto antimicrobiano del hidróxido de calcio con el del yodo- yoduro de potasio, Safavit y cols[32] en 1985, utilizaron 1030 dientes humanos en los que se realizó la preparación biomecánica y se colocaron las dos medicaciones tópicas entre sesiones. A partir de los resultados, los autores observaron menor número de cultivos positivos cuando se utilizó el hidróxido de calcio como medicación intraconducto.

Cuando Silva en 1988[33] evaluó la biocompatibilidad de la adición del paramonoclorofenol alcanforado a la pasta del hidróxido de calcio utilizada como medicación tópica entre sesiones, se observó en dientes de perros con ápices inmaduros, el cierre completo del ápice radicular realizado por la aposición regular de tejido mineralizado tipo cementoide. Esta asociación determinaba extensos y compactos puentes de tejido mineralizado, ligamento periodontal normal y ausencia de áreas de reabsorción en los tejidos mineralizados, cemento y hueso.

El hidróxido de calcio ha sido usado en endodoncia, para algunas aplicaciones clínicas. Se pueden mencionar las siguientes: recubrimientos pulpares directos e indirectos, pulpotomías, dientes no vitales con lesiones periapicales extensas, apexificación, reabsorción interna y externa, etc.[34]

Es conocido el papel fundamental que ejercen los microorganismos y sus productos en las enfermedades endodónticas. Por la condición del medio presente, estos microorganismos son en su mayoría facultativos y anaerobios; por tanto la selección de una buena técnica de preparación biomecánica y del uso de una solución irrigante va a permitir la neutralización bacteriana y de allí la inactivación de sus toxinas para garantizar el éxito del tratamiento.[35]

La acción del hidróxido de calcio sobre las bacterias se enfoca principalmente en la disociación iónica de este medicamento en iones calcio e hidroxilo, inhibiendo las enzimas de la membrana citoplasmática, produciendo una alteración química de los componentes orgánicos y en el transporte de nutrientes, causando un efecto tóxico sobre la célula bacteriana. Los iones hidroxilo son radicales libres altamente oxidantes que muestran una reactividad marcada e indiscriminada. El efecto letal sobre las bacterias está probablemente dado por los siguientes mecanismos.[36]

4.1. Mecanismo de acción del hidróxido de calcio

Daño de la membrana citoplasmática de la bacteria

La membrana citoplasmática posee importantes funciones para la supervivencia de la célula como: permeabilidad selectiva y transporte de solutos, transporte de electrones y fosforilación oxidativa en especies aeróbicas, excreción de enzimas como moléculas que participan en la biosíntesis del DNA, polímeros de la pared celular y lípidos de la membrana. Los iones hidroxilo inducen una peroxidación lipídica dando como resultado la destrucción de los fosfolípidos, componentes estructurales de la membrana celular. Estos además remueven átomos de hidrógeno de ácidos grasos insaturados, generando radicales libres lipídicos. Estos radicales libres reaccionan con el oxígeno dando como resultado la formación de un radical peróxido lipídico que remueve otro átomo de hidrógeno de un segundo ácido graso generando otro peróxido lipídico. Además los peróxidos por sí mismos actúan como radicales libres iniciando una reacción en cadena auto catalítica dando como resultado la pérdida de los ácidos

grasos insaturados y un daño extenso en la membrana de las células bacterianas.

Desnaturalización de proteínas

El metabolismo celular depende de actividades enzimáticas óptimas, en un pH neutro. La alcalinización que provee el hidróxido de calcio produce rompimiento de uniones iónicas que mantienen la estructura terciaria de las proteínas. Como consecuencia las enzimas mantienen la estructura covalente pero las cadenas polipeptídicas están aleatoriamente en espacios conformacionales irregulares y variables. Estos cambios frecuentemente resultan en la pérdida de la actividad biológica de las enzimas y la interrupción del metabolismo celular. La estructura de las proteínas también es dañada por los iones hidroxilo.

Daño sobre el DNA

Los iones hidroxilo reaccionan con el DNA bacterial e inducen la separación de las cadenas. En consecuencia la replicación del DNA es inhibida y la actividad celular es alterada. Radicales libres también pueden inducir mutaciones letales. Evidencias científicas sugieren que estos mecanismos pueden ocurrir, pero es difícil de establecer cuál es el mecanismo principal involucrado en la muerte bacteriana. Se ha sugerido que la habilidad del hidróxido de calcio de absorber dióxido carbónico puede contribuir a esta actividad antibacteriana. Las bacterias localizadas en ramificaciones tienen un acceso directo al dióxido carbónico de los tejidos periradiculares, es por esta razón que se considera que el hidróxido de calcio impide el aporte de dióxido de carbono a la bacteria.

Se ha reportado que los microorganismos anaerobios son capaces de soportar pH de 9 y algunas sobreviven a un pH de 11.5, demostrando así que el hidróxido de calcio solo tiene la capacidad de destruir bacterias cuando él es capaz de mantener su pH dentro del canal. Pero esta acción sólo se logra cuando está en contacto directo con el microorganismo. También se ha comprobado que el hidróxido de calcio puede tener una acción antimicrobiana no por contacto

directo sino indirecto por medio de la absorción del dióxido de carbono. Esto representa otro mecanismo en la actividad antibacteriana. Los cambios en el contenido de gas dentro de los conductos causados por el hidróxido de calcio pueden eliminar bacterias inclusive en ausencia de contacto directo.

Sin embargo, los iones hidroxilo poseen efectos antibacterianos y pH alto los cuales son requeridos para la destrucción de microorganismos. La muerte bacteriana por el hidróxido de calcio va a depender de la disponibilidad de iones hidroxilo en la solución, la cual es mayor donde la pasta es aplicada. El hidróxido de calcio mantiene su efecto antibacterial en el canal radicular en la medida que retenga su pH alto. Si el hidróxido de calcio necesita ser difundido a los tejidos y se disminuye la concentración de los iones hidroxilo como resultado de la acción de los sistemas buffer (bicarbonato y fosfato), ácidos, proteínas y dióxido de carbono, su efectividad antibacterial puede ser disminuida o detenida.[37]

El hidróxido de calcio asociado a un vehículo mejora sus propiedades físicas y químicas. Se solubilizan y reabsorben en tejidos vitales a mayor o menor velocidad según el vehículo con el que esté preparado.

El añadido de sustancias al hidróxido de calcio puede cumplir otras funciones como: mantener sus propiedades biológicas, (pH elevado y disociación iónica,) mejorar su fluidez, así como incrementar su radio opacidad.[38]

4.2. Características ideales de los vehículos

Se considera que el vehículo ideal debe cumplir ciertos requisitos importantes:

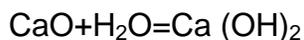
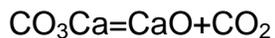
- a) Permitir una disociación lenta y gradual de los iones calcio e iones hidroxilos.
- b) Permitir una liberación lenta en los tejidos con una solubilidad baja en sus fluidos.
- c) No tener un efecto adverso en su acción y de favorecer la aposición de tejidos calcificados.

El hidróxido de calcio se utiliza mezclado con tres tipos principales de vehículos:

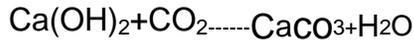
1. - Acuosos. El más usado es el agua, aunque también se ha empleado solución salina, solución de metilcelulosa, anestésicos y otras soluciones acuosas. Esta forma de preparación permite una liberación rápida de iones, solubilizándose con relativa rapidez en los tejidos y siendo reabsorbido por los macrófagos.
- 2.- Viscosos. Se han empleado glicerina, polietilenglicol y propilenglicol con el objetivo de disminuir la solubilidad de la pasta y prolongar la liberación iónica.
3. - Aceites. Se han usado aceite de oliva, de silicona y diversos ácidos grasos, como el oleico y el linoleico, para retardar aun más la liberación iónica y permitir esta acción en el interior de los conductos radiculares durante períodos prolongados de tiempo sin necesidad de renovar la medicación.

4.3. Características Físicas y Químicas del $\text{Ca}(\text{OH})_2$

El hidróxido de calcio es un polvo blanco, incoloro, muy alcalino con un pH de 12.4 poco soluble en agua (la solubilidad de 1.2 g/l, a una temperatura de 25 °C) e insoluble en alcohol[31], su peso molecular que es de 74.08. Es una base fuerte obtenida a partir de la combustión del carbono de calcio hasta su formación en óxido de calcio, que al ser hidratado se transforma en hidróxido de calcio.[39]



Es un compuesto altamente inestable que al entrar en contacto con el dióxido de carbono regresa a su estado de carbonato de calcio, por ello se recomienda que sea almacenado en un frasco bien cerrado.



El hidróxido de calcio actúa por disociación iónica en iones calcio (Ca^{++}) e iones hidroxilo (OH^-). Para determinar el porcentaje de iones liberados, debe tenerse en cuenta su peso molecular que es de 74.08, calculado así:

$$1\text{Ca}^{++} = 40.08$$

$$1\text{OH}^- = 17$$

$$1\text{OH}^- = 17$$

$$74.08$$

Con este dato, se deduce que su disociación iónica será en 54.11% de iones Ca^{++} y 45.89% de iones OH^- , calculados por regla de tres simple:

$$74.08 \dots\dots\dots 100\%$$

$$40.08 \dots\dots\dots x\%$$

$$X = \text{Ca}^{++} = 54.11\%$$

$$\text{OH}^- = 45.89\%$$

4.4. Propiedades del Ca(OH)_2

1. El hidróxido de calcio estimula la calcificación activando los procesos reparativos por acción de los osteoblastos al aumentar el pH en los tejidos dentales (Tronsland, 1981); se cree que dicho cambio de pH es beneficioso porque además inhibe la actividad osteoclastica.
2. Es antibacteriano (Kodukula, 1988) relata que las condiciones del elevado pH baja la concentración de iones de H^+ ; y la actividad enzimática de la bacteria es inhibida. Puede esterilizar hasta un 88% de los conductos radiculares (Cvek, 1976).
3. Disminuye el edema.
4. Controla el exudado: una alta concentración de iones Ca disminuye la permeabilidad capilar lo que se traduce en la disminución de la extravasación del plasma.
5. Forma una barrera mecánica de cicatrización apical.

6. Sella el sistema de conductos (Mérida, 1985)
7. Mantiene una equilibrada toxicidad al ser mezclado con solución fisiológica o anestésica.
8. Disminución de la sensibilidad (por su efecto sobre la fibra nerviosa).[40]

4.5. Modo de preparación



Figura 1. Hidróxido de calcio puro en polvo (Cofares ®)



Figura 2. Loseta de cristal con hidróxido de calcio y agua destilada



Figura 3. Hidróxido de calcio mezclado con consistencia cremosa



Figura 4. Compactación de la pasta de hidróxido de calcio en el interior de los conductos con una lina embolsada en algodón



Figura 5. Loseta de cristal con hidróxido de calcio, yodoformo y agua destilada



Figura 6. A la izquierda, radiografía de molar con hidróxido de calcio sin radiopacificador. A la derecha, radiografía de molar con hidróxido de calcio con radiopacificador (yodoformo)



Figura 7. Colocación de la pasta hidróxido de calcio con un léntulo manual

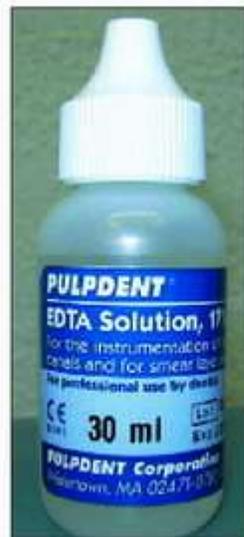


Figura 8. EDTA líquido al 17 por ciento (EDTA Solution®, Pulpdent)



Figura 9. Colocación de EDTA líquido en el interior de los conductos radiculares con una pipeta

4.6. Ventajas y Desventajas del Ca(OH)_2

Ventajas del Ca(OH)_2 :

El hidróxido de calcio es un material de fácil manipulación, difusión y aplicación, bajo costo y amplio mercado en el país.[41]

Desventajas del Ca(OH)_2 :

- * Es radiolucido.
- * Provoca irritación a los tejidos pero favorece a la reparación histica.
- * Es diluyente.
- * No viscoso.

Según Ribas y col. en 1979 existen 2 tipos de preparados comerciales fraguables de hidróxido de calcio:

1. Aquellos que contienen plastificantes no híbridos y por lo tanto se solubilizan en medio acuoso liberando CaOH (Dycal).
2. Aquellos con plastificantes híbridos tipo parafina que no permite la difusión del agua en su estructura y por lo tanto no libera CaOH (Hydrex).

También existe el hidróxido de calcio en polvo; que mezclado con agua destilada es usado comúnmente para los procedimientos a nivel de los conductos radiculares.[42]

4.7. Aplicaciones Clínicas del Ca(OH)_2

Se dispone del hidróxido de calcio en diferentes formas, combinaciones y compuestos patentados. Aunque se duda de su eficacia en la clínica los resultados de los estudios realizados en ocasiones muestran notables excepciones, por lo que se hacen necesarias más investigaciones sobre todo in vivo.[43]

Entre las aplicaciones del hidróxido de calcio se encuentran:

- Medicación intraconducto (acción antibacteriana).
- Solución irrigadora.
- Como cemento sellador.
- Recubrimientos pulpaes, apexificación y apexogénesis.
- Tratamiento de reabsorciones.
- Reparación de perforaciones.[44]

Paradójicamente a pesar de los múltiples usos que tiene el hidróxido de calcio es una de las sustancias cuyo mecanismo de acción no está bien comprometido ni sustentado.

Las dos propiedades más importantes que tiene el hidróxido de calcio son la inhibición de enzimas del tejido como la fosfatasa alcalina que causa un efecto mineralizante.

Su alto pH inhibe actividades esenciales de las enzimas como: el metabolismo, el crecimiento y la división celular. La influencia del pH altera la integridad de la membrana del citoplasma rompiendo los componentes orgánicos (las proteínas, fosfolípidos) y el transplante de los nutrientes.[45]

4.8. El papel del Ca(OH)_2 en la apexificación

La apexificación es el método que busca inducir un cierre apical mediante la formación de tejido mineralizado en dientes necróticos con formación radicular incompleta, con el fin de lograr un adecuado tope apical que permita obturar satisfactoriamente el conducto radicular mediante la terapia endodóntica convencional.[46]

Muchos materiales han sido utilizados para inducir un cierre apical, entre ellos el hidróxido de calcio en combinación con agua estéril, solución salina, anestesia local, paramonoclorofenol alcanforado, metilcelulosa, pastas de óxido de zinc con cresol y yodoformo, pasta de poliantibiótico y fosfato tricálcico.[47] Recientemente, se ha propuesto la utilización del mineral trióxido agregado.[48]

Sin embargo, el mecanismo exacto de acción de estos materiales en la formación del cierre apical no ha sido bien esclarecido. Se ha considerado que el objetivo inicial del tratamiento de un diente necrótico con ápices abiertos es la estimulación y preservación de la actividad formativa de las células del tejido de granulación en la porción apical del canal radicular, lo cual permita la formación de un callo calcificado en esa zona.[49]

Se ha reportado que el hidróxido de calcio ha sido exitoso en la inducción de cierre apical en un gran número de formulaciones, relacionando la formación de un cierre apical, con el efecto antibacterial a largo plazo, ya que se ha observado que la formación de tejido calcificado, ocurre en ausencia de microorganismos.[50]

También se ha considerado que la alcalinidad del material, puede actuar como buffer para las reacciones ácidas inflamatorias, favoreciendo el remodelado óseo, ya que se neutraliza los ácidos producidos por los osteoclastos y los macrófagos.[51]

De igual forma, se cree que la liberación de iones calcio y el ambiente alcalino pueden favorecer la formación de complejos de fosfato de calcio $[\text{Ca}(\text{PO})_4]$, que pueden servir como nidos para un futuro proceso de calcificación.[52]

A este respecto, es importante hacer notar que es poco probable que el calcio liberado por la disociación del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pueda ser utilizado para la formación de una barrera apical, puesto que es un ión muy inestable, y para poder ser útil en

la formación de este tejido calcificado se necesita de un aporte constante de calcio, el cual puede provenir por vía hematológica.[53]

Existen procesos de mayor importancia para lograr un adecuado cierre apical como lo son: 1) Una adecuada preparación del canal radicular; 2) Una adecuada remoción del tejido necrótico; 3) Una reducción de los componentes microbianos tanto en número como en virulencia; 4) Un adecuado selle del espacio radicular.[54]

Por último, también se ha reportado que los remanentes de la vaina epitelial de Hertwig que se mantengan intactos, pueden contribuir a que se produzca el cierre apical.[55]

4.9. Efecto inductor del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la formación de tejidos duros (recubrimientos pulpaes, reparación de perforaciones y apexogénesis)

El hidróxido de calcio es el material más utilizado en el tratamiento de las pulpas expuestas, por su capacidad de inducir la formación de puentes dentinarios.[56] Por esa misma razón, se ha propuesto su aplicación para inducir el cierre apical en dientes inmaduros y en la reparación de perforaciones en furca o de raíz.

Se ha postulado que cuando el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es aplicado directamente sobre el tejido pulpar, genera una zona superficial de necrosis debido a su efecto cáustico, y bajo mecanismos que aún no son entendidos en su totalidad, se da la formación de una barrera de tejido mineralizado.[57]

Se han realizado estudios para tratar de entender el fenómeno de formación de la barrera calcificada, posterior a la aplicación del hidróxido de calcio sobre la pulpa expuesta. Se ha observado que la reacción tisular inicial es la formación de tres capas superficiales de necrosis, que se establecen

aproximadamente una hora después de que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hace contacto con el tejido pulpar, con la formación de una zona de necrosis por coagulación bien demarcada junto al tejido vital.[58]

Por lo tanto, el primer efecto del hidróxido de calcio, es la destrucción de las células pulpares, produciendo las zonas de necrosis de la siguiente manera: La zona de necrosis superficial es el resultado de la aplicación de presión, y esta presión genera edema en la zona de necrosis intermedia. Posteriormente, la última zona, muestra edema y necrosis por licuefacción como resultado de la injuria química. En esta última zona, el tejido y las proteínas plasmáticas, neutralizan parcialmente el efecto de los iones hidroxilo, generando un leve efecto químico en la zona más profunda, lo que resulta en una necrosis por coagulación. La liberación de iones hidroxilo y el alto pH son considerados como los responsables de estos cambios tisulares iniciales.[59]

Se ha observado que aproximadamente a las 6 horas de la aplicación del material, se da una inflamación moderada y una migración y proliferación de células pulpares mesenquimales y endoteliales junto a la zona de necrosis. Luego de 4 días se observa la formación de nuevas fibras de colágeno junto a la zona de necrosis y luego de 7 días el tejido colágeno mostrará inclusiones celulares. Un mes después de la exposición se observará la formación de una barrera que consistirá en una capa coronal de tejido mineralizado irregular con inclusiones celulares. La parte pulpar consistirá en una zona de tejido similar a la predentina, delimitada por células parecidas a odontoblastos.[60]

También se ha reportado compuestos que permiten una liberación prolongada de los iones hidroxilo dan como resultado la formación de una capa de necrosis que se hace evidente, mientras que materiales con corta liberación de iones OH^- y un pH menor (9-11), inducen la formación de la barrera dentinaria directamente contra el material, sin presencia de una capa de necrosis.[61]

Se ha sugerido que la presencia de iones calcio producen un incremento en la síntesis de ADN favoreciendo la proliferación celular. Así mismo, permiten la activación del ATP, que es sumamente importante en los procesos de mineralización de los tejidos duros como la dentina o el hueso.[62]

Esta situación resulta ser demasiado contradictoria, puesto que al parecer el hidróxido de calcio se estaría disociando en dos iones con efectos totalmente contrarios, ya que mientras el ión Ca^{++} estimula la proliferación celular, el ión OH^- actúa suprimiendo la actividad celular y provocando un arresto en los procesos vitales pulpares.

Estas contradicciones hacen pensar que, no es el hidróxido de calcio como tal, el que estimula la formación del puente dentinario, sino más bien es el potencial de reparación del tejido pulpar que trata de defenderse ante la injuria química a la que es sometido, potencial que es influenciado por la capacidad de reparación celular y vascular, así como por el grado de inflamación pulpar, la ausencia de microorganismos y el grado de irritación producido por el material colocado.[63]

También hay reportes de que hay factores de crecimiento endógenos en la dentina como el factor de crecimiento transformante beta (TGF), proteína morfogenética ósea 2 (BMP-2) y factor de crecimiento parecido a la insulina tipo 1 (IGF-1), los cuales pueden ser liberados al tejido pulpar en el momento de una injuria. Los odontoblastos tienen receptores para estos péptidos, y reaccionan produciendo dentina terciaria. De igual manera, los fibroblastos pueden ser estimulados para proliferar, por lo que los iones Ca^{++} nada tienen que ver en este proceso.[64]

4.10. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ como disolvente de tejidos y solución irrigante

Otra de las propiedades que se le han atribuido al hidróxido de calcio es la

habilidad para disolver tejidos orgánicos, por lo que también podría utilizarse con un vehículo acuoso como solución irrigante durante la terapia endodóntica.

La capacidad del Ca(OH)_2 para disolver tejidos ha sido atribuida a su efecto proteolítico. Sin embargo, al estudiar el tiempo que necesita para disolver tejido pulpar, se encontró que un fragmento de 0.0065 g de pulpa puede ser disuelto por el hidróxido de calcio en un período de 1 semana, en tanto que al hipoclorito de sodio al 2% le toma 2 horas, por lo que el efecto disolvente de tejidos del Ca(OH)_2 al ser utilizado como irrigante es nulo.[65]

La utilización del Ca(OH)_2 como solución irrigante también ha sido justificada por su efecto antibacteriano. Sin embargo, ya se discutió ampliamente como éste es minimizado por los sistemas buffer de la dentina y su alta tensión superficial, por lo que es fácilmente superado por el hipoclorito de sodio al 5.25%, el cual al entrar en contacto con el tejido necrótico libera ácido hipocloroso que oxida el grupo sulfidril de las enzimas bacterianas, interrumpiendo el metabolismo de las bacterias y causando su muerte. Esto agregado a la baja tensión superficial que presenta, hace que tenga un excelente efecto bactericida.[66]

4.11. El Ca(OH)_2 en el manejo de las reabsorciones radiculares

Las reabsorciones radiculares deben manejarse de acuerdo a su etiología. **Reabsorción Superficial**, la cual es fisiológica y ocurre constantemente como consecuencia de los estímulos masticatorios. No tiene tratamiento.[67]

Reabsorción por ortodoncia. Ocurre como consecuencia de las fuerzas aplicadas sobre el diente. Por lo tanto, debe tratarse eliminando dichas fuerzas.[50]

Reabsorción por reemplazo. No es resultado de un proceso patológico, sino de un “error” en el que las células encargadas del remodelado óseo no diferencian entre el hueso y los tejidos dentales, reabsorbiendo diente y reemplazándolo por hueso. Por su etiología idiopática, el tratamiento endodóntico o la medicación con hidróxido de calcio no serán efectivas.[68]

Reabsorción Inflamatoria. Es provocada por un proceso infeccioso que mantiene una inflamación de tipo crónica. Esta puede ser interna o externa. En el caso de una reabsorción interna, la etiología es el tejido pulpar inflamado, por lo que debe tratarse con endodoncia convencional. En el caso de una reabsorción externa, la etiología es un proceso inflamatorio a nivel del ligamento periodontal, el cual puede ser ocasionado por la infección bacteriana proveniente del conducto radicular, por lo que la reabsorción cederá con el tratamiento endodóntico convencional. En estos casos, se ha recomendado la colocación de medicaciones con $\text{Ca}(\text{OH})_2$. [69]

Para que ocurra una reabsorción inflamatoria externa, se requiere que se produzca un daño sobre el cemento, ya sea por causas mecánicas, como el trauma dentoalveolar, o bien por procesos infecciosos. A nivel del área dañada se produce una colonización de células multinucleadas (células clásticas) en las superficies denudadas, iniciando así el proceso de reabsorción.[70]

El mecanismo patológico de la reabsorción no ha sido aún completamente entendido, sin embargo, se sabe que las células clásticas requieren de un ambiente óptimo y de una continua estimulación para mantener su actividad, como la participación de otros factores patogénicos como el estímulo mecánico por un aumento en la presión tisular y agentes infecciosos.[70]

Según estudios de Nerwich A. y colaboradores[71] el hidróxido de calcio es el material de elección para el manejo de la reabsorción radicular al ser utilizado como medicación intraconducto, ya que por su alto pH, tiene la capacidad de

destruir las bacterias y además alterar el ambiente local de los sitios de reabsorción en la superficie radicular, a través de los túbulos dentinales. Sin embargo, ya se discutió la dificultad de cambiar el pH con una medicación intraconducto de Ca(OH)_2 , en particular en un proceso de reabsorción externa, donde el pH en la superficie radicular se ha calculado que se encuentra en 4.5.

El mecanismo por el cual se ha considerado que el Ca(OH)_2 interfiere con el proceso de reabsorción es a través de la necrosis de las células de la laguna de reabsorción, con lo que se neutraliza la producción de ácido láctico generado por los macrófagos y los osteoclastos, lo que previene la disolución del componente mineral radicular. La alcalinidad del hidróxido de calcio, interfiere en la actividad de la colagenasa y de la hidrolasa ácida; de ésta forma se estimula la acción de la fosfatasa alcalina, que está relacionada con los procesos de reparación y formación de tejidos mineralizados. Es así como se considera que el hidróxido de calcio, previene la continuación de los procesos de reabsorción y estimula los procesos de reparación.[72]

Sin embargo, para que el hidróxido de calcio logre realizar estos efectos, debe tener un alto grado de difusión al periápice y a la dentina externa por penetración a través de los túbulos dentinales, lo cual, debido a la gran reactividad de los iones OH^- , al sistema buffer de la dentina y a su alta tensión superficial es improbable.[73]

Estudios realizados por Staehle H y colaboradores[74] Weiger y colaboradores[75] reportó que el Ca(OH)_2 , es capaz de producir un aumento del pH en los túbulos dentinales hasta 1.11 mm de profundidad. Sin embargo, si se toma en cuenta que el grosor de la dentina es de aproximadamente de 1.5 a 3.5 mm se confirma la ineffectividad del Ca(OH)_2 a nivel de las lagunas de reabsorción en la superficie radicular, incluso luego de la utilización de quelantes durante la instrumentación del conducto radicular.

Si la etiología de la reabsorción externa es la inflamación del ligamento periodontal, como consecuencia de un conducto radicular infectado, el tratamiento endodóntico convencional en una sola cita, es capaz de alterar el medio ambiente de las bacterias y sus interrelaciones, pudiendo así controlar el proceso reabsortivo.[76]

V. RECOMENDACIONES

Se realizó una revisión literaria del hidróxido de calcio de lo más importante desde su descubrimiento hasta el tiempo actual para su utilización como medicación intraconducto

Destacando de todas las propiedades que él presenta el poder bactericida gracias a los iones hidroxilos que se encargan de la eliminación de las bacterias y la reparación histica por los iones calcios.

Es por esto la importancia de su recomendación para su utilización en endodoncia como medicamento intraconducto hasta que la ciencia se encargue de superar las expectativas que presenta el hidróxido de calcio al ser utilizado como medicación en endodoncia.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Estrela C. Ciencia Endodontica, 1er edición Editorial Artes Medicas Lationoamerica, 2005. Pag. 457.
2. Estrela C. Ciencia Endodontica, 1er edición Editorial Artes Medicas Lationoamerica, 2005. Pag. 459.
3. Estrela C. Ciencia Endodontica, 1er edición Editorial Artes Medicas Latinoamerica, 2005. Pag. 462.
4. Hermann BW. Calciumhydroxyd als mittel Zurn behandel und fullen vonxahnwurzelkanalen.(thesis) Wursburg:1920. 50p.
5. Schwarez B. Comunicacao escrita.
6. Holland R. Processo de reparo da polpa dental após pulpotomia e proteção com hidróxido de cálcio. (Tese de Doutorado). Araçatuba: Facultad de Odontologia, Universidad de Estadual Paulista; 1966.
7. Estrela C, Sidney GB, Bammann LL, Felipe Jr. O. Estudo do efeito biológico do PH na actividade enzimática de bacterias anaeróbias . Rev Fac Odontol Bauro 1994; 2: 31 – 38.
8. Estrela C, Sindey GB, Bammann LL, Felipe Jr O. Mechanism of de action of calcuinm and Hidroxil ions of calcium hidroxide on tissue and bacteria. Braz Dent J 1995; 6: 85- 90.
9. Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sunndvist G. Influence of infecction at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of theet with apical periodontitis. Int Endod J 1997; 30:297 – 306.

10. Estrela C, Pesce HF. Chemical analysis of the liberation of calcium and hidroxil ions of calcium hidroxide pastes in the presence of connective tissue of the dog. Part I. Braz Dent J 1996; 7:41-46.
11. www.encolombia.com/odontologia/Foc_64_dic_bases_bilógicas.htm.
12. Cruz E. ET AL. Penetration of propylene glycol into dentin. Int Endod J 2002; 35:330.
13. Safavi K. ET AL. Influence of mixing vehicle on dissociation of calcium hydroxide in solution. J Endod 2000; 26:649-651.
14. Anthony D. et al. The effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide. Oral Surg 1982; 54:560-565.
15. Siqueira J. de Uzeda M. Influence of different vehicles on the antibacterial effects of calcium hydroxide. J Endod 1998; 24:663-665.
16. Stevens R. Grossman L. Evaluation on the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. J Endod 1983; 9:372-374.
17. Canalda S. Medicación intraconducto. En: Canalda,S. Brau,A., editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. Barcelona. Masson, 2001.
18. Maisto O. Capurro M.A. Obturación de conductos radiculares con hidróxido de calcio, iodoformo. Rev. Asoc.Odont. Arg., v. 52, n.5 p.167-173, 1964.
19. Kaiser H. Manajement of wide open Canals with calcium hidroxide. Read before the American Association of Endodontist, Washinton. D.C., April 17, 1964. Apud: Anthony, D.R., T.M., Del Rio, C.E., ref.6.

20. Frank A. therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. J. Am. Dent .Asssoc., v. 72 , p. 87-93, 1966.
21. Steiner J.Van Hassel H.J. Experimental root apexification in primates. Oral Surg; v. 31, p. 409, 1971.
- 22.Cvek M, Treatment of non-vital permanent incisors whith calcium hidroxide . I. Follo-up of periapical repair and apical closure of immature roots. Odont. Revy, v.23, p.27-44, 1972.
- 23.Torneck C. Smith J. Grindall P. Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeht. VI Effect of debridement procedures and calium hidroxide camphorated parachlorophenol paste in the treatment oof experimentally induced pulp and periapical disease. Oral Surg., v. 35, n.4, p.541-544, 1973.
- 24.Binnie W. Rowe A. A histological study of the periapical tissues of incompletely formed pulpless teeth filled with calcium hidroxile . J. Dent. Res., v.51, n.5, p. 1110-1116, 1973.
- 25.Cvek M. Treatment of non- vital permanent incisors with calcium hidroxide . II. Effect on external root resorption in luxated teeth compared with effect of root filling with gutapercha. Odont. Revy, v.24 p.343, 1973.
- 26.Nicholls E, Endodontic treatment during root formation. Int. Dent. J, v.31, n, 1, p. 49-59, 1981.
- 27.Anthony D. Gordon T. Del Rio C. The effects of three vehicles on the PH of calcium hidroxide. Oral Surg., v.54 n.5, p. 560-565, 1982.

28. Difiore P, ET AL. The antibacterial effects of calcium hydroxide apexification pastes on *Streptococcus sanguis*. *Oral Surg., Oral Med, Oral pathol.*, v.55 n.1, p, 91-94, 1983.

29. Brystöm A., Claesson R., Sundqvist G,. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the Treatment of infected root Canals. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.1, n.5, p. 170-175, 1985.

30. Quackenbush L. "in vitro" testing of 3 types of endodontic medicaments against anaerobic bacteria. *J. Endod.*, v.12, n.3, p. 132, 1986 (Abstr.)

31. Haapasalo M, y Orstavik D. in vitro infection and Disinfection of Dentinal Tubules. *J.Dent.Res.*, v.66, p.1375-1379, 1987.

32. Safavi K. et al. A comparison of antimicrobial effects of calcium hydroxide and iodine-potassium iodide. *J.Endodod*; v. 11, n.10, p.454-456, 1985.

33. Silva L. Rizogênese incompleta: efeitos de diferentes pastas a base de hidróxido de cálcio na complementação radicular e na reparação periapical em dentes de cães: estudo histológico. (Mestrado) – Faculdade de odontologia de Araraquara. Universidade Estadual Paulista.

34. [www.Javeriana. Edu. Co / academia pgendodoncia/ i_a_revision](http://www.Javeriana.Edu.Co/academia/pgendodoncia/i_a_revision).

35. Andersen M, Lound A, Andreassen, J; Andreassen 33.html.

36. [www.Carlos Boveda.com/odontólogos folder/odonto invitado old odontoinvitado_38.htm](http://www.CarlosBoveda.com/odontólogos/folder/odonto/invitado/oldodontoinvitado_38.htm).

37. Siqueira J, Lopez H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide. *Int. Endod J*, 1999, 32:361-69.
38. Fava L, Saunders W. Calcium hydroxide pastes: classifications and clinical indications *Int Endod J*. 1999;32:257-282.
39. Futuya M, Arroniz P, Vaca P, Paniagua C, Monroy P, Hernandez G. Evaluación antimicrobiana de una solución de hidróxido de calcio al 5% y una solución de clorhexidina e hidróxido de calcio al 5%, sobre conductos necróticos o infectados e identificación bacteriana por el sistema API. *Oral* 2006;7(23): 355-359.
40. Jiménez A, Pulido E, Herrera C. bases biológicas del hidróxido de calcio con respecto a su acción antimicrobiana y neoformación de tejido. *Rev FOC*. 2002-2003; 64:210-215.
41. Amaiz A. Hidróxido de calcio y su aplicación en la terapéutica endodóntica. Universidad central de Venezuela. 2003. En Internet: <http://www.odontologia-online.com>
42. Caviedes J, Muñoz H, Meneses J. El paradigma de hidróxido de calcio en endodoncia: ¿sustancia milagrosa?. Pontificia Universidad Javeriana. 2006. En Internet: <http://www.pujpostgrado.com>.
43. Walton R. endodoncia principios y práctica, 2º edición, México, Mc Graw Hill, 1997, 590.
44. Martínez S, Acosta L, Duarte M. Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio en dos preparaciones en presencia de enterococo faecalis. *Ustasalud odontología* 2004; 3(2):71-76.

45. Estela C, Rodriguez de Araújo C, Luschke L, Djalma J. Two Methods to Evaluate the Antimicrobial Action of calcium hydroxide paste. *J Endod* 2001; 27 (12): 720-723.
46. O'Larnic J., Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. *Quintessence Int*, 1990, 21: 589-98.
47. Sheely E., Roberts J. Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J*, 1997, 183: 241-46.
48. Yoshida K., Yoshida N., Iwaku M. Histological observations of hard tissue barrier formation in amputated dental pulp capped with tricalcium phosphate containing calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol*, 1994, 10:113-20.
49. Rivera E., Williams K. Placement of calcium hydroxide in simulated canals: Comparison of glycerin versus water. *J Endod*, 1994, 20: 445-8.
50. Shabahang S., Torabinejad M., Boyne P., Abedi H., McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod*, 1999, 25: 1-5.
51. Segura J., Llamas R., Jiménez A., Jiménez P., Guerrero J., Calvo J. Calcium hydroxide inhibits substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod*, 1997, 23: 444-7.
52. McCormick J., Weine F., Maggio J. Tissue pH of developing periapical lesions in dogs. *J Endod*, 1983, 9: 47-51.
53. Smith J., Leeb I., Torney D. A comparison of calcium hydroxide and barium hydroxide as agents for inducing apical closure. *J Endod*, 1984, 10: 64-70.

54. Schröder U. Effects of calcium hydroxide containing pulp capping agents on pulp cell migration, proliferation and differentiation. *J Dent Res*, 1985. 64 (Spec Iss): 541-8.
55. Weisenseel J., Hicks L., Pelleu G. Calcium hydroxide as an apical barrier. *J Endod*, 1987, 13: 1-5.
56. Tziafas D., Economides N. Formation of crystals on the surface of calcium hydroxide containing materials in vitro. *J Endod*, 1999, 25: 539-42.
57. Torneck C., Moe H., Howley T. The effect of calcium hydroxide on porcine pulp fibroblasts in vitro. *J Endod*, 1983, 9: 131-6.
58. Cvek M., Granath P., Cleaton J., Austin J. Hard tissue barrier formation in pulpotomized monkey teeth capped with cyanoacrylate or calcium hydroxide for 10 and 60 minutes. *J Dent Res*, 1985, 66: 1166-74.
59. Murray P., Lumley P., Smith A., Ross H. The influence of sample dimensions on hydroxyl ion release from calcium hydroxide products. *Endod Dent Traumatol*, 1999, 15: 251-7.
60. Andersen M., Lund A., Andreasen J., Andreasen F. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol*, 1992, 8: 104-8.
61. Turkun M., Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J*, 1997, 30: 335-42.
62. Tronstad L. Root resorption – etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol*, 1988, 4: 241-52.

63. Bender I., Byers M., Mori K. Periapical replacement resorption of permanent, vital, endodontically treated incisors after orthodontic movement. *J Endod*, 1997, 23: 768-73.

64. Hargreaves K., Goodis H. Seltzer and Bender's Dental Pulp. Quintessence Books, Chicago, 2002.

65. Wedenberg C., Zetterqvist L. Internal resorption in human teeth: A histological, scanning electron microscope and enzyme histo-chemical study. *J Endod*, 1987, 13: 255-9.

66. Cotti E., Lusso D., Dettori C. Management of apical inflammatory root resorption: report of a case. *Int Endod J*, 1998, 31: 301-4.

67. American Association of Endodontists. Recommended guidelines for treatment of the avulsed tooth. *J Endod*, 1983, 9: 571.

68. Hammarstrom L., Blomlof L., Feiglin B., Lindskog S. Effect of calcium hydroxide treatment on periodontal repair and root resorption. *Endod Dent Traumatol*, 1986, 2: 184-9.

69. Siqueira J., Lopes H., Uzeda M. Recontamination of coronally unsealed root canals medicated with camphorated paramonochlorophenol or calcium hydroxide pastes after saliva challenge. *J Endod*, 1998, 24: 11-4.

70. Siqueira J., Uzeda M. Influence of different vehicles on the antibacterial effects of calcium hydroxide. *J Endod*, 1998, 24: 663-5.

71. Nerwich A., Figdor D., Messer H. PH changes in root dentine over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*, 1993, 19: 302-6.

72. Wang, J., Hume, W. Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *Int Endod J*, 1988, 21: 17-26.

73. Ozcelik B., Tasman F., Ogan C. A comparison of the surface tension of calcium hydroxide mixed with different vehicles. *J Endod*, 2000, 26: 500-2.

74. Staehle H., Spiess V., Heinecke A., Muller H. Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide on the alkalinity of root dentin. *Endod Dent Traumatol*, 1995, 11: 163-8.

75. Weiger R., Rosendahl R., Lost C. Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. *Int Endod J*, 2000, 33: 219-26.

76. Alacam T., Yoldas O., Gulen O. Dentin penetration of 2 calcium hydroxide combinations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1998, 86: 469-72.