

# Avances en protección pulpar directa con materiales bioactivos

## Recent advances in direct pulp capping with bioactive materials

### Autores

#### **Andrea Giani**

Docente de Alta Dedicación (PAD) en la Facultad de Odontología de la Universidad Católica UCU.

Docente de la Clínica Integrada de 5to grado de la UCU.

Colaborador Académico en la Especialización de Odontología Restauradora y Prostodoncia Fija UCU.

Docente Encargada del Departamento de Atención al Paciente DAP de la UCU.

#### **Cecilia Cedrés**

Docente de Alta Dedicación (PAD) en la Facultad de Odontología de la Universidad Católica UCU.

Profesora Adjunta de las Cátedras de Operatoria I y Endodoncia I y II de la Facultad de Odontología de la UCU.

Docente colaboradora en la Especialización de Odontología Restauradora y Prostodoncia Fija UCU.

Ex Docente encargada del Departamento de Atención al Paciente DAP de la UCU.

Entregado para revisión: 1 de junio de 2017

Aceptado para publicación: 1 de julio de 2017

### Resumen

Con el advenimiento de los materiales Bioactivos hoy hay un cambio de paradigma en el tratamiento de la protección pulpar directa. Está ampliamente demostrado en la literatura tanto en los estudios in vitro como in vivo, que estos materiales son más efectivos que el hidróxido de calcio para lograr cambios biológicos y microestructurales en el tejido pulpar y dentinario. Es así que surgen los materiales bioactivos, los cuales son sustancias que al ponerse en contacto con los tejidos vivos, provocan un efecto positivo sobre los mismos formando tejidos calcificados. Inducen una respuesta biológica específica en la interfase material-tejido. Actualmente los que cuentan con mayor aval científico son: MTA, Biodentine y Theracal LC.

**Palabras Clave:** Pulpa, bioactivos, remineralización.

### Abstract

Nowadays with the arrival of the Bioactive Materials, there has been an important change in the treatment of direct pulp capping. It is already probed, in studies in vitro and in vivo that these materials are more effective than calcium hydroxide as they obtain biological and microstructural changes in the pulpar and dentinal tissues.

That is the reason for the appearance of the BIOACTIVE materials, which cause a specific biological response in the interface material-tissue when they are in contact with the vital tissues. The actual materials with the best scientific acceptance are: MTA, Biodentine and Theracal.

**Keywords:** pulp, bioactive, remineralization.



## INTRODUCCIÓN

Las exposiciones pulpares causadas por procesos cariosos, traumatismos o accidentes durante las preparaciones dentarias pueden tener consecuencias severas en el tejido pulpar, como dolor o infección. La Protección pulpar directa (PPD) es una alternativa frente al tratamiento endodóntico de la pieza o la avulsión de la misma. Consiste en colocar una medicación directamente sobre la exposición pulpar (PPD) o un liner (PPI) con la finalidad de mantener la vitalidad de la pulpa y evitar así procedimientos más invasivos.

Históricamente, el primer procedimiento de protección pulpar directa fue realizado en 1756, por Phillip Pfaff, quién colocó oro sobre una exposición pulpar para promover la curación (Qureshi et al, 2014).

Sin embargo, el éxito y el pronóstico en los procedimientos de PPD dependen de las circunstancias en las cuales se produjo la exposición.

Históricamente se ha utilizado el Hidróxido de Calcio (CaOH) como material de protección pulpar directa. Fue introducido a la profesión en 1921 por Hermann y ha sido considerado el “estándar de oro” de los materiales para PPD por varias décadas, con el que se compara cada material que sale al mercado (Baume et al, 1981).

A pesar de sus ventajas ampliamente conocidas como sus propiedades antibacterianas, estimulación de formación de dentina reparativa., etc., presenta desventajas importantes al utilizarlo como material de PPD, como ser su alta solubilidad en el tiempo, su falta de adhesión a la estructura dentaria y a los materiales de restauración lo que da como resultado su falta de sellado (Prosser et al, 1982).

Con el advenimiento de los Materiales Bioactivos y sus ventajas ampliamente comprobadas es que el CaOH actualmente ha sido superado por estos materiales en el tratamiento de las pulpas vitales.

Como definición de materiales bioactivos puede decirse que son sustancias que, al ponerse en contacto con los tejidos vivos, provocan un efecto sobre los mismos, formando tejidos calcificados (apatita).

Inducen una respuesta biológica específica en la interfase material-tejidos, la interacción es una reacción positiva (integración).

Los materiales bioactivos se diseñaron para provocar que el organismo deposite nueva estructura dental, particularmente dentina o cemento.

Constituyen el verdadero avance actual, las futuras estrategias para el tratamiento de la pulpa vital se basan en la ingeniería tisular y las células madre.

La ingeniería de los tejidos corresponde a un campo de investigación reciente que tiene por objetivo

recrear los tejidos y los órganos funcionales y saludables para la sustitución de aquellos que se encuentren afectados por enfermedades, utilizando moléculas bioactivas.

Estudios sobre la formación de dentina terciaria, reparación y regeneración tisular han sido motivados por el potencial terapéutico de esas moléculas (Rutherford et al, 1993; Rutherford et al, 1995). No obstante, aún está en investigación el control de la actividad celular de los tejidos en general y, más específicamente, sobre el tejido pulpar (Pereira et al, 2004).

## FACTORES QUE INCIDEN EN EL ÉXITO DE LAS PPD

### 1. Requisitos del material

El material de protección pulpar debe cumplir una serie de requisitos (Cohen et al, 1994; Gutmann, 2007).

- Estimular la formación de dentina reparativa.
- Mantener la vitalidad pulpar.
- Que no sea soluble.
- Que no sea reabsorbible.
- Ser bactericida o bacteriostático
- Adherirse a la dentina.
- Adherirse al material restaurador.
- Resistir las fuerzas que se producen durante la realización de la restauración y la función de la misma.
- Ser estéril.
- Ser radiopaco y de fácil manipulación.
- Proveer un buen sellado antibacteriano.

### 2. Estandarización de los estudios clínicos

Los estudios que se realizan sobre PPD por lo general no reflejan las realidades clínicas debido a los siguientes factores (Hilton, 2009):

- Se realizan en pacientes jóvenes y sanos (15-25 años).
  - Se utilizan premolares que van a ser extraídos por ortodoncia.
  - Las piezas dentarias están sin caries, fracturas ni ningún otro defecto.
  - Se utiliza aislación absoluta, profilaxis y desinfección (a veces hasta con dos soluciones de antibióticos).
  - Se utilizan fresas estériles para la preparación cavityaria y muchas veces se cambia por otra fresa estéril cuando se va acercando a la pulpa.
  - La hemorragia se controla con materiales estériles.
- Aunque estos procedimientos ayudan a estandarizar las técnicas del estudio, no reflejan las circunstancias clínicas que enfrentan la mayoría de los profesionales cuando se enfrentan a una exposición

potencial.

También cabe considerar que muchos de los estudios se realizan en animales, desde ratas y perros hasta primates. Sin embargo, los resultados no siempre reflejan lo que sucede en humanos.

### 3. Análisis histológico

Lo que verdaderamente determina el estado pulpar es el estudio histológico, y no solamente los signos y síntomas clínicos, o apariencia radiográfica.

Clínicamente se pueden llegar a evaluar algunas condiciones, como la sensibilidad a los cambios térmicos, eléctricos, percusión, cambios en la apariencia de los tejidos blandos y relato de síntomas por el paciente.

Sin embargo, muchos estudios que incluyeron análisis histológicos han demostrado inflamaciones pulpares crónicas en piezas dentarias no asociadas con síntomas y signos clínicos (De Souza Costa et al, 2001; Accorinete et al, 2005; Accorinete et al, 2005).

### 4. Inconsistencias en los protocolos de investigación

Muchos estudios no mantienen una metodología consistente dentro de sí mismos. Por ejemplo, en los grupos experimentales varían los materiales que se utilizan para la restauración posterior, lo que puede traer variaciones en las preparaciones cavitarias y el sellado de las mismas.

Esto confunde la interpretación de los resultados, porque no es cierto si las diferencias que puede haber en el estado pulpar se deben a resultado de la PPD o a los procedimientos restaurativos (Hafez et al, 2002).

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS PPD

Por décadas ha habido una controversia sobre qué es más agresivo para la pulpa: si la toxicidad de los materiales dentales o las bacterias y sus toxinas. Durante muchos años se creía que ciertos materiales podían causar necrosis pulpares por su toxicidad. Sin embargo, investigaciones de mediados de la década del 70 indican que el tejido pulpar puede tolerar una gran variedad de materiales restauradores,

siempre y cuando no haya bacterias en ella. Una vez que las bacterias llegan a la pulpa, se desencadenan reacciones pulpares adversas y severas.

Uno de los principios básicos de la PPD es lograr una restauración con un buen sellado marginal para mantener la vitalidad pulpar (Besic, 1943; Leksell et al, 1996; Thompson et al, 2008).

Sin embargo, se debe recordar que el tejido pulpar es un tejido conjuntivo, y por lo tanto frente a estímulos va a reaccionar con inflamación. La primera

reacción es la necrosis de las células, y más tarde se reduce la capacidad pulpar de responder a una invasión bacteriana. Además, muchos materiales demandan del fotocurado para su polimerización, y esto lleva a un aumento de temperatura de las células pulpares incompatible con su viabilidad (Pameijer, et al, 1998; Hebling, et al, 1999).

Por todo lo anteriormente expuesto, cabe destacar que lo importante al momento de tomar la decisión de realizar la PPD o no, es necesario evaluar los siguientes factores:

- Edad del paciente y edad de la pieza dentaria: es sabido que cuanto más joven el paciente y más joven la pieza dentaria, mayor va a ser la capacidad reacional de ese tejido pulpar.
- Antecedentes de tratamientos de restauración de la pieza dentaria y estado pulpar actual: es importante evaluar a qué ha estado sometido esa pieza y ese órgano dentino pulpar, lo que va a incidir en el estado actual de la pulpa.
- El tejido pulpar debe estar libre de bacterias o toxinas bacterianas, en términos clínicos esto significa que el órgano dentario debe estar asintomático.
- Volumen y situación pulpar: surge del análisis radiográfico de la pieza dentaria y anamnesis.
- Causal y tamaño de la exposición: muchos estudios demuestran que las exposiciones por causas mecánicas presentan mejor pronóstico que las debidas a procesos cariosos, donde ya hay invasión bacteriana con la posterior respuesta inflamatoria del tejido pulpar (Bjørndal et al, 2010).
- Control de la hemorragia: se han utilizado varias soluciones para controlar el sangrado luego de



Fig. 1 Exposición pulpar.

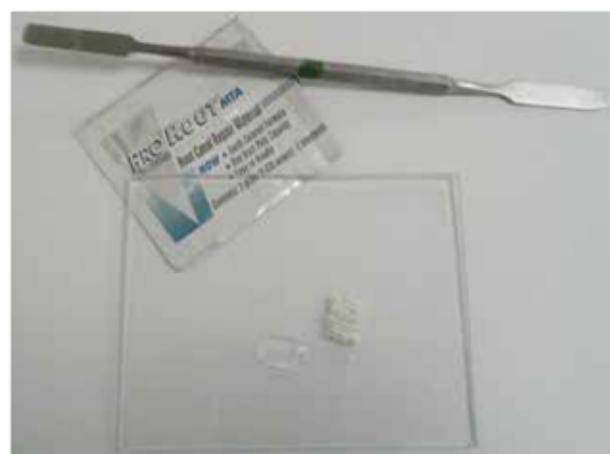


Fig. 2 Dispensado de MTA para manipulación.

la exposición pulpar; el hipoclorito de sodio (en concentraciones del 0.12 al 5.25%) a pesar de sus propiedades antibacterianas se sabe que causa una respuesta inflamatoria, por eso se prefiere utilizar la solución salina o agua de cal. (Fig 1)

## MATERIALES BIOACTIVOS UTILIZADOS PARA LA PPD

### Agregado de Trióxido Mineral (MTA)

El M.T.A ha sido desarrollado en la universidad de Loma Linda, California por Torabinejad et al.

Es un compuesto que surgió originalmente para sellar comunicaciones entre el sistema de conductos y periodonto, por sus comprobadas propiedades de: sellado marginal, sostenido, pH de 12.5, biológicas en relación a actividad antibacteriana, etc., se lo propuso para el sellado de perforaciones y como material de obturación a retro. Más tarde se fueron descubriendo sus buenas propiedades para el tratamiento de la pulpa vital.

### Composición

El MTA, así como los cementos de silicato de calcio utilizados hasta el momento, están basados en la composición del cemento portland:

75% silicato tricálcico:  $3\text{CaO-SiO}_2$ , aluminato tricálcico:  $3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ , silicato dicálcico:  $2\text{CaO-SiO}_2$ , aluminato férreo tetracálcico:  $4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$

20% óxido de bismuto:  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , 4.4% sulfato de calcio dihidratado:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y contienen bajas concentraciones de impurezas metálicas, provenientes de los minerales naturales utilizados como materia prima.

### Biocompatibilidad

- Su pH alcalino en contacto con el tejido conjun-

tivo ósteo-fibroso, le confiere la propiedad de ser ósteo-inductor, no reabsorbible.

- Ese pH alcalino determina para el material propiedades levemente bacteriostáticas.
- El mismo pH 12.5 permanece estable en el tiempo después de fraguado el material.

Muchos estudios de laboratorio “in vivo” han demostrado la excelente biocompatibilidad y sellado del MTA (Torabinejad et al, 2010), siendo considerado como el material más prometedor para reparaciones de perforaciones radiculares y del piso pulpar (Main et al, 2004); apexificaciones, obturaciones a retro (Saunders et al, 2008; Mente et al, 2010), y en reparaciones de reabsorciones internas y externas. En el tratamiento de pulpas vitales, el MTA ha demostrado que estimula la formación de puentes de dentina adyacente a la pulpa dental. Esta formación de dentina puede ser debida a la capacidad de sellado, alcalinidad y biocompatibilidad de este material (Ford et al, 1996).

### Manipulación (Fig 2)

El MTA está comercializado por Maillefer-Dentsply (Ballaigues, Suiza) bajo el nombre ProRoot MTA®, viene presentado en sobres herméticamente sellados que contienen el polvo del MTA. El ProRoot adjunta unas pipetas con agua estéril. El MTA debe prepararse inmediatamente antes de su utilización. El polvo se mezcla con agua estéril en una proporción 3:1 en una loseta de vidrio para dar una consistencia que sea manejable (Torabinejad et al, 1999). Una vez que el material adquiere una consistencia adecuada, puede ser aplicado usando un transportador o porta-amalgamas pequeño. El MTA requiere para su fraguado la presencia de humedad. Se puede condensar por medio de una bolita de algodón húmeda, una punta de papel o un atacador pequeño. Después de abrir un sobre de MTA, el polvo no utilizado,



Fig.3 Presentación comercial MTA blanco.



Fig. 4 PPD con MTA.



Fig. 5. Avio de Biodentine cerrado.



Fig. 6 Avio de Biodentine abierto.

se puede guardar herméticamente, para su futura utilización en otros tratamientos. El inconveniente principal del MTA es su difícil manejo, por lo que se requiere práctica (Schwartz et al, 1999). Su tiempo de fraguado inicial es de 2 horas y media. Presentación comercial: (Fig. 3) Caso clínico 4.

## Composición

Polvo	
Silicato Tricálcico (C3S)	Ppal estructura del material regula reacción de fraguado
Silicato Di-Cálcico (C2S)	Estructura secundaria del material
Óxido y Carbonato de Calcio	Relleno
Oxido ferroso	Shade
Oxido de Zirconio	Radio opacificador
Líquido	
Cloruro cálcico	Acelerador
Polímero Hidrosoluble	Agente reductor de agua

Tabla1. Componentes del silicato tricálcico purificado

## Biodentine (Septodont)

El Biodentine es un material basado en trisilicato de calcio de rápido fraguado, creado por el grupo de investigadores de Septodont, para ser utilizado como un sustituto de la dentina dañada. Reúne grandes propiedades mecánicas, es de fácil manipulación pero con determinadas características y



Fig. 7 Presentación comercial del avío completo de Biodentine.

tiene una excelente biocompatibilidad, lo que lo hace un material indicado tanto para restauraciones semipermanentes como para procedimientos endo-restauradores no llegando a ser un material estético.

### Biocompatibilidad

Estudios clínicos realizados con el silicato tricálcico demostraron que, Biodentine no es citotóxico, mutágenico, sensibilizante, o irritante (Zhou et al, 2013).

Es un material seguro para el uso clínico, teniendo una biocompatibilidad equivalente al MTA (Pérard et al, 2013). El estudio clínico realizado por (Laurent et al, 2008), mostró que el uso del silicato tricálcico como recubrimiento pulpar directo, puede inducir el desarrollo de dentina reparadora (primer signo de formación de puente dentinario) y de esta manera conservar la vitalidad de la pulpa dental.

Por su bioactividad Biodentine se puede considerar como un material apropiado para la regeneración del complejo dentinopulpar, como en las protecciones pulpares directas (Zanini et al, 2012).

El Biodentine ha demostrado ser bioactivo pues no induce daño a las células pulpares (Zanini et al, 2012), y además estimula la formación de dentina reparadora (Koubi et al, 2013). La formación de tejido duro ha sido relatada como consecuencia posterior a tratamientos pulpares realizado con éste cemento (Laurent et al, 2008). Este material usado como recubrimiento cuenta con propiedades de dureza, baja solubilidad y produce un fuerte sellado; supera las principales desventajas del CaOH como: falta de unión a la dentina y resina, solubilidad del cemento y la microfiltración. Los materiales bioactivos liberan elementos que la dentina incorpora y este fenómeno causa una modificación estructural de la misma, con lo que adquiere mayor resistencia.

El MTA, el Biodentine y el Theracal LC, liberan enzimas o proteínas “buenas” que son las responsables que se forme tejido calcificado

Se ha demostrado que esta incorporación de materiales en la dentina se da en mayor cantidad con el Biodentine que con el MTA (Han et al, 2011).

### Manipulación

El Biodentine presenta el polvo en cápsulas y el líquido en pipetas y necesariamente debe ser manipulado en amalgamador respetando las indicaciones del fabricante. No se debe experimentar ya que hay evidencias de manipulación manual vs. manipulación con amalgamador donde se demuestra la perdida de los beneficios del material además de ser la manipulación manual sumamente engorrosa. La manipulación propiamente dicha consiste: como primer paso conviene colocar la cápsula que contiene el polvo sola en el amalgamador por 8 o 10 segundos donde el objetivo es disgregar, unificar el polvo; luego se colocan 5 gotas del líquido dentro de la cápsula y se programa el amalgamador en 30 segundos a una velocidad de 4000 a 4200 oscilaciones por minuto.

Luego se procede a abrir la cápsula y corroborar la consistencia, que debe ser un tanto macillosa/densa; si se desea más consistente se puede colocar 3 segundos más en el amalgamador. Biodentine se puede manipular con instrumentos metálicos, se puede llevar por su consistencia a la cavidad con una portamalgama y condensar con condensadores bolitas o rectos pero ejerciendo una ligera presión, donde se puede observar que la superficie va dejando un brillo. Su primer tiempo de fraguado es de 6 minutos y su tiempo final es de 12 minutos, pasado ese tiempo podemos continuar con los procedimientos de rehabilitación (Cedrés, Giani & Laborde, 2014).

Manipulacion (Figs. 5 y 6)

Presentación comercial (Fig. 7)

Ver casos Clínicos (Figs. 8,9)



Fig. 8 Exposición pulpar por caries.



Fig. 9 PPD con Biodentine.

### Theracal LC (Bisco)

Theracal LC es un protector pulpar directo e indirecto de fotocurado a base de silicato de calcio modificado con resina el cual fue diseñado por la firma BISCO, para funcionar como barrera y proteger al complejo dentino-pulpar. El origen de éste producto bioactivo es el cemento Portland, BISCO combinó el MTA con una matriz de resina pero buscando siempre el equilibrio químico.

### Composición

Está compuesto por mineral trióxido agregado y una resina hidrofilica que es la que permite que la liberación de calcio sea sostenida en el tiempo para la precipitación de los cristales de hidroxiapatita por lo que debe ser colocado en dentina húmeda.

### Biocompatibilidad

Induce la precipitación de los cristales de hidroxiapatita lo cuales se convierten en dentina secundaria.

El Theracal es cuestionado por el contenido de resina, por su acidez pero el Theracal LC es de alto pH, es alcalino y esto es altamente positivo para reducir la proliferación bacteriana. Camillieri et al, en el 2014 evaluaron las características de la hidratación del Biodentine y Theracal cuando eran usados como protectores pulpar directos, concluyendo que la presencia de una matriz de resina modifica el mecanismo de fijación, pero no así la liberación de iones calcio del TheracalLC.

Uno de los principios básicos de la PPD es lograr una restauración con un buen sellado marginal para mantener la vitalidad pulpar

Gandolfi et al, en el 2015 concluyeron que los materiales basados en silicato de calcio son biointeractivos (liberan iones) y bioactivos (forman apatita), por eso son considerados BIOMATERIALES. La alta liberación de iones calcio y la rápida formación de apatita explican su capacidad para formar el puente dentinario.

### Manipulación

El Theracal LC se presenta en una jeringa similar a una resina flow, de muy fácil manipulación con buen corrimiento del producto, aunque requiere de algunos tips para que sus propiedades no se alteren. Al ser una material muy radiopaco no se



Fig.10 Exposición pulpar.



Fig.11 PPD con Theracal LC.



Fig. 12 Theracal LC Presentación.

debe cargar capas mayores a 1 mm de espesor, o sea que, si es necesario una capa mayor a ese espesor, se debe hacer un cargado incremental para que se realice la fotopolimerización correctamente. Luego de fotopolimerizar el Theracal LC por 20 segundos se puede continuar con la rehabilitación correspondiente ya sea por odontología adhesiva o convencional. (Figs. 10 y 11)

#### Presentación Comercial (Fig 12)

## CONCLUSIONES

El éxito de una PPD no depende exclusivamente del material con que se realice, también se deben considerar las condiciones en que se produjo la exposición pulpar y el manejo posterior de la misma, así como todos los factores a los que estuvo sometida la pieza dentaria anteriormente expuestos.

Hasta el momento no existe un material que cumpla con todos los requisitos ideales para las PPD. Está ampliamente comprobado que los materiales Bioactivos en contacto con la pulpa promueven la liberación de proteínas "buenas" como la BMP (proteína morfogénética de hueso) y la TBF-B1 (transforming growth factor: beta one). El MTA, el Biodentine y el Theracal LC, provocan la liberación de estas proteínas, por lo cual son responsables de la formación de tejidos calcificados.

El verdadero avance de estos materiales es que estimulan respuestas celulares específicas a nivel molecular y esto es lo que da como resultado la verdadera regeneración de los tejidos vivos.

## REFERENCIAS

- Accorinte Mde L, Loguercio AD, Reis A, Muench A, de Araújo VC.** (2005) Adverse effects of human pulps after direct pulp capping with the different components from a total etch, three-step adhesive system. *Dent Mater*; 21(7):599-607.
- Accorinte Mde L, Loguercio AD, Reis A, Muench A, de Araújo VC.** (2005) Response of human pulp capped with a bonding agent after bleeding control with hemostatic agents. *Oper Dent*; 30(2):147-155.
- Baume LJ, Holz J.** (1981) Long-term clinical assessment of direct pulp capping. *Int Dent J*; 31(4):251-260. [PubMed: 7030965]

- Basic FC** (1943) The fate of bacteria sealed in dental cavities. *J Dent Res*; 22(5):349–354.
- Bjørndal L, Reit C, Bruun G, Markvart M, Kjaeldgaard M, Näsman P, Thordrup M, Dige I, Nyvad B, Fransson H, Lager A, Ericson D, Petersson K, Olsson J, Santimano EM, Wennström A, Winkel P, Gluud C.** (2010) Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *Eur J Oral Sci*; 118(3):290-7.
- Camilleri J.** (2014) Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. *Dent Mater*; 30(7):709-15.
- Cedrés C, Giani A, Laborde JC.** (2014) Una nueva alternativa biocompatible: Biodentine. *Actas Odontol*; 10(1):11-16.
- Cohen BD, Combe EC.** (1994) Development of new adhesive pulp capping materials. *Dent Update*; 21(2):57-62.
- De Souza Costa CA, Lopes do Nascimento AB, Teixeira HM, Fontana UF.** (2001) Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater*; 17(3):230-240.
- Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Ricciutello F, Prati C.** (2015) Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater*; 13(1):43-60.
- Gutmann JL; Dumsha TC, Lovdahl PE.** (2007). Solución de problemas en endodoncia. Barcelona: Elsevier.
- Hafez AA, Cox CF, Tarim B, Otsuki M, Akimoto N. (2002) An in vivo evaluation of hemorrhage control using sodium hypochlorite and direct capping with a one- or two-component adhesive system in exposed non-human primate pulps. *Quintessence Int*; 33(4):261–272.
- Han L, Okiji T.** (2011) Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate- based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J*; 44(12):1081-7.
- Hebling J, Giro EMA, de Souza Costa CA. (1999) Biocompatibility of an adhesive system applied to exposed human dental pulp. *J Endod*; 25(10):676–682.
- Hilton TJ.** (2009) Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. *Oper Dent*; 34(5):615-625.
- Koubi G, Colon P, Franquin JC, Hartmann A, Richard G, , Faure MO, Lambert G.** (2013). Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentin substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth: a prospective study. *Clin Oral Invest*; 17(1):243-9.
- Laurent P, Camps J, De Méo M, Déjou J, About I.** (2008). Induction of specific cells responses to a Ca(3) SiO(5)-based posterior restorative material. *Dent Mater*; 24(11):1486-94.
- Leksell E, Ridell K, Cvek M, Mejare I.** (1996) Pulp exposure after stepwise versus direct complete excavation of deep carious lesions in young posterior permanent teeth. *Endod Dent Traumatol*; 12(4):192–196.
- Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M.** (2004). Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod*; 30(2):80-3.
- Mente J, Geletneky B, Ohle M, Koch MJ, Friedrich Ding PG, Wolff D, Dreyhaupt J, Martin N, Staehle HJ, Pfefferle T.** (2010). Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: an analysis of the clinical treatment outcome. *J Endod*; 36(5):806-13.
- Pameijer CH, Stanley HR.** (1998) The disastrous effects of the “total etch” technique in vial pulp capping in primates. *Am J Dent*; 11:S45–S54.
- Pérard M, Le Clerc J, Watrin T, Meary F, Pérez F, Tricot-Doleux S, Pellen-Mussi P.** (2013). Spheroid model study comparing the biocompatibility of Biodentine and MTA. *J Mater Sci Mater Med*; 24(6):1527-34.
- Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP.** (1996) Using mineral trioxide aggre-

- gate as a pulp capping material. *J Am Dent Assoc*; 127(10):1941-4.
- Prosser HJ, Groffman DM, Wilson AD.** (1982) The effect of composition on the erosion properties of calcium hydroxide cements. *J Dent Res*; 61(12):1431-1435.
- Qureshi A, Soujanya E, Nandakumar, Pratapkumar, Sambashivarao (2014) Recent advances in pulp capping materials: an overview. *J Clin Diagn Res*; -8(1):316-321.
- Saunders WP.** (2008). A prospective clinical study of periradicular surgery using mineral trioxide aggregate as root-end filling. *J Endod*; 34(6):660-5.
- Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker III WA.** (1999) Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc*; 130(7):967-75.
- Thompson V, Craig RG, Curro FA, Green WS, Ship JA.** (2008) Treatment of deep carious lesions by complete excavation or partial removal: a critical review. *J Am Dent Assoc*; 139(6):705-712.
- Torabinejad M, Parirokh M.** (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II, leakage and biocompatibility investigations. *J Endod*; 36(2):190-202.
- Torabinejad M, Chivian N.** (1999) Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*; 25(3):197-206.
- Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S.** (2012). Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells and stimulates biomineralization. *J Endod*; 38(9):1220-6.
- Zhou HM, Shen Y, Wang ZJ, Li L, Zheng YF, Hakkinen L, Haapasalo M.** (2013). In vitro citotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod*; 39(4):478-83.

*Dra. Andrea Giani*  
ag.andreagiani@gmail.com