

# Biodentine® y su uso en dentición temporal.

## Revisión de la literatura

Recibido: 29-01-2020

Aceptado: 14-06-2020

### ***Biodentine® and its temporary use. Literature review***

---

#### **Elena, Wyssenbach - Kanpandegia**

Odontopediatra de práctica privada,  
España.

---

#### **Ana María, Leyda - Menéndez**

#### **Fátima, González - Galván**

#### **María José, Gavara - Navarro**

Profesora asociada del Máster Propio en  
Odontopediatría Integral. Universidad  
CEU Cardenal Herrera. Valencia.  
España. Calle Jaca 19 piso 1 pta.2 46010  
Valencia. España.

**Resumen** La biocompatibilidad y bioactividad se han convertido en características casi imprescindibles en cualquier material de uso dental. De manera reciente disponemos del Biodentine®. Se trata de un cemento con altas propiedades físico-mecánicas que comenzó a ser comercializado en el 2009 y fue especialmente diseñado como sustituto dentinario. Para la odontopediatría, esta búsqueda de nuevos materiales eficaces, resistentes y biocompatibles es especialmente importante en algunos tratamientos como la pulpotomía en los que los fármacos clásicamente utilizados, como el formocresol, han sido apartados del uso clínico por su potencial tóxico. Debido, por un lado, a un mayor uso del Biodentine® en la clínica dental, especialmente en el tratamiento odontopediátrico, y por otro, a la mayor producción científica al respecto, se ha creído conveniente realizar esta revisión de la literatura con el objetivo de recoger de manera sistematizada el conocimiento actualizado sobre este material y su empleo en odontopediatría.

**Palabras clave:** Biodentine, dientes temporales, pulpotomía, terapia pulpar, recubrimiento pulpar indirecto

Citar como Wyssenbach E; Leyda A; González F; Gavara M. Biodentine® y su uso en dentición temporal. Revisión de la literatura. *Odontol Pediatr* 2020;19(1); 49 - 63.

## Abstract

Biocompatibility and bioactivity have become almost indispensable characteristics in any dental material. Recently we have the Biodentine®. It is a cement with high physical-mechanical properties that began to be marketed in 2009 and was specially designed as a dentin substitute. For pediatric dentistry this search for new effective, resistant and biocompatible materials is especially important in some treatments such as pulpotomy in which the classically used drugs, such as formocresol, have been removed from clinical use due to their toxic potential. Due, on the one hand, to a greater use of Biodentine® in the dental clinic, especially in the odontopediatric treatment, and on the other hand, to be greater scientific production in this respect, it has been thought convenient to carry out this revision of the literature with the aim of deepening the updated knowledge of this material especially of its use in odontopediatrics.

**Keywords:** Biodentine, temporary teeth, pulpotomy, pulp therapy, indirect pulp capping

## INTRODUCCIÓN

Investigaciones odontológicas recientes dentro de un enfoque integral consideran, cada vez más, los dientes y la salud oral como parte de la salud del organismo<sup>1</sup>. Ya no sólo es el dentista el que intenta educar, sino que la población, que engloba tanto a los pacientes como a profesionales de otras áreas de la salud, está mostrando un interés cada vez mayor por la conservación dental.

En esa búsqueda, uno de los mayores retos ha sido encontrar el material restaurador ideal que tenga propiedades físicas similares a las de los propios dientes, que sea capaz de mantener la adhesión a la dentina y el esmalte y que además resista la degradación dentro de la cavidad oral<sup>2</sup>.

Biodentine® es un material con base de silicato cálcico que empezó a comercializarse en el año 2009. El grupo de investigación de Septodont lo desarrolló como un nuevo tipo de material dental para

sustituir la dentina con altas propiedades mecánicas y una excelente biocompatibilidad, además de un comportamiento bioactivo<sup>3,4</sup>. Clínicamente, es un material fácil de manejar y que supera algunas de las limitaciones del Agregado Trióxido Mineral (MTA) como son el tiempo de endurecimiento o la decoloración posterior de los tejidos coronales remanentes que en el Biodentine® son menores.

## COMPOSICIÓN DEL BIODENTINE®

La forma de presentación del Biodentine® es bicomponente: polvo y líquido. Por un lado, el polvo incluye silicato tricálcico ( $3\text{CaOSiO}_2$ ) que actúa como material principal, silicato dicálcico ( $2\text{CaO SiO}_2$ ), carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) que actúa como relleno, óxido de hierro que actúa como colorante y el dióxido de zirconio ( $\text{ZrO}_2$ ) que actúa como material de contraste. La parte líquida la componen el cloruro cálcico ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) que actúa como acelerador

del fraguado y un polímero hidrosoluble que actúa como agente reductor de agua<sup>1,2,5-11</sup>.

Otros cementos similares al Biodentine® tienen como material radiopacificador al óxido de Bismuto. La ausencia de este en el Biodentine® disminuye el potencial de decoloración del diente y el tiempo de fraguado, y en cambio, aumenta la microdureza del material<sup>12,13</sup>.

## MEZCLADO Y FRAGUADO DEL BIODENTINE®

El Biodentine®, como el MTA, es un cemento hidráulico que requiere de humedad para activar su reacción de fraguado e iniciarse el endurecimiento del cemento. La reacción de fraguado se inicia tras la colocación de 5 gotas de líquido en 1 cápsula de polvo. Una vez vuelta a cerrar la cápsula se bate durante 30 segundos (seg.) en un batidor de amalgama. Al hidratarlo y batirlo se convierte en una pasta terrosa que con ayuda de un instrumento plástico se lleva al lugar requerido.

Tras el mezclado del polvo y del líquido, las partículas de silicato cálcico reaccionan con el agua para formar una solución de pH alto en la que están libres los iones de calcio (Ca<sup>2+</sup>), los aniones de hidroxilo (OH<sup>-</sup>) y los iones de silicato (SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>).

La hidratación genera la formación de un gel de silicato cálcico y de hidróxido de calcio [Ca (OH)<sub>2</sub>] compuesto por partículas de tamaño nanométrico. Con el paso del tiempo, el gel de silicato cálcico polimeriza formando una red sólida; mientras que, la alcalinidad del medio circundante sigue aumentando debido a la continua liberación de hidróxido de calcio. Durante este fraguado, el gel de silicato cálcico se dispone alrededor de las partículas de silicato tricálcico sin reaccionar con ellas gracias a la

relativa impermeabilidad del gel, enlenteciéndose las reacciones adicionales<sup>5</sup>.

El tiempo de fraguado es la característica más relevante del Biodentine® y el motivo de su popularidad. El fabricante afirma que es de 12 minutos (min.)<sup>12</sup>. Este tiempo e incluso algo menos ha sido confirmado por algunos estudios<sup>7,14,15</sup>. Sin embargo otros trabajos han informado un tiempo de fraguado mayor, llegando incluso a referir 100 min.<sup>16,17</sup>. Grech y cols.<sup>18</sup> investigaron el tiempo de fraguado del Biodentine® desde el comienzo del mezclado hasta que la punta del aparato Vicat fracasaba al querer dejar marca en la superficie del material. Los autores determinaron un tiempo de fraguado de 45 min.

Otra característica del Biodentine® es la liberación de calcio cuando está en solución. Esta liberación ocurre de manera más importante durante las primeras horas tras el mezclado y continua en el tiempo durante los siguientes 15 a 30 días, fomentando así su alcalinidad y sus propiedades antibacterianas<sup>19</sup>.

Los materiales a base de silicato cálcico tienen la habilidad de liberar hidróxido de calcio en la hidrólisis superficial de sus componentes y esto afecta a la flexibilidad dentinaria reduciéndola cuando el contacto es prolongado<sup>14</sup>. Esto es considerado por varios autores<sup>2,9</sup> como una ventaja al favorecer la remineralización del tejido dentinario subyacente.

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL BIODENTINE®

### Fuerza o tensión compresiva

Se trata de la fuerza necesaria para acortar o comprimir un cuerpo. Esta característica puede considerarse como una de las imprescindibles en

cualquier material con aplicaciones restauradoras, como es el caso del Biodentine®. Además, en la clínica odontopediátrica, este material va a ser principalmente usado en tratamientos pulpares o como sustituto dentinario incluso colocado en bloque por lo que es necesario que sea capaz de soportar las fuerzas de masticación, es decir, que tenga una alta fuerza compresiva<sup>14</sup>.

El fabricante indica que una de las características de este material es la capacidad para ganar fuerza compresiva con el paso del tiempo, hasta alcanzar valores parecidos a los de la dentina natural<sup>14</sup>. Además, recomienda esperar una semana hasta la colocación de la restauración definitiva sobre el Biodentine® para permitir su maduración completa<sup>4</sup>. Dos estudios<sup>5,11</sup> analizaron el aumento de la fuerza compresiva con el paso del tiempo y ambos coincidieron en que a las 24 horas de colocación estas eran de 170 y 200 megapascales (MPa) respectivamente, mientras que a los 20 días los valores habían aumentado hasta 204 y 300 MPa. Valores muy positivos teniendo en cuenta que la fuerza compresiva de la dentina natural es de 297 MPa.

Grech y cols.<sup>18</sup> compararon un prototipo de cemento de silicato tricálcico radiopacificado, un bioagregado y el Biodentine® y observaron que los valores más altos en cuanto a fuerza compresiva correspondieron al Biodentine®, posiblemente debido a la baja proporción agua/cemento que el material posee, gracias a que el polímero hidrosoluble actúa como agente reductor.

Kayahan y cols.<sup>4</sup> estudiaron si el procedimiento de grabado ácido tenía algún efecto sobre esta propiedad antes de la colocación de la restauración de composite sobre el Biodentine®. Siguiendo las indicaciones del fabricante, esperaron 7 días hasta

su completa maduración para poner a prueba el material y observaron que la tensión compresiva no se vio afectada.

### **Microdureza**

La microdureza es la resistencia que opone la superficie de un material a ser rayado o penetrado. Esta es también una propiedad necesaria en cualquier material que vaya a permanecer en el medio oral. Diversos estudios<sup>18,20</sup> han comparado la microdureza del Biodentine® con la de otros materiales con los que a veces comparte indicaciones: fibroeuogenato (IRM®), ionómero de vidrio autopolimerizable (Fuji IX®) o ionómero de vidrio modificado con resina (Vitrebond®). En algunos trabajos la microdureza del Biodentine® resultó superior<sup>18</sup>. En otros la microdureza del Biodentine® resultó superior a la de los ionómeros de vidrio tanto auto como fotopolimerizables antes del grabado ácido, igualándose después en todos los materiales estudiados tras el uso del ácido fosfórico<sup>21</sup>.

### **Fuerza de unión o unión mecánica**

La fuerza de unión, también llamada resistencia al cizallamiento es la tensión máxima de cizallamiento que puede soportar un material antes de su ruptura. Entendiendo por cizallamiento la deformación lateral de un material generada por la aplicación de una fuerza externa, también llamada corte o cortadura. Hay dos tipos de fuerzas de unión a tener en cuenta a la hora de estudiar el Biodentine®. Por un lado, la fuerza de unión del material al sustrato, en este caso el diente y, por otro, la fuerza de unión del material a la restauración colocada sobre él. Respecto a la fuerza de unión Biodentine®/dentina en dientes temporales los resultados son menos positivos que en dentición permanente donde este material empleado en la reparación de lesiones de furca y como material de

relleno de los conductos presenta valores similares o incluso ligeramente superiores al MTA en relación a la resistencia a las fuerzas expulsivas, sin interferir la presencia de sangre en ningún momento del fraguado<sup>22</sup>. Sin embargo, en dientes temporales comparándolo con otros sustitutos dentinarios su fuerza de unión a la dentina es mucho menor, como demostraron Aldelmegid y cols.<sup>2</sup>. Estos autores observaron una fuerza de unión de 1.861 MPa para el Biodentine® frente a 14.044 MPa presentados por un composite fluido de baja carga para obturación en bloque, el Smart dentine replacement (SDR), aunque paradójicamente el porcentaje de fracasos del Biodentine® fue del 8,3% frente al 51,3% mostrado por el SDR.

El Ma'aita y cols.<sup>23</sup> quisieron saber si el barro dentinario afectaba la fuerza de unión de algunos materiales cuando eran empleados para obturar canales radiculares. Los autores observaron que todos los cementos con base cálcica estudiados (Biodentine®, ProRoot MTA® y Harvard MTA®) disminuían su fuerza de unión con la eliminación del barro dentinario. La hipótesis que manejaron al respecto fue que el tamaño de las partículas de los cementos era demasiado grande para penetrar en los túbulos dentinarios y el barrillo dentinario tomaba parte activamente en la interacción mineral entre los cementos y la dentina radicular.

Al revisar la literatura relacionada con la fuerza de unión entre el Biodentine® y la restauración definitiva colocada sobre ella, se observa cierta controversia.

Como se ha explicado anteriormente, el tiempo de fraguado del Biodentine® teóricamente es de 12 minutos, pero los estudios realizados han evidenciado que realmente tarda bastante más tiempo en madurar completamente. Este hecho hace que el grabado ácido sobre él tenga diferentes

efectos en las diferentes fases de fraguado. Así Odabas y cols.<sup>24</sup> evaluaron las diferentes fuerzas de unión que se conseguían con distintas técnicas de adhesión en diferentes tiempos de fraguado del Biodentine®. Los valores más bajos se obtuvieron al emplear la técnica de grabado y lavado posterior a los 12 minutos de maduración y los más altos al emplear una técnica de autograbado en dos pasos a las 24 horas de maduración<sup>24</sup>. Esto es debido a que el Biodentine® es un material de restauración débil en sus fases iniciales de fraguado, por lo que la restauración de composite debería realizarse a las 2 semanas, para que el Biodentine® durante ese tiempo pueda conseguir la maduración adecuada y soportar las fuerzas de contracción de la resina<sup>25-27</sup>. Sin embargo, en un reciente estudio in vitro realizado por Palma y cols.<sup>28</sup> (2018) se observó que la utilización de un adhesivo autograbante universal a los 12 minutos tras la colocación del Biodentine® logró una efectividad de adhesión parecida a la obtenida tras la espera de 7 días (4,44±2,49 MPa Vs 3,69±2,23 MPa).

Por lo tanto, no se trata sólo del tiempo de fraguado transcurrido y de la maduración del material sino también del tipo de sistema de grabado empleado. En relación a este segundo factor parece que el sistema de autograbado favorece una mayor fuerza de unión entre el Biodentine® y el composite<sup>7,24</sup>.

### **Porosidad y habilidad de sellado**

El grado de porosidad de un material es el volumen ocupado por espacios vacíos por unidad del volumen total de material. Se trata de un factor crítico que determina la cantidad de fuga o filtración que sufrirá y por lo tanto es determinante para predecir la evolución de un tratamiento. También se ha visto que la porosidad está directamente relacionada con otros factores como la absorción, la permeabilidad,

la fuerza y la densidad del material<sup>5,14</sup>. La mayor densidad y menor porosidad junto con el pequeño tamaño de partícula del Biodentine® comparándola con las del MTA, le permite su buena habilidad del sellado marginal. Esto sumado a un fraguado más rápido, colabora en la prevención de filtraciones prolongadas y por lo tanto en la disminución de la contaminación bacteriana<sup>29</sup>.

Para que el sellado sea óptimo, el material colocado en la dentina debe adaptarse adecuadamente al fondo de la cavidad que va a recubrir y/o rellenar. En este sentido el Biodentine® presenta una excelente adaptación a la dentina principalmente por adhesión micromecánica. Adaptación similar a la obtenida por el ionómero de vidrio convencional autopolimizable<sup>5,30</sup>. Ahora bien, esta adaptación varía según el grado de humedad dentinaria: si la dentina esta seca en la zona de unión con el Biodentine® se observan a microscopia con focal grietas, roturas y espacios de un tamaño suficientemente grande como para el paso de microorganismos. Atmeh y cols.<sup>31</sup> (2012) estudiaron y compararon las propiedades interfaciales del Biodentine® y del cemento de ionómero de vidrio con la dentina y determinaron, tras analizar las muestras con métodos electroscópicos y microscópicos, la presencia de grietas y fracturas a lo largo de la superficie de contacto entre el Biodentine® y la dentina subyacente. Estas grietas y roturas no aparecen con la dentina húmeda como confirmaron Camilleri y cols.<sup>20</sup>. Este resultado es determinante y obliga a hacer un análisis del tratamiento clínico a realizar antes de seleccionar el material.

### Microfiltración

Estrechamente ligada a la porosidad y a la habilidad de sellado marginal se encuentra la microfiltración que se podría definir como el paso de fluido,

bacterias, moléculas, iones o incluso aire, entre el material utilizado y la pared de la cavidad del diente. Es decir, el paso que se crea en la interfase diente-restauración<sup>32</sup>.

En dentición temporal la dentina tiene un diámetro tubular mayor y por lo tanto una humedad superficial también mayor que la dentina de los dientes permanentes. Además, el principal uso del Biodentine® en odontopediatría es como base cavitaria o como material para el tratamiento de los muñones radiculares y obturación en bloque en pulpotomías por lo que evaluar su microfiltración es de gran importancia ya que de no ser controlada podría desencadenar sensibilidad postoperatoria, caries secundarias o incluso el fracaso de los tratamientos<sup>14</sup>.

Los resultados recogidos en los estudios revisados no son tan positivos como los vistos en dentición permanente. Así, Cerdas-Valverde y cols.<sup>32</sup> (2013) compararon la microfiltración sufrida por diferentes materiales en dentición temporal tras 24 horas de contacto con azul de metileno valorado con microscopía de gran aumento RAMAN. Los autores observaron que todas las muestras del Biodentine® y del Ketac Cem Molar® (ionómero de vidrio convencional) sufrieron filtraciones de azul de metileno mientras que, sólo la sufrieron 3 de las muestras de Vitremer® (ionómero de vidrio modificado con resina). El pequeño número de estudios encontrados al respecto deja abierto un campo de investigación importante y necesario.

### Radiopacidad

La radiopacidad es una característica física necesaria en materiales que van a ser aplicados en capas finas y en zonas donde el control periódico se realiza con técnicas radiográficas.

El óxido de zirconio posee buenas características de biocompatibilidad junto con unas propiedades mecánicas favorables y una buena resistencia a la corrosión<sup>14</sup>.

Además, le aporta al Biodentine® valores de radiopacidad en torno a 3 mm Al con opiniones diferentes entre los investigadores en relación a su idoneidad en el uso clínico<sup>18,33,34</sup>. Esto ha hecho que autores como Dammaschke<sup>35</sup> o Carddu y Duncan<sup>12</sup> indiquen que la visibilidad del Biodentine® en la radiografía no es la adecuada cuando está localizado en la zona de la dentina lo que supone dificultades en términos de aplicabilidad clínica ya que el operador va a tener dificultad para diferenciar el material de este tejido dental.

Estos resultados se deben considerar de manera cauta, ya que como bien expresaron Malkondu y cols.<sup>14</sup> en su revisión, hay zonas de aplicación del material, como pueden ser lesiones de furca o tratamientos en contacto directo con tejido conectivo y óseo, donde prevalece la importancia de la biocompatibilidad sobre la radiopacidad.

### **Solubilidad**

Por solubilidad se entiende la capacidad de un material de poder disolverse una vez completado su fraguado.

La solubilidad del Biodentine® es baja como comprobaron Grech y cols.<sup>18</sup>. Los autores asociaron esta pobre capacidad de disolverse con la capacidad de depositar sustancias en la dentina subyacente, tales como hidroxiapatita al entrar en contacto con los fluidos del tejido conectivo. Esto le da al material estabilidad dimensional.

## **CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL BIODENTINE®**

### **Actividad antibacteriana y antifúngica**

Las propiedades antibacterianas y antifúngicas de los cementos con base silicato cálcica como el Biodentine® pueden atribuirse a su alto pH. La alcalinidad del cemento inhibe la proliferación y crecimiento de microorganismos, ayudando así a la desinfección de la dentina<sup>5</sup>. El Biodentine® consigue valores de pH en torno a 12 a las 3 horas y poco a poco va bajando hasta valores cercanos a 9 a los 28 días de su fraguado. Un pH de 10,5-11 ralentiza la proliferación del *Enterococcus faecalis*, mientras que en pHs superiores a 11,5 directamente la proliferación es inviable<sup>19</sup>.

Bhavna y cols.<sup>36</sup> (2015) comprobaron que la acción antibacteriana y antifúngica del Biodentine® es superior a la del MTA y a la del ionómero de vidrio.

### **Biocompatibilidad y bioactividad**

Esta puede ser considerada como la propiedad de mayor interés clínico-práctico en el Biodentine®. La biocompatibilidad o la citotoxicidad de un material deben tenerse muy en cuenta antes de su utilización en medicina y en odontología, más aún en tratamientos donde la colocación del material tenga contacto directo con los tejidos conectivos.

Actualmente es un consenso la necesidad de utilizar materiales no sólo no tóxicos, sino además que promuevan la reparación, es decir, bioactivos<sup>5,14</sup>. Son muchos los estudios que confirman la biocompatibilidad del material<sup>2,37-39</sup> y su capacidad de inducir la diferenciación de células madre en la pulpa dental<sup>40</sup>.

Hay incluso estudios que consideran el Biodentine® una mejor opción frente al MTA, por lograr los mismos efectos que este, pero en mayor intensidad y con mejor calidad, lo que supone una mejor y mayor reparación y una mayor biocompatibilidad<sup>41</sup>. Algunos autores han planteado que esta mayor estimulación de la proliferación y diferenciación celular conseguida por el Biodentine® se debe posiblemente a que es capaz de liberar más cantidad de iones de calcio y de sílice<sup>42,43</sup>.

Laurent y cols. en el 2008, fueron los primeros en informar sobre las propiedades biológicas prometedoras del material en cultivos con fibroblastos humanos<sup>44</sup>. En el año 2013 Zhou y cols.<sup>45</sup> compararon los efectos de un MTA blanco (ProRoot®), de un cemento de Ionómero de Vidrio (Fuji IX®) y del Biodentine® en fibroblastos humanos. Durante su observación de 1 a 7 días, el Biodentine® y el MTA resultaron menos tóxicos que el Ionómero de vidrio. Se trata, por lo tanto, de un material muy biocompatible.

En los últimos años, el Biodentine® ha demostrado tener capacidad de promover la síntesis temprana de dentina reparativa<sup>12</sup>. Laurent y cols.<sup>46</sup> observaron que tanto el Biodentine® como el MTA estaban involucrados en la diferenciación temprana odontoblástica y en el inicio de la mineralización.

El Biodentine® tiene la capacidad de aumentar la migración celular por un lado y por otro, es capaz de activar y secretar factores de crecimiento  $\beta$ 1 encargados de la citodiferenciación temprana, y por ello, promover la formación de nuevas células tipo odontoblásticas formadoras de dentina terciaria a partir de células madres pulpaes.

Se han realizado estudios para analizar si el efecto proliferativo del Biodentine® es concentración

dependiente y se ha visto que, en concentraciones más altas (20 mg / ml)<sup>47</sup> produce efecto citotóxico en las células madre mientras que a concentraciones más bajas (2 mg/ml, 0,2 mg/ml y 0,02 mg/ml) obtiene un óptimo potencial regenerativo.

Collado-González y cols. mostraron que el MTA y el Biodentine® no eran citotóxicos y que ambos presentaban una buena migración celular a las 48 horas y una abundante colonización celular. Además, el Biodentine® fue el que consiguió la mayor mineralización extracelular<sup>41</sup>.

El colágeno tipo I es el principal componente en la matriz extracelular pulpar y tiene una influencia directa en la formación del tejido duro dental y en la mineralización. Los materiales que contienen silicato cálcico influyen en la expresión del RNA mensajero para la síntesis del colágeno tipo I. Esta influencia va a depender de dos factores: por un lado, como ya se ha mencionado de la concentración del material, en este caso del Biodentine® y por otro lado del tamaño de exposición de la pulpa.

## INCONVENIENTES DEL BIODENTINE®

### Decoloración

Aunque la decoloración coronal, en casos de tratamientos de terapia pulpar vital, no esté considerado un fracaso del tratamiento, hoy en día, cuando la estética tiene cada vez más importancia, hay pacientes que difícilmente entienden el cambio de color causado por la necesidad de un tratamiento<sup>12</sup>.

El óxido de bismuto, presente en otros cementos dentales como el MTA, está relacionado con el cambio de color causado por su óxido amarillo<sup>15</sup>. El Biodentine® sustituye el bismuto por óxido de



zirconio, influyendo en su potencial de decolorar que, aunque existe como en cualquier silicato cálcico, es bastante menor que en el MTA<sup>12</sup>.

Así, Ramos y cols.<sup>48</sup> comprobaron que el MTA inducía un mayor cambio de coloración al ser comparado con el Biodentine® tras un año de estudio, observando que en el caso del MTA la decoloración aumentó con el paso del tiempo mientras que el Biodentine® presentó una mejor estabilidad del color.

Uesrichai y cols.<sup>49</sup> realizaron un estudio en 67 primeros molares permanentes tratados con pulpotomía parcial empleando para cubrir la pulpa remanente MTA y Biodentine®.

Los autores observaron una decoloración perceptible en ambos grupos, 80% de los dientes tratados con MTA y 27% de los tratados con Biodentine®, con una diferencia significativa entre ambos materiales.

### **Resistencia al lavado**

La resistencia al lavado se define como la tendencia que tiene el material recién preparado para desintegrarse al entrar en contacto temprano con fluidos como, por ejemplo, la sangre<sup>14</sup>.

Sólo se dispone de un estudio al respecto en la bibliografía revisada, y sus resultados no son favorables puesto que el Biodentine® mostró inmediatamente después de su colocación poca resistencia al lavado con todos los líquidos utilizados.

Los autores atribuyeron este resultado al efecto surfactante que provoca el polímero hidrosoluble presente en el material<sup>18</sup>.

## **APLICACIONES CLÍNICAS DEL BIODENTINE® EN DENTICIÓN TEMPORAL**

### **Recubrimiento pulpar indirecto (RPI) y tratamiento pulpar indirecto (TPI)**

El RPI es el tratamiento de elección en dientes temporales con caries profundas próximas a la pulpa sin sintomatología de afectación irreversible.

El procedimiento consiste en la eliminación de toda la dentina careada infectada, manteniendo la dentina afectada más próxima a pulpa, y evitando así la exposición pulpar. Encima de la dentina afectada se coloca un biomaterial con la finalidad de remineralizar la lesión mediante la formación de dentina reparativa, bloqueando además el paso de bacterias y protegiendo la pulpa.

El TPI es un procedimiento que se puede realizar en dientes asintomáticos clínica y radiográficamente con una lesión de caries muy profunda y cercana a la pulpa. Consiste en la remoción parcial de la caries dejando en el lugar la dentina careada más próxima a la pulpa evitando la exposición pulpar y protegiéndola después con un material biocompatible que estimule la reparación dentinaria. La bibliografía al respecto refiere principalmente el uso de hidróxido de calcio o ionómero de vidrio tanto para el RPI como para el TPI. Recientemente el Biodentine® surge como una buena alternativa.

Garrocho-Rangel y cols.<sup>50</sup> compararon la efectividad del Biodentine® y del hidróxido de calcio como materiales para el RPI de molares deciduos con caries próximas a pulpa. Los resultados fueron favorables para ambos materiales mostrándose significativamente superior el Biodentine®.

Muy recientemente, Boddeda y cols.<sup>51</sup> compararon el éxito clínico y radiográfico logrado en molares primarios con caries muy profundas con Biodentine®, clorhexidina al 2% más compómero o clorhexidina al 2% e hidróxido de calcio (Dycal®). El grupo tratado con Biodentine® mostró un éxito del 100%, sin diferencia estadísticamente significativa con los otros dos grupos.

### **Pulpotomía**

En el caso de caries muy profundas próximas a pulpa en las que se expone durante la remoción de la dentina, la pulpotomía sigue siendo el tratamiento de elección en muchas ocasiones. El material ideal para la pulpotomía se espera que sea bactericida, biocompatible y no tóxico en relación con el tejido pulpar y los tejidos circundantes, que no inhiba la reabsorción fisiológica radicular natural, y que preserve la pulpa radicular sin sintomatología clínica ni radiográfica<sup>6,9,52</sup> hasta el normal momento de exfoliación.

El material clásicamente usado ha sido el formocresol (FC) que actúa desvitalizando el diente por momificación. En el 2004 fue clasificado por la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer como carcinogénico para los humanos<sup>52,53</sup>. En las últimas décadas se introdujo como sustituto del FC el MTA. Ensayos clínicos han mostrado niveles de éxito clínico y/o radiológico iguales o incluso superiores a los obtenidos con el FC o con el Sulfato Férrico (SF)<sup>52</sup>, añadiendo la ventaja que supone siempre el empleo de un material bioregenerativo.

Más recientemente, y con el objetivo de contrarrestar las desventajas que mostraba el MTA, una nueva generación de materiales con propiedades similares emergió de manera prometedora para pulpotomías en molares temporales<sup>52,53</sup>, entre ellos, el Biodentine®.

Con propiedades bioactivas alienta la regeneración del tejido duro por reclutamiento celular<sup>40,54,55</sup> sin provocar signos inflamatorios pulpares, ni moderados ni severos.

Muchos estudios se han centrado en valorar el éxito clínico y radiográfico del Biodentine® y de compararlo con los materiales más frecuentemente empleados con anterioridad, sobre todo el FC, el SF, el hidróxido de calcio o el MTA. La revisión de todos estos estudios nos permite observar que el Biodentine® consigue niveles de éxito clínico entre el 96 y el 100%<sup>9,56,57</sup> y de éxito radiográficos entre el 60 y el 95%<sup>9,56,57</sup>. Hay autores que informan de niveles de éxito total entorno al 92% como Sironi y cols.<sup>58</sup> comparando el Biodentine® con el SF.

Sin embargo, la mayoría de los estudios encontrados sobre el uso del Biodentine® en la realización de pulpotomías lo comparan con el MTA. Los resultados obtenidos en todos estos trabajos no son concluyentes aún, pero permiten ir teniendo un cuerpo del conocimiento muy interesante. Así Nowicka y cols.<sup>59</sup> mediante análisis tomográfico observaron que el Biodentine® era capaz de formar puentes dentinarios más gruesos que los formados por el MTA u otros materiales. En general los trabajos realizados hasta el momento evidencian un éxito clínico semejante al del MTA<sup>9,56,57</sup> pero un éxito radiográfico menor al conseguido por este.

Cuadros-Fernández y cols.<sup>57</sup> ya empezaron a observar esto al comparar ambos materiales, aunque la diferencia no resultó estadísticamente significativa. Recientemente Carti y cols.<sup>9</sup> confirmaron esta tendencia. Los autores observaron que el éxito radiográfico del MTA fue del 80% frente al 60% del Biodentine®. La diferencia entre ambos resultados fue estadísticamente significativa.

La tabla 1 recoge los resultados clínicos y radiográficos de algunos estudios que han comparado el uso del MTA y del Biodentine® en pulpotomías de dientes temporales. En los estudios de más largo seguimiento la diferencia entre ambos materiales se va haciendo mayor conforme pasa el tiempo, obteniendo el Biodentine® porcentajes más bajos de éxito especialmente radiográfico<sup>60-63</sup>. Sin embargo, en la revisión sistemática realizada por Stringhini y cols.<sup>64</sup> (2018) comparando la eficacia de diversos materiales en la realización de pulpotomías en dentición temporal no hallaron diferencias significativas entre el éxito clínico y radiográfico usando Biodentine® o MTA.

Los autores incluyeron estudios con 18 meses de seguimiento. Este resultado coincide con el del meta-análisis realizado por Nagendrabadu y cols.<sup>65</sup> (2019) quienes destacaron la baja calidad de los estudios primarios y por lo tanto la necesidad de estudios de alta calidad clínicos aleatorizados y controlados para poder obtener del análisis de su conjunto conclusiones más fiables. Además, son necesarios estudios con tiempos de control mayores de 18 meses para poder afirmar con rotundidad la superioridad radiográfica del MTA y sobre todo para poder conocer las razones de la desventaja presentada por el Biodentine®.

**Tabla 1. Éxito clínico y radiográfico en estudios que compararon el MTA y el Biodentine® como material para el tratamiento de los muñones radiculares en pulpotomías de dientes temporales**

Autor Año	Tiempo de seguimiento	Éxito clínico		Éxito radiográfico		p-valor
		MTA	Biodentine	MTA	Biodentine	
Kusum y cols. <sup>56</sup> (2015)	9 meses	100%	100%	92%	80%	<b>P=0,01</b>
Cuadros-Fernández y cols. <sup>57</sup> (2016)	12 meses	92%	97%	97%	95%	P=0,346
Carti y cols. <sup>9</sup> (2017)	12 meses	96%	96%	80%	60%	P>0,05
Guyen y cols. <sup>52</sup> (2017)	24 meses	100%	100%	93,1%	82,75%	P>0,05

Es importante destacar que el uso de materiales bioactivos genera consecuencias en los dientes pulpotomizados que no se observaban con los materiales utilizados anteriormente. Una de estas consecuencias es la obliteración del canal pulpar (OPC). No hay consenso entre los autores a la hora de determinar si se debe considerar un fracaso radiográfico o no. Mientras que unos defienden que lo es, ya que esta situación viene dada por un cambio en la pulpa normal, para otros, la OPC ocurre como resultado de una actividad intensa de las células odontoblásticas sugiriendo que tal actividad sólo se puede dar gracias a la vitalidad pulpar<sup>52</sup>. Lo que sí es

un consenso es que empleando materiales bioactivos ocurre con más frecuencia<sup>53</sup>. Determinar si la OPC ocurre con mayor frecuencia en dientes en los que la pulpotomía se realizó con MTA o con Biodentine® es difícil ya que se trata de materiales muy similares, ambos bioactivos, por lo que los estudios<sup>52,56</sup> no arrojan resultados concluyentes en relación a ninguno de los dos. Otro hallazgo a tener en cuenta es la reabsorción radicular interna (RRI) generada como consecuencia de una pulpotomía. Este hallazgo tampoco tiene una opinión consensuada sobre si se debe considerar fracaso radiográfico o no. Hay autores que mientras la reabsorción no llegue a la

superficie externa radicular no la consideran fracaso mientras que otros siempre la consideran como tal<sup>52</sup>.

Independientemente de esto parece ser que los dientes tratados con materiales bioactivos (MTA y Biodentine®) presentan una menor frecuencia de RRI. Ahora bien, su baja prevalencia hace que no sea un factor condicionante a la hora de seleccionar el Biodentine® como material de tratamiento de los muñones radiculares.

### **Pulpectomía**

A la hora de emplear el Biodentine® durante una pulpectomía, este podría tener dos aplicaciones que se van a analizar por separado: 1) tratamiento de perforaciones de furca iatrogénicas y 2) obturación de los conductos.

Respecto a la primera opción, la dentición temporal tiene un esmalte más fino, cámaras pulpareas más amplias, cuernos más altos, una constricción cervical

más marcada y un suelo pulpar más delgado. Estas variaciones, sobre todo la última, son la causa de las frecuentes perforaciones iatrogénicas<sup>10</sup>. En esta situación la aplicación del Biodentine® sería exactamente igual que en un molar permanente, es decir, tras localizar el área perforada y controlar el sangrado, se colocaría el Biodentine® directamente sobre la perforación. Basándonos en los resultados del estudio in vitro de Katge y cols.<sup>10</sup> (2016) el Biodentine® es una buena opción para tratar perforaciones de furca en molares primarios incluso con resultados ligeramente mejores que el MTA.

Como material para la obturación de los conductos no se han encontrado estudios al respecto en la bibliografía revisada sin embargo dos trabajos mencionan esta posibilidad: el de Swayer y cols.<sup>66</sup> y el de Carti y cols.<sup>9</sup> pero ninguno de los dos estudios indica si el Biodentine® se reabsorbería de la misma manera y al mismo ritmo que la dentina en el proceso eruptivo de los dientes permanentes, uno de los principales requisitos de cualquier material empleado para rellenar los conductos en una pulpectomía.

### **CONCLUSIONES**

En base a la información recogida es posible afirmar que el Biodentine® usado en dientes temporales es un material altamente biocompatible que dispone de unas excelentes propiedades mecánicas y biológicas para su utilización como base cavitaria, pero que requiere de más estudios de alta calidad con tiempos de seguimiento mayores de 18 meses para su uso en la realización de pulpotomías.

### **DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS**

Las autoras declaran no tener conflictos de interés.

## REFERENCIAS

1. Nikfarjam F, Beyer K, König A, Hofmann M, Butting M, Valesky E et al. Influence of Biodentine® - a dentine substitute - On collagen type I synthesis in pulp fibroblasts In Vitro. PLoS ONE 2016; 11: e0167633.
2. Abdelmegid S, Salama F, Albogami N, Albabtain M, Alqahtani A. Shear bond strength of different dentine substitute restorative materials to dentin of primary teeth. Dent Mater J 2016; 35: 782-7.
3. Villar C, Tran VX, Pradelle-Plasse N, Ponthiaux P, Wenger F, Grosogoeat B et al. Impedance methodology: a new way to characterize the setting reaction of dental cements. Dent Mat 2010; 26:1127-32.
4. Kayahan MB, Nekoofar MH, Mc Cann A, Sunay H, Kaptan RF, Meraji N et al. Effect of acid etching procedures on the compressive strength of 4 calcium silicate-based endodontic cements. J Endod 2013; 39:1646-8.
5. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. J Clin Diagn Res 2017; 11:1-5.
6. Bani M, Aktas N, Çinar Ç, Odabaş ME. The clinical and radiographic success of primary molar pulpotomy using biodentine™ and mineral trioxide aggregate: a 24-months randomized clinical trial. Pediatr Dent 2017; 39:284-8.
7. Utneja S, Nawal RR, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bioceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. Restor Dent Endod 2015; 40:1-13.
8. Stefan J, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics – literature review. Clujul Med 2016; 89:470-3.
9. Carti O, Oznurhan F. Evaluation and comparison of mineral trioxide aggregate and biodentine in primary tooth pulpotomy: clinical and radiographic study. Niger J Clin Pract 2017; 20:1604-9.
10. Katge FA, Shivasharan PR, Patil D. Sealing ability of mineral trioxide aggregate Plus™ and Biodentine™ for repair of furcal perforation in primary molars: An in vitro study. Contemp Clin Dent 2016; 7:487-92.
11. Solanki NP, Venkappa KK, Shah NC. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: a systematic review. J Conserv Dent 2018; 21:10-5.
12. Careddu R, Duncan HF. How does the pulpal response to biodentine and ProRoot mineral trioxide aggregate compare in the laboratory and clinic? Br Dent J 2018; Oct 19. [Epub ahead of print].
13. Grazziotin-Soares R, Nekoofar MH, Davies TE, Bafail A, Alhaddar E, Hübler R et al. Effect of bismuth oxide on white mineral trioxide aggregate: chemical characterization and physical properties. Int Endod J 2014; 47:520-33.
14. Malkondu Ö, Kazandağ M.K, Kazazoğlu E. A review on Biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. Biomed Res Int 2014;160951. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4082844/>.
15. Septodont RD. Biodentine™-active biosilicate technology. Scientific file 2010; 1:1-32. Disponible en: <http://www.oraverse.com/bio/img/BiodentineScientificFile.pdf>.
16. Tsesis I, Elbahary S, Venezia NB, Rosen E. Bacterial colonization in the apical part of extracted human teeth following root-end resection and filling: a confocal laser scanning microscopy study. Clin Oral Investig 2017; 22:267-74.
17. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview part I: vital pulp therapy. Int Endod J 2018; 51:177-205.
18. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. Dent Mat 2013; 29: e20-e28.
19. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. Dent Mater 2015;351-70.
20. Camilleri J, Grech L, Galea K, Keir D, Fenech M, Formosa L et al. Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based rootend filling materials. Clin Oral Investig 2014; 18:1437-46.
21. Camilleri J. Investigation of biodentine as dentine replacement material. J Dent 2013; 41:600-10.
22. Aggarwal V, Singla, Miglani S, Kohli S. Comparative evaluation of pushout bond strength of ProRoot MTA, biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. J Conserv Dent 2013; 16:462-5.

23. El-Ma'a'ita AM, Qualtrough AJE, Watts DC. The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. *Dent Mat* 2013; 29:797-803.
24. Odabaş ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal* 2013 ;2013: 626103. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/626103>.
25. Koubi G, Colon P, Franquin J-C, Hartmann A, Richard G, Faure MO et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, biodentine, in the restoration of posterior teeth – a prospective study. *Clin Oral Investig* 2013; 17:243-9.
26. Hashem DF, Foxton R, Manoharan A, Watson TF, Banerjee A. The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interfase as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mat* 2014; 30:343-9.
27. Tsujimoto M, Tsujimoto Y, Ookubo A, Shiraishi T, Watanabe I, Yamada S et al. Timing for composite resin placement on mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2013; 39:1167-70.
28. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Vinagre A, Santos JM, Ramos JC. Does delayed restoration improve shear bond strength of different restorative protocols to calcium silicate-based cements? *Material (Basel)* 2018; 11:2216.
29. Malhotra S, Hegde M. Analysis of marginal seal of ProRoot MTA, MTA Angelus, biodentine and glass ionomer cement as root end filling materials: an in vitro study. *J Oral Res Rev* 2015; 7:44-9.
30. Gjorgievska ES, Nicholson JW, Apostolska SM, Coleman NJ, Booth SE, Slipper IJ, et al. Interfacial properties of three different bioactive dentine substitutes. *Microsc Microanal* 2013; 19:1450-7.
31. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res* 2012; 91:454-9.
32. Cerdas-Valverde Y, Gallardo-Vaquero C, Morales-Urbe S. Estudio comparativo de la microfiliación con tres materiales para base en piezas temporales. *Rev Cient Odontol* 2013; 9:17-22.
33. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, biodentine and MTA Angelus. *Dent Mat* 2013; 29:580-93
34. Caron G, Azerad J, Faure MO, Machtou P, Yves B. Use of a new retrograde filling material (biodentine) for endodontic surgery: two case report. *Int J Oral Sci* 2014; 6:250-3.
35. Dammaschke T. Biodentine-an overview. *Septodont Case Studies Collection* 2012; 3:4-9.
36. Bhavna V, Chaitanya KP, Gandhi P, Patel J, Dola B, Reddy RB. Evaluation of antibacterial and antifungal activity of new calcium-based cement (biodentine) compared to MTA and glass ionomer cement. *J Conser Dent* 2015; 18:44-6.
37. Pérard M, Le Clerc J, Meary F, Pérez F, Tricot-Doleux S, Pellen-Mussi P. Spheroid model study comparing the biocompatibility of biodentine and MTA. *J Mater Sci Mater Med* 2013; 24:1527-34.
38. Utneja S, Nawal RR, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bioceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement- review of its composition, properties and applications. *Restor Dent Endod* 2015; 40:1-13.
39. Chang SW, Lee SY, Ann HJ, Kum KY, Kim EC. Effects of calcium silicate endodontic cements on biocompatibility and mineralization-inducing potentials in human dental pulp cells. *J Endod* 2014; 40:1194-200.
40. Grewal N, Salhan R, Kaur N, Patel H.B. Comparative evaluation of calcium silicate-based dentin substitute (Biodentine®) and calcium hydroxide (pulpdent) in the formation of reactive dentin bridge in regenerative pulpotomy of vital primary teeth: Triple blind, randomized clinical trial. *Contemp Clin Dent* 2016; 7:457-63.
41. Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Orotolani-Seltenerich PS, Álvarez-Muro T, Lozano A et al. Cytotoxicity and bioactivity of various pulpotomy materials on stem cells from human exfoliated primary teeth. *Int Endod J* 2017; 50:19-30.
42. Jung S, Mielert J, Kleinheinz J, Dammaschke T. Human oral cells' response to different endodontic restorative materials: an in vitro study. *Head Face Med* 2014; 10:1-9. Disponible en: <https://head-facemed.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13005-014-0055-4>.
43. Peng W, Liu W, Zhai W, Jiang L, Li L, Chang J et al. Effect of tricalcium silicate on the proliferation and odontogenic differentiation of human dental pulp cells. *J Endod* 2011; 37:1240-6.
44. Laurent P, Camps J, De Méo M, Déjou J, About I. Induction of specific cell responses to a Ca(3)SiO(5)-based posterior restorative material. *Dent Mater* 2008; 24:1486-94.
45. Zhou H-M, Shen Y, Wang Z-J, Zheng YF, Häkkinen L, Haapasalo M. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod* 2013; 39:478-83.

46. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF- $\beta$ 1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J* 2012; 45:439-48.
47. Luo Z, Li D, Kohli MR, Yu Q, Kim S, He WX. Effect of Biodentine on the proliferation, migration and adhesion of human dental pulp stem cells. *J Dent* 2014; 42:490-7.
48. Ramos JC, Palma PJ, Nascimento R, Caramelo F, Messias A, Vinagre A, Santos JM. 1-year in vitro evaluation of tooth discoloration induced by 2 calcium silicate-based cements. *J Endod* 2016; 42:1403-7.
49. Uesrichai N, Nirunsittirat A, Chuveera P, Srisuwan T, Sastraruji T, Chompu-Inwai P. Partial pulpotomy with two bioactive cements in permanent teeth of 6-to-18-year-old patients with signs and symptoms indicative of irreversible pulpitis: a non-inferiority randomised controlled trial. *Int Endod J* 2019; 52:749-59.
50. Garrocho-Rangel A, Quintana-Guevara K, Vázquez-Viera R, Arvizu- Rivera JM, Flores-Reyes H, Escobar-García DM et al. Bioactive tricalcium silicate-based dentin substitute as an indirect pulp capping material for primary teeth: A 12-month follow-up. *Pediatr Dent* 2017; 39:377-82.
51. Boddeda KR, Rani CR, V Vanga NR, Chandrabhatla SK. Comparative evaluation of biodentine, 2% chlorhexidine with RMGIC and calcium hydroxide as indirect pulp capping materials in primary molars: An in vivo study. *J Indian Soc Pedod Dent* 2019; 37:60-6.
52. Guven Y, Aksakal SD, Avcu N, Unsal G, Tuna E, Aktoren O. Success rates of pulpotomies in primary molars using calcium silicate-based materials: a randomized control trial. *Biomed Res Int* 2017; 2017:4059703. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2017/4059703>.
53. El Meligy OAES, Alamoudi NM, Allazzam SM, El-Housseiny AAM. BiodentineTM versus formocresol pulpotomy technique in primary molars: a 12-month randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health* 2019; 19:3.
54. Shayegan A, Jurysta C, Atash R, Petein M, Abbeele AV. Biodentine used as a pulp-capping agent in primary pig teeth. *Pediatr Dent* 2012; 34: e202-8.
55. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S. Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells and stimulates biomineralization. *J Endod* 2012; 38:1220-6.
56. Kusum B, Rakesh K, Richa K. Clinical and radiographical evaluation on mineral trioxide aggregate, biodentine and propolis as pulpotomy medicaments in primary teeth. *Restor Dent Endod* 2015; 40:276-85.
57. Cuadros-Fernandez C, Lorente-Rodriguez AI, Saez-Martinez S, García-Binimelis J, About I, Mercade M. Short-term treatment outcome of pulpotomies in primary molars using mineral trioxide aggregate and biodentine. *Clin Oral Investig* 2016; 20:1639-45.
58. Sironi K, Marwaha M, Gupta A, Bansal K, Srivastava A, Marwah N. Comparison of clinical and radiographic ferric sulfate and bioactive tricalcium silicate cement: an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2017; 10:147-51.
59. Nowicka A, Wilk G, Lipski M, Kolecki J, Buczkowska-Radlińska J. Tomographic evaluation of reparative dentin formation after direct pulp capping with Ca(OH)<sub>2</sub>, MTA, biodentine, and dentin bonding system in human tooth. *J Endod* 2015; 41:1234-40.
60. Çelik BN, Mutluay MS, Arikan V, Sari Ş. The evaluation of MTA and Biodentine as a pulpotomy materials for carious exposures in primary teeth. *Clin Oral Investig* 2019; 23:661-6.
61. Özdemir Y, Kütükçüler N, Topaloğlu-AK A, Köse T, Eronat C. Comparative evaluation of pro-inflammatory cytokine levels in pulpotomized primary molars. *J Oral Sci* 2015; 57:145-50.
62. Akçay M, Sari S. The effect of sodium hypochlorite application on the success of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate pulpotomies in primary teeth. *Pediatr Dent* 2014; 36:316-21.
63. Akçay M, Sari S, Duruturk L, Guhan O. Effects of sodium hypochlorite as disinfectant material previous to pulpotomies in primary teeth. *Clin Oral Investig* 2015; 19:803-11.
64. Stringhini Jr E, Dos Santos MGC, Oliveira LB, Mercadé M. MTA and biodentine for primary teeth pulpotomy: a systematic review and metaanalysis of clinical trials. *Clin Oral Investig* 2019; 23:1967-76.
65. Nagendrababu V, Pulikkotil SJ, Veettil SK, Jinatongthai P, Gutmann JL. Efficacy of Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate in primary molar pulpotomies - A systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis of randomized clinical trials. *J Evid Based Dent* 2019; 19:17-27.
66. Sawyer AN, Kikonov SY, Pancio AK, Niu LN, Agee KA, Loushine RJ et al. Effects of calcium silicate-based materials on the flexural properties of dentin. *J Endod* 2012; 38:680-3.