

Evaluación histológica de pulpotomías en dientes de perro, en la formación de puente dentinario al utilizar trióxido mineral agregado e hidróxido de calcio

Histological evaluation of pulpotomies in dog teeth, in the formation of the dentin bridge using mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide

Henry Herrera[†]
Helen de Herrera[†]
Ruth de Sermeño[†]

[†] Hilda Herrera Castaneda **
Guadalupe Ruiz de Campos***

RESUMEN

El propósito del presente estudio experimental, fue comparar histológicamente el puente dentinario formado sobre el tejido remanente pulpar por el hidróxido de calcio y el trióxido mineral agregado, utilizados en la técnica de pulpotomía en piezas dentales de perro. Los tratamientos fueron realizados en seis piezas dentales vitales, tres de la hemiarca inferior derecha en piezas similares, en las cuales se utilizó hidróxido de calcio químicamente puro. Finalizadas las pulpotomías, cada una de las piezas dentales fue restaurada con amalgama de plata, transcurridos cuarenta días el sujeto de investigación fue sacrificado, posteriormente las piezas fueron separadas del hueso mandibular y procesadas para su respectiva evaluación histológica. El análisis histológico demostró la formación del puente dentinario al utilizar ambos materiales. El puente dentinario formado por el Trióxido Mineral Agregado por sus siglas en inglés (MTA) se presentó mas compacto y menos permeable que el formado por el Hidróxido de Calcio, favoreciendo la reparación pulpar, aislándola mejor del medio externo bucal, disminuyendo la micro filtración de fluidos y microorganismos que pueden causar compromiso pulpar.

PALABRAS CLAVE:

Puente dentinario, Trióxido Mineral Agregado, Hidróxido de Calcio y evaluación histológica, El Salvador.

ABSTRACT

The purpose of this experimental study is to histologically evaluate the dentin bridge formed in the pulp by Calcium Hydroxide and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) when used in pulpotomy techniques in dog teeth. Treatments were performed in 6 vital teeth, 3 from the left inferior hemiarch: second bicuspid, third bicuspid and first molar in which Mineral Trioxide Aggregate was used (MTA), and 3 from the right inferior hemiarch in identical positions in which chemically pure Calcium Hydroxide was used. When the technique was completed, each tooth was restored with silver amalgam. After 40 days the subject of study was sacrificed. Teeth were separated from the mandibular bone and processed for the respective histological evaluation. The histological evaluation demonstrated that dentin bridge formed for both materials. The histological evaluation demonstrated that dentin bridge formed by the Mineral Trioxide Aggregate (MTA), is more dense, compact and less permeable than the one formed by the Calcium Hydroxide, Ca(OH)₂, promoting pulpal repair, improving isolation from the external oral environment, decreasing micro filtration of fluids and microorganisms that could cause pulpal compromise.

KEY WORDS:

Dentin bridge, Mineral Trioxide Aggregate, Calcium Hydroxide and histological evaluation, El Salvador.

* Docentes investigadores, Escuela de Postgrado de Odontología, UEES. Comentarios: henryendo58@yahoo.com
** Médico Patólogo, Jefe del Departamento de Patología, UEES
*** Médico Patólogo, Docente de Patología General y de Sistemas, UEES

* Research professor, Graduate School of Dentistry, UEES. Comments: henryendo58@yahoo.com
** M.D. Pathologist, Head of the Pathology Department, UEES
*** M.D. Pathologist, Profesor of General and Systems Pathology, UEES

INTRODUCCIÓN

La práctica odontológica ha evolucionado de una odontología mutiladora en que las extracciones eran una rutina diaria, a una odontología restaurativa sumamente costosa y fuera del alcance de la mayor parte de la población. En la actualidad, sin duda alguna, la odontología preventiva es la opción más económica, menos mutiladora y menos dolorosa para el paciente.

La caries dental es una enfermedad infecciosa, transmisible, universal e incurable, que se inicia como pequeñas áreas de desmineralización en la superficie del esmalte, provocada por ácidos (en particular ácido láctico) que son producto de la fermentación de los carbohidratos de la dieta por los microorganismos bucales. La etapa inicial es reversible y la remineralización puede ocurrir, particularmente con el uso de fluoruros¹; pero si el proceso avanza sin restricción, trae como resultado la destrucción de la pieza dental y su posterior extracción. Son varios los factores que desempeñan algún papel en la formación de caries, por lo cual se dice que la caries es una enfermedad multifactorial. Los factores principales requeridos para el desarrollo de la caries dental son: el agente (microorganismo), el medio ambiente (sustrato) y el hospedero susceptible (diente).

Posteriormente, se ha agregado un cuarto factor: el tiempo, lo cual significa que, para que se produzca una caries, no sólo los otros tres factores deben estar en funcionamiento simultáneamente, sino que, el tiempo mismo constituye un factor de desarrollo de la caries dental^{2,3,4,5,6}.

La odontología preventiva busca interrumpir el proceso cariogénico, incidiendo en el aumento de la resistencia del diente, frente a la disolución ácida y la formación o remoción de los agentes agresores del medio ambiente bucal.

Los esfuerzos se han dirigido a la ingesta y aplicaciones tópicas de flúor, a la modificación de la dieta preconizando una baja en azúcares y a las prácticas habituales de higiene bucal, ya que el cepillado dental remueve la placa bacteriana, interrumpiendo el ciclo de adhesión y multiplicación de microorganismos.

Debido a la importancia de la prevención en la odontología actual, todos los procedimientos involucrados en la práctica clínica, deben orientarse hacia la preservación de la

INTRODUCTION

The dental practice has evolved from a mutilating dentistry in which extractions were a daily routine, a restorative dentistry extremely expensive and beyond reach for most people. Today, with no doubt, preventive dentistry is the cheapest dentistry, less mutilating and less painful for the patient.

Dental caries is an infectious disease, contagious, universal and incurable that initiates as small local areas of demineralization in the surface of the tooth, caused by acids (particularly lactic acid) which are products of fermentation of carbohydrates from diet by oral microorganisms. The initial stage is reversible and remineralization can occur, particularly with the use of fluorides¹, but if the process progresses with no restriction results in the destruction of the tooth and posterior extraction. Several factors play a role in the formation of caries, so it is said that caries is a multifactorial disease. Main factors required to the development of dental caries are: the agent (microorganism), the environment (substrate) and the susceptible host (host). Subsequently, there has been added a fourth factor: time, meaning that for caries to be produced, not only the other three factors should be operating simultaneously, but time, constitutes a factor of development of dental caries^{2,3,4,5,6}.

Preventive dentistry searches to interrupt the cariogenic process by influencing the increase of tooth resistance against acid dissolution and the formation or removal of aggressor agents in the oral environment. Efforts have been directed to the intake and topic applications of fluoride, modification of diet, advocating low sugar, and the regular dental hygiene practices, as tooth brushing removes the bacterial plaque breaking the cycle of adhesion and proliferation of microorganisms.

Due to the importance of prevention in today's dentistry, all procedures involved in the dental practice, should be oriented to the preservation of a healthy dental structure. However, in cases of accidental pulpal exposition by dental caries or traumatism is necessary to decide between an extraction,

estructura dental sana; sin embargo, en una exposición pulpar accidental, por caries dental o traumatismo, es necesario decidir entre una extracción, una pulpotomía o un tratamiento de conductos radiculares. Inicialmente lo inaceptable sería la extracción y aunque la pulpotomía sea cuestionada, principalmente por endodoncistas radicales, la misma debe ser considerada un tratamiento definitivo para pacientes de escasos recursos económicos, que no tienen acceso a la terapia endodóntica por su alto costo y estarían dispuestos a extraer la pieza.

La pulpotomía es una técnica de tratamiento endodóntico conservador, que consiste en la remoción del tejido pulpar coronal inflamado, con conservación de la integridad de la pulpa radicular. El tejido pulpar remanente debe quedar protegido por un material de recubrimiento que preserve su vitalidad, para estimular el proceso de reparación biológico y la formación de tejido mineralizado sobre el mismo, manteniéndose el tejido pulpar radicular con estructura y función normales⁷.

Está indicada para piezas dentales temporales y permanentes, que presenten exposición pulpar por caries; en casos de pulpitis irreversibles, en dientes con ápices inmaduros; en dientes con pulpa expuesta por más de 24 horas, a causa de traumatismos y en dientes con amplia destrucción coronal, que no necesitan pernos intraconductos⁷.

La pulpotomía depende del estado patológico pulpar, y el diagnóstico se realiza basándose en tres pilares fundamentales: **a) La anamnesis**, información obtenida del paciente; tanto historia médica como dental. Cualquier información que indique ausencia de vitalidad pulpar, abscesos dentoalveolares agudos, etc., contraindican la pulpotomía. **b) Examen radiográfico**, debe haber ausencia de rarefacción ósea en la región periapical, ausencia de reabsorción interna y presencia de integridad de la lámina dura. **c) Aspecto macroscópico de la pulpa**, ésta deberá tener consistencia, cuerpo, resistencia al corte, color rojo vivo y hemorragia leve que cese pocos minutos después de su exposición o remoción, en un promedio de tres minutos⁸.

En el procedimiento clínico, inicialmente la anestesia debe ser por la técnica regional o técnica infiltrativa; la intrapulpar está contraindicada por ciertos autores^{9,10}; pero si es indispensable, la

a pulpotomy or a root canal treatment. Initially an extraction would be unacceptable and even though a pulpotomy is being questioned, mainly for radical endodontists, the same should be considered as a definitive treatment for patients with limited financial resources who lack access to endodontic therapy for its high cost and would be willing to extract the tooth.

Pulpotomy is a technique of conservative endodontic treatment that consists in the removal of inflamed coronal pulpal tissue with the conservation of the integrity of the radicular pulp. The remaining pulpal tissue should remain protected by a covering material to preserve its vitality, to stimulate the process of biologic repair and the formation of mineral tissue at the same keeping the radicular pulpal tissue with normal function and structure⁷.

It is indicated for temporary and permanent teeth presenting pulpal exposition by caries; in cases of irreversible pulpitis, in teeth with immature apexes; in teeth with exposed pulp for more than 24 hours caused by traumatism and teeth with extensive coronal destruction that do not need intracanal post⁷.

Pulpotomy depends on the pathologic state of the pulp, and the diagnose is done based in three fundamental pillars: **a) Anamnesis**, the information obtained from the patient; dental and medical history. Any information that indicates absence of pulp vitality, acute dento-alveolar abscesses, etc. contraindicate a Pulpotomy. **b) Radiographic examination**: there should be absence of bone rarefaction in the periapical area, absence of internal resorption and presence of integrity of the lamina dura. **c) Macroscopic appearance of the pulp**, it should have consistency, resistance to cutting, body, bright red color and slight hemorrhage that ceases in a few minutes after the exposition or removal, in average 3 minutes⁸.

In the clinical procedure, initially anesthesia should be given by a regional or infiltrative injection technique, the intra-pulpal injection technique in contraindicated by some authors^{9,10}, but if it is essential the needle should penetrate superficially in the coronal pulp

aguja debe penetrar superficialmente en el tejido pulpar coronal, sin producir presión exagerada¹¹ y el anestésico debe ser sin vasoconstrictor. La manutención de la cadena aséptica determina un pronóstico exitoso de 96%^{12 13} y como antiséptico para microorganismos gram positivos, gram negativos, aerobios, anaerobios facultativos, levaduras y virus, la clorhexidina está ampliamente indicada como enjuague preoperatorio, con 10 ml. de solución de gluconato de clorhexidina al 0,12% durante un minuto, y posterior al aislamiento absoluto, se debe realizar la antisepsia con la misma solución embebida en gasa.

La remoción de la pulpa coronal, debe realizarse con curetas grandes y afiladas, para obtener un corte que favorezca la reparación con la formación de un puente dentinario, evitando también la acumulación de virutas de dentina, que puedan provocar inflamación tisular y, en consecuencia, calcificaciones distróficas^{14 15} y en caso de que estén infectadas pueden ocasionar un proceso inflamatorio severo con posterior necrosis pulpar. El lavado del campo operatorio debe ser abundante, con suero fisiológico o agua destilada, para evitar la acumulación de detritos y la formación de un coágulo sanguíneo espeso, que impediría la acción directa del material protector pulpar¹⁶ y que puede actuar también como sustrato bacteriano¹⁷. La técnica inmediata es la más indicada, realizando la remoción de la pulpa coronal y el recubrimiento directo con el hidróxido de calcio o el MTA, un cemento como base (cemento a base de hidróxido de calcio o ionómero de vidrio) y la restauración (amalgama o resina compuesta) definitiva de la pieza en la misma consulta⁷.

Según el propósito de esta investigación, es importante definir el término *puente dentinario*, que es una capa de tejido mineralizado formado como respuesta pulpar a los materiales que la han recubierto. En cuanto al material ideal para el recubrimiento del tejido pulpar remanente, además del hidróxido de calcio, se destacan las proteínas óseas morfogenéticas por sus siglas en inglés (BMPs), las proteínas osteogénicas (OPs), los factores de crecimiento transformadores-beta (TGF-Beta1), el colágeno, las cerámicas bioactivas, la hidroxiapatita y el Trióxido Mineral Agregado (MTA). De todos, los más accesibles en términos económicos son el Hidróxido de Calcio y el MTA y debido a esto han sido escogidos para realizar la presente investigación⁸.

tissue, without exaggerated pressure¹¹ and the anesthetic should be without vasoconstrictor. Maintaining the aseptic chain determines a successful prognosis in 96%^{12 13} and as an antiseptic for microorganisms gram positive, gram negative, aerobic, facultative anaerobic, yeasts and viruses, chlorhexidine is highly indicated as a preoperative rinse using 10ml of 0.12% chlorhexidine gluconate solution for one minute and after absolute isolation, antiseptics should be performed with gauze embedded in the same solution.

The removal of the coronal pulp tissue should be performed with large and sharp curettes to obtain a cut that supports the repair with the formation of a dentin bridge, avoiding the accumulation of dentin shaves that could cause tissue inflammation and in consequence dystrophic calcifications^{14 15} that in the presence of infection will cause a severe inflammatory process with posterior pulp necrosis. The operatory field should be washed abundantly with physiologic solution, or distilled water, to avoid accumulation of debris and the formation of a thick blood clot that would prevent the direct action of the pulpal protective material¹⁶ and can act as a bacterial substrate¹⁷. Immediate technique is the most indicated, performing the removal of the coronal pulp and the direct covering with calcium hydroxide or MTA, a cement as a liner (cement based on calcium hydroxide or glass ionomer) and the definitive restoration (amalgam or composite resin) of the tooth in the same appointment⁷.

According to the purpose of this study, it is important to define the term *dentin bridge*, it is a mineralized tissue layer formed as the pulp response to the materials covering it. Regarding the ideal material for covering the remaining pulp tissue, in addition to calcium hydroxide are emphasized bone morphogenetic proteins (BMPs), osteogenic proteins (OPs) transforming growth factor-beta (TGF-Beta1), collagen, bioactive ceramides, hydroxyapatite and Trioxide Mineral Aggregate (MTA). Among all, the most affordable are calcium hydroxide and MTA, this is the reason why they have been chosen to use in this study⁸.

El hidróxido de calcio, también conocido como cal muerta o apagada, es un hidróxido ligeramente cáustico con la fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, es un cristal incoloro o polvo blanco, obtenido al reaccionar óxido de calcio con agua. Por su efecto alcalino proveniente de la liberación de iones hidróxilo, en contacto directo con el tejido vivo, produce alteraciones morfológicas que se caracterizan histológicamente en su fase inicial, por una zona de necrosis superficial y autolimitante¹⁸, ya que separa el material colocado del tejido vivo y limita su acción irritante. Además, estimula la migración y proliferación de las células inflamatorias que persiguen destruir al agente agresor, continuando con la migración y proliferación de células mesenquimales y con la formación de colágeno. Esa liberación de iones hidróxilo al alcalinizar el medio, también impide la proliferación bacteriana y le proporciona eficacia antimicrobiana al material, favoreciendo la formación de un tejido mineralizado que sólo ocurre en ausencia de un proceso infeccioso.

El MTA fue desarrollado en la Universidad de Loma Linda, USA¹⁹ y al ser estudiado no presentó potencial mutagénico, tiene baja toxicidad, tiene actividad osteogénica y cementogénica, no altera la citomorfología de células tipo osteoblastos y presenta resultados favorables con referencia a la capacidad estimuladora de la formación del tejido mineralizado²⁰. 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; además de una pequeña cantidad de óxidos minerales, responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado. Se le ha adicionado también óxido de bismuto que le proporciona la radio-opacidad^{21,22}.

Por otra parte el MTA ha demostrado una buena biocompatibilidad, un excelente sellado a la microfiltración, una buena adaptación marginal y reduce la microfiltración de bacterias²³. El pH obtenido por el MTA después de mezclado, es de 10.2 y a las 3 horas, se estabiliza en 12.5. Esta lectura se realizó a través de un pH-metro. El MTA presenta un pH similar al pH del cemento de hidróxido de calcio, por lo que puede posibilitar efectos antibacterianos y luego de aplicar esta sustancia como material de obturación apical, el pH puede inducir la formación de tejido duro.

Calcium Hydroxide, also known as slaked lime or hydrated lime is a caustic hydroxide with the formula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, is a colorless crystal or white powder, obtained by the reaction of the calcium oxide (lime) with water. For its alkaline effect from the liberation of hydroxyl ions, in direct contact with vital tissue, produces morphologic alterations characterized histologically in the initial phase by a superficial and self limited necrosis area¹⁸, the material placed on vital tissue separates and limits its irritant action. Also, stimulates the migration and proliferation of inflammatory cells that pursue the elimination of the attacking agent, continuing with the migration and proliferation of mesenchymal cells and the formation of collagen. The liberation of hydroxyl ions alkalinizes the environment, avoiding bacterial proliferation and providing antimicrobial effectiveness to the material, helping in the formation of mineralized tissue, this only occurs in absence of an infectious process.

The MTA was developed in the University of Loma Linda, USA¹⁹ and when studied, did not show mutagenic potential, has low toxicity, has osteogenetic and cementogenetic activity, it does not alter the cytomorphology from cells of the osteoblast lineage and shows favorable results in reference to the stimulation capacity in the formation of mineralized tissue²⁰. MTA material is mainly composed by particles of: tricalcic silicate, dicalcic silicate, ferric alluminate tetracalcic, dehydrated calcium sulfate, tricalcic oxide and silicate oxide; also a small quantity of mineral oxides, responsible for the physical and chemical properties of this aggregate. Bismuth oxide has been added for radioopacity^{21,22}.

On the other hand, MTA has demonstrated to have good biocompatibility, an excellent seal to microfiltration, good marginal adaption and reduces microfiltration of bacteria²³. Ph obtained by the MTA after mixing is 10.2 and after 3 hours stabilizes in 12.5. This reading was conducted with a pH meter. MTA presents a similar pH to the Calcium Hydroxide cement, so it can enable antibacterial effects and after applying this substance as an apical filling material, the pH can induce the formation of hard tissue.

Por lo que el MTA es más radio-opaco que la gutapercha convencional y la dentina, siendo fácilmente distinguible sobre las radiografías.

De acuerdo a la importancia preventiva, biológica, económica y social del tema, el objetivo de este estudio fue comparar histológicamente el puente dentinario formado al utilizar Hidróxido de Calcio y Trióxido Mineral Agregado (MTA) en pulpotomías de piezas dentales permanentes de perros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sujeto de investigación seleccionado fue un perro de 2 años, sano, al cual se le realizaron pruebas de laboratorio para comprobar su adecuado estado de salud (Figura 1).

MTA is more radio-opaque than conventional gutta-percha and dentin, becoming easily distinguishable on radiographies.

According to the preventive, biologic, financial, and social importance of the matter, the objective of this study is to compare histologically the dentin bridge formed when using Calcium Hydroxide and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) in pulpotomies of canine permanent teeth.

MATERIALS AND METHODS

The subject selected for this study was a 2 year old dog, systemically healthy, to which laboratory tests were performed to probe an adequate state of health. (Figure 1).

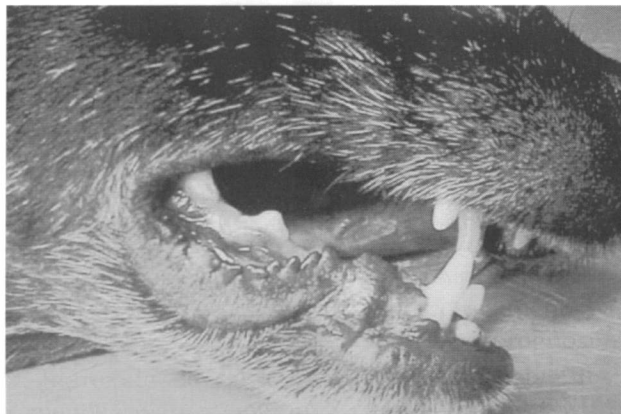


Figura 1. Sujeto de investigación
Figure 1. Subject of study

Para realizar la presente investigación, se ordenaron los aditamentos y sustancias necesarios (Figura 2), a continuación el perro fue sedado.

Attachments and substances necessary to perform this study were ordered (Figure 2), following, the dog was sedated.



Figura 2. Aditamentos y sustancias utilizadas.
Figure 2. Attachments and substances used.

Las piezas a intervenir fueron aisladas con dique de goma, se realizó la antisepsia del campo operatorio y el acceso coronal (Figura 3).

Luego se hizo una irrigación abundante con suero fisiológico, aspiración, limpieza del campo operatorio, eliminación del coagulo sanguíneo, cavidades aptas para recibir el material restaurador, colocación del cemento MTA, base de ionómero de vidrio (Figura 4) y restauración final de amalgama. (Figura 5).

Teeth to be treated were isolated with rubber dam, the antisepsis of the operatory field and coronal access (Figure 3).

An abundant irrigation with physiologic solution, aspiration, cleaning of the operatory field, elimination of the blood clot, cavities suitable to receive the restoring material, placing of the MTA cement, glass ionomer base (Figure 4) and the final restoration of amalgam, (Figure 5) were performed.



Figura 3. Aislamiento
Figure 3. Isolation

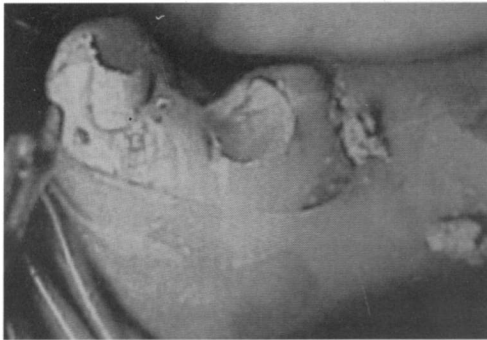


Figura 4. Condensación de amalgama
Figure 4. Amalgam condensation

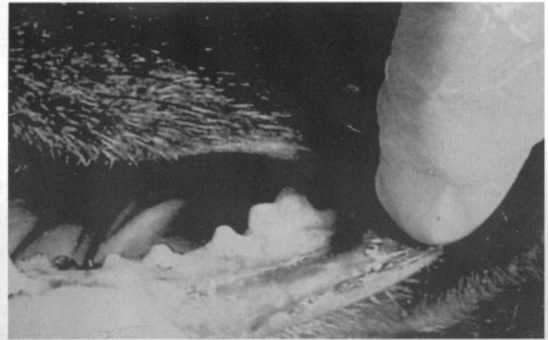


Figura 5. Restauración final
Figure 5. Final restoration

El mismo procedimiento se realizó en todas las piezas intervenidas.

Al término de 40 días, en el centro veterinario, el animal fue sacrificado con sobredosis de anestesia, la mandíbula fue removida y se tomaron las radiografías correspondientes de cada pieza involucrada, las diferentes piezas fueron individualizadas y procesadas para realizar los cortes histológicos.

The same procedure in all teeth intervened.

After 40 days was performed the animal was sacrificed with an anesthetic overdose in the veterinary center, the jaw was removed and radiographies of each tooth involved were taken, every tooth was individualized and processed to realize histologic cuts.

RESULTADOS

El análisis histológico demostró la formación del puente al utilizar ambos materiales (Figuras 6, 7, 8, 9, 10,11).

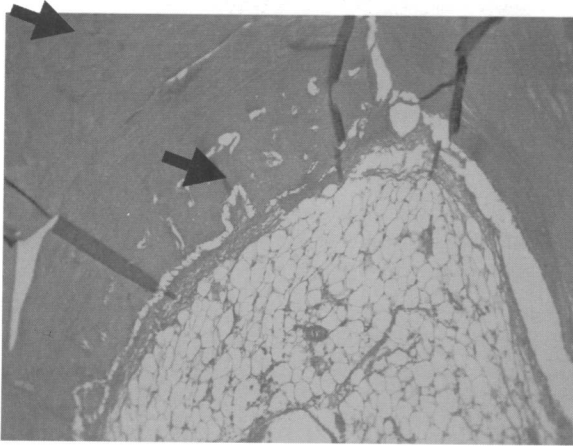


Figura 6. Formación completa de puente dentinario, por recubrimiento pulpar directo con hidróxido de calcio. H.E. 40X
Figure 6. Complete formation of the dentin bridge by direct pulp covering with Calcium Hydroxide H. E. 40X

RESULTS

The histologic evaluation demonstrated that for both materials (Figures 6, 7, 8, 9, 10,11).



Figura 7. Menor aumento de protección pulpar con hidróxido de calcio, nótese la primera capa del puente mas compacta que la siguiente, donde son evidentes porosidades semejantes a queso gruyere en el puente dentinario formado. H.E 40X

Figure 7. Less increase of pulpal protection with calcium hydroxide, note the first layer of the bridge more compact than the next, where porosities like Gruyere cheese are evident on the dentin bridge formed. H.E. 40X

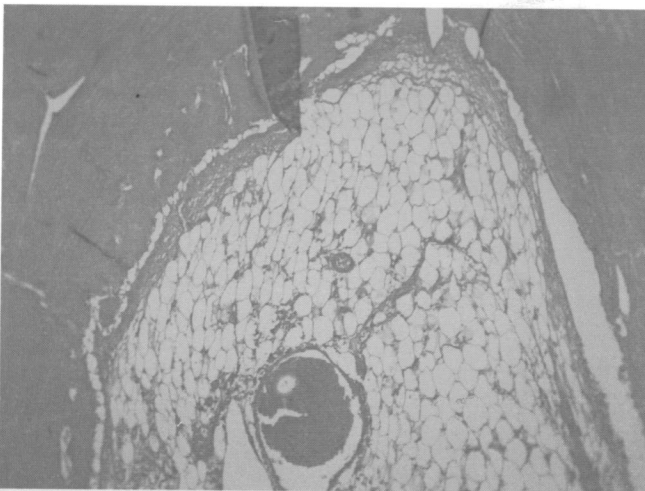


Figura 8. Resto dentinario intrapulpar alojado después de pulpotomia en diente de perro, que produce calcificación. H.E 40X.

Figure 8. Intrapulpal dentin remain retained after a pulpotomy in a canine tooth, producing calcification. H.E. 40X



Figura 9. Formación de puente de tejido duro tubular compacto por recubrimiento pulpar directo con MTA, 40 días, diente de perro. H.E. 40X.

Figure 9. Formation of a bridge of compact hard tubular tissue by direct pulp covering with MTA, 40 days, canine tooth. H.E. 40X

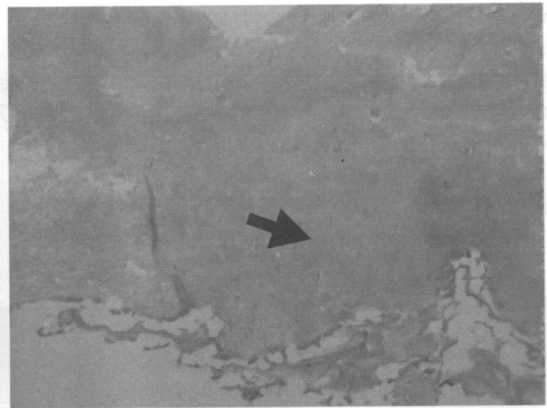
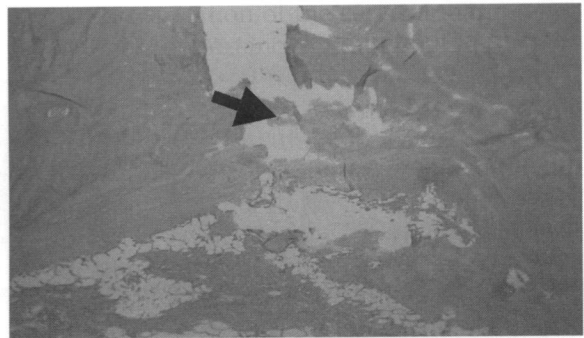


Figura 10. Formación de tejido duro tubular compacto por recubrimiento pulpar directo con MTA .H.E . 60X.

Figure 10. Formation of a bridge of compact hard tubular tissue by direct pulp covering with MTA. H.E. 60X.

Figura 11. Formación de puente dentinario incompleto, 40 días después de recubrimiento pulpar directo con MTA. H.E. 40X

Figure 11. Formation of an incomplete dentin bridge 40 days after direct pulp covering with MTA. H.E. 40X.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se afirma que:

1. El (MTA) e Hidróxido de Calcio puro mostraron efectividad en la formación del puente dentinario, (Figura 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Los dos materiales indujeron la formación de puente dentinario sin presentar rarefacción periapical, excepto en las piezas primeras molares, en las que la técnica de pulpotomía no fue efectuada correctamente; dicho fracaso se produjo por dejar remanente pulpar a nivel de la cámara, lo que provocó la presencia de radiolucidez a nivel apical.

CONCLUSIONS

According to results obtained it is affirmative to say that:

1. The MTA and pure Calcium Hydroxide showed effectiveness in the formation of the dentin bridge, (Figures 6, 7, 8, 9, 10 and 11). Both materials induced the formation of dentin bridge without periapical rarefaction, except for the first molars where the pulpotomy technique was not performed correctly, this failure was caused after leaving pulp remains in the chamber, causing the presence of radiolucency in the apex area.

2. Se comprobó que en un lapso de 40 días luego de realizada la pulpotomía y de colocado el material, se produce la formación del puente dentinario, tanto para el MTA como para el hidróxido de calcio químicamente puro, (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11).
 3. La desventaja que se le atribuye al hidróxido de calcio como material de recubrimiento pulpar directo o en pulpotomías, es que este se disuelve clínicamente dentro de un período de uno a dos años⁵. El hidróxido de calcio es incapaz de proveer un aislamiento permanente y la naturaleza porosa del puente dentinario (aspecto de queso Gruyere) permite fácilmente el ingreso de bacterias y de productos bacterianos por microfiltración por defecto de la restauración.
 4. El MTA es un material superior al hidróxido de calcio en pulpotomías, pues posee las mismas propiedades que el hidróxido de calcio, pero lo supera en que el puente dentinario es más compacto y uniforme.
2. It is proven that in a 40 day period after performing a pulpotomy and the placing of the material, the formation of the dentin bridge is produced, for MTA as for chemically pure calcium hydroxide, (Figures 6, 7, 8, 9, 10 and 11).
 3. The disadvantage attributed to calcium hydroxide as a material for direct pulp covering or in pulpotomies, is that it is clinically dissolved in a period of one to two years⁵. Calcium hydroxide is unable to provide a permanent seal and the porous nature of the dentin bridge (Gruyère cheese appearance) easily allows the entry of bacteria and bacterial products by microfiltration from a failure of the restoration.
 4. MTA is superior to calcium hydroxide in pulpotomies, for it has the same properties than calcium hydroxide, but overcomes with a compact and uniform dentin bridge.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pulpotomía con el MTA y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por ser un procedimiento:

1. **Económico.** Ya que la utilización de la técnica de pulpotomía con hidróxido de calcio es un procedimiento menos costoso que un procedimiento endodóntico convencional;
2. **Biológico.** Porque los materiales utilizados son más biocompatibles;
3. **Preventivo.** Ya que la inducción de esta barrera dentinaria estimulada por la acción del hidróxido de calcio y MTA, en muchos casos puede prevenir la avulsión de piezas dentarias y evitar mutilaciones;
4. **Conveniente.** Porque al utilizar el MTA el puente dentinario formado es menos permeable, más denso y compacto que el formado por el $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

RECOMMENDATIONS

It is recommended to perform pulpotomies with MTA and $\text{Ca}(\text{OH})_2$, because as a procedure is:

1. **Inexpensive:** the use of this pulpotomy technique with calcium hydroxide is a less expensive procedure than a conventional endodontic treatment.
2. **Biological:** Material used are more biocompatible;
3. **Preventive:** the induction of this dentin barrier stimulated by the action of the calcium hydroxide and MTA in many cases, can prevent the avulsion of teeth and avoid mutilation;
4. **Convenience:** when using MTA the dentin bridge formed is less permeable, more dense and compact than the one formed by $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

- 1-Seif, Tomas. *Cariología: Prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental*. Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericanas C.A. Primera edición. 1997.
- 2-Brown, P. *Caries*. Chile: Universidad de Valparaíso. 1991.
- 3-Newbron, E. *Cariología*. 1ra. edición. México: Humana; 1984, p. 178.
- 4-Katz, S. *Odontología preventiva en acción*. Ed. Rev; 1982, p.105.
- 5-Ooshima. *Dental caries induction in hiposalivatedrats*. *CariesRes*1999;25(2):138-42.
- 6-Seppa, L. *Streptococos mutans counts obtained by a dip-slide method in relation to caries frequency sucrose intake and flora rate of saliva*. *Caries Res*1988; 22 (4):226-9.
- 7- Assed, S. et al. *Calcium hydroxide young permanent teeth periapical involvement*. *Braz. Endod. J.*, Goiania, v. 2, n. 1, p. 38-42, 1997.
- 8-Leonardo, M.R. *Endodoncia: Tratamiento de conductos radiculares*. Sao Paulo Editora Artes Medicas, v.1,p.45-57, 2005.
- 9-Berk, H.;Krakow, A. *A comparison of the management of pulpal pathosis in deciduous and permanent teeth*.*Oral Surg.Oral Med.Oral Pathol.*,St. Louis, v.34,p.944-955,1972.
- 10-Maisto, O.A.; Capurro, MA. *Obturacao de conductos radiculares con hidroxido de calcio-iodoformo*. *Rev. Assoc. Odonto. Arg.* Buenos Aires , v. 52 ,n. 5, p. 167-173, 1964.
- 11-Massone, J.E. et al. *Histological evaluation of the effect of intrapulpar anesthesia in pulpotomies*. *Endod. Dent. Traumatol.*, Copenhagen, v. 3, p. 259-262, 1987.
- 12-Cvek, M.A. *Clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture*. *J. Endod.*, Chicago,v.4,n.8,p.232-237,1978.
- 13-Nicholls .E. *Endodontic treatment during root formation*.*Int. Dent. J.*, Londres,v.31,n.1p.49-59,1981.
- 14-Granath, L.E. *Experimental pulpotomy in human biscupids with reference to cutting technique*.*Acta Odontol.Scand.*,Escandinavia,v.29 ,p.155-63,1971.
- 13-Nicholls .E. *Endodontic treatment during root formation*.*Int. Dent. J.*, Londres,v.31,n.1p.49-59,1981.
- 14-Granath, L.E. *Experimental pulpotomy in human biscupids with reference to cutting technique*.*Acta Odontol.Scand.*,Escandinavia,v.29 ,p.155-63,1971.
- 15-Holland, R. *Permeability of the tissue bridge formed after pulpotomy with calcium hydroxide: a histologic study*. *J. Am. Dent. Ass.*, Chicago,v.99, p.472-5,1979.
- 16-Schroder, U. *Effects of calcium hydroxide- containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation and differentiation*. *J. Dent. Res.*Chicago,v.64,p.541-558,1985.
- 17- Lim, K.C. ;Kirk,E.E.J. *Direct pulp capping: a review*.*Endod.Dent. Traumatol.* , Copenhagen, v.3, n.5, p.213-219,1987.
- 18-Eda , S. *Histochemical analisis on the mechanism of dentin formation in dog's pulp*. *Tokyo Dent. Coll.*, Tokyo,v.2,n.2,p.59-88,1961.
- 19-Torabinejad M, Chivian N, et al. *Clinical applications of mineral trioxide aggregate*. (1999) *J. Endod.* Loma Linda University, 25(3):197-206
- 20-Cunha, A.M.S.R. *Resposta pulpar y periapical de dentes de caes apos estudo e utilizacao de MTA (Agregado de Trióxido Mineral)*.*Estudo radiográfico e histopatológico*. 2002,Disertacao,Faculdade de Odontologia de Ribeirao Preto, USP,Brasil.
- 21-Miñaga Gomez, M. *El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia*. (2002) *RCOE*, vol.7, n.3, p.283-289.
- 22-Wucherpfennig AL, Green DB et al. *Mineral Trioxide vs. Portland Cement: Two biocompatible filling materials*. (1999) *J. Endodo Tufts School of Dental Medicine.*, 25: 308
- 23-Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR. *Physical properties of a new root end filling material*. (1995) *J Endodon*; 21: 349-53.