



Tratamiento de las perforaciones radiculares

TRABAJO DE FIN DE GRADO

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2017/2018

AUTOR: Alberto Cruz Valle

TUTORA: Manuela Herrera Martínez

COTUTORA: Victoria Bonilla Represa



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DRA. MANUELA HERRERA MARTÍNEZ, Profesora Ayudante Doctor adscrita al Departamento de Estomatología de Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla.

DRA. VICTORIA BONILLA REPRESA, Profesora Asociada adscrita al Departamento de Estomatología de Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla.

CERTIFICAN: que el presente trabajo titulado “**TRATAMIENTO DE LAS PERFORACIONES RADICULARES**” ha sido realizado por **ALBERTO CRUZ VALLE** bajo nuestra dirección y cumple a nuestro juicio, todos los requisitos necesarios para ser presentado y defendido como trabajo de fin de grado.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firmamos el presente certificado, en Sevilla a día 23 de Mayo de 2018.

Fdo. Profa. M. HERRERA MARTÍNEZ

Fdo. Profa. V. BONILLA REPRESA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a la Dra. Manuela Herrera Martínez no solo por su esfuerzo y entrega en la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, sino también por ayudarme a ampliar conocimientos sobre la materia; sin olvidar a la Dra. Victoria Bonilla Repesa.

Por otro lado, quisiera agradecer el consejo y apoyo incondicional de toda mi familia, el cual me ha servido como guía y motivación durante estos cinco años de formación.

A mi madre, por luchadora y ejemplo.

Y a mi padre, mi referente.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. CONCEPTO	2
1.2. CLASIFICACIÓN	2
1.3. TRATAMIENTO	4
1.4. MATERIALES UTILIZADOS	4
1.4.1. Agregado Trióxido Mineral (MTA)	5
1.4.2. Biodentine	6
1.4.3. BioAggregate	7
1.4.4. Endosequence	8
1.4.5. Cemento de calcio enriquecido (CEM)	8
2 OBJETIVOS	10
3 MATERIAL Y MÉTODO	11
4 RESULTADOS	12
5 DISCUSIÓN	19
6 CONCLUSIONES	24
7 BIBLIOGRAFIA	25

RESUMEN

Las perforaciones radiculares son comunicaciones artificiales entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos de soporte del diente. **OBJETIVO:** Identificar los factores pronósticos de las perforaciones radiculares y determinar la eficacia de MTA, Biodentine, Endosequence, BioAggregate y CEM en la reparación de las perforaciones radiculares. **MATERIAL Y MÉTODO:** Se realiza una revisión bibliográfica, con 5 búsquedas electrónicas en la base de datos PubMed, entre los años 2008 y 2018 con el fin de identificar estudios clínicos y estudios in vitro que analicen el tratamiento de perforaciones radiculares con materiales bioactivos. **RESULTADOS:** se identificaron 32 artículos relevantes que formaron la base de esta revisión. **CONCLUSIONES:** el MTA es el material Gold Standard en cuanto a la reparación de las perforaciones radiculares, aunque podemos encontrar nuevos materiales como alternativa, que eviten los inconvenientes del MTA.

Root perforations are artificial communications between the root conduct system and the supporting tissues of the teeth. **AIM:** to identify the prognostic factors of root perforations and determine the effectiveness of MTA, Biodentine, Endosequence, BioAggregate and CEM in the repair of root perforations. **MATERIAL AND METHOD:** A bibliographic review was made with 5 electronic searches in PubMed database, between 2008 and 2018 in order to identify clinical studies and in vitro studies that analyze the treatment of root perforations with bioactive materials. **RESULTS:** 32 relevant articles were identified and formed the basis of this review. **CONCLUSIONS:** MTA is the Gold Standard material for the repair of root perforations, although we can find new materials as an alternative, which avoid the disadvantages of the MTA.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONCEPTO

La perforación radicular es una comunicación anormal, de **naturaleza iatrogénica o patológica**, que se produce entre el sistema de conductos y la superficie externa del diente a nivel de la raíz, y que genera una comunicación artificial entre el espacio pulpar y los tejidos periodontales que de no eliminarse va a ocasionar la aparición de una reacción inflamatoria crónica de ligamento periodontal y la destrucción ósea a largo plazo con eventual pérdida del diente.

Las perforaciones radiculares de **origen iatrógeno** se suelen producir por un incorrecto uso de las fresas o instrumentos utilizados durante la preparación para el acceso endodóntico o la instrumentación del conducto radicular. En otras ocasiones las perforaciones de naturaleza iatrogénica se crean durante el tratamiento prostodóntico, especialmente cuando se prepara el espacio para alojar un perno en el canal radicular. Se ha informado que el 47% de las perforaciones iatrogénicas se crean durante el tratamiento endodóntico y que el 53% se debían al tratamiento prostodóntico siendo los dientes maxilares (74,5%) más frecuentemente afectados que los dientes mandibulares (25.5%) (1).

Las perforaciones radiculares de **origen patológico** son secundarias a cuadros de reabsorción externos o internos de la raíz o a caries.

1.2. CLASIFICACIÓN

1.2.1 Según su localización en relación a los tejidos de soporte dentarios, Fuss y Trope, (2), establecieron tres niveles:

Perforación Coronal: cuando está por encima de la cresta ósea y de la inserción epitelial con daño mínimo a los tejidos de soporte. Tiene buen pronóstico.

Perforación crestal: se sitúa a nivel de la inserción epitelial y cresta ósea. Pronóstico dudoso.

Perforación apical: es apical al hueso crestal y a la inserción epitelial y también tiene un buen pronóstico.

La localización de la perforación es probablemente el factor más importante en el pronóstico del tratamiento.

1.2.2 Según su situación en la superficie radicular

Perforaciones en tercio coronal: son las más accesibles y fáciles de tratar, aunque su mejor o peor pronóstico va a depender de su relación o no con el surco gingival. Se incluyen en este grupo las **perforaciones en furca**, que son perforaciones que aparecen en la zona anatómica que comprende al área de división de las raíces de dientes multirradiculares; ya sean premolares o molares.

Perforaciones en tercio medio: tienen mejor pronóstico que las anteriores, aunque el acceso es más complicado.

Perforaciones en el tercio apical: cuanto más apical se localice, más favorable es el pronóstico, aunque la técnica de reparación sea más compleja. Con frecuencia será necesaria realizar una cirugía apical.

1.2.3 Según su orientación

Perforaciones vestibular, vestibulomesial y vestibulodistal. Son de acceso relativamente fácil y su reparación puede ser factible.

Perforaciones mesial-distal: son de acceso difícil, particularmente cuando la lesión se sitúa hacia palatino.

Perforaciones palatinas. Son de acceso difícil y por lo general tienen un mal pronóstico.

1.2.4 Según su tamaño

Perforaciones de pequeño calibre: Producen, habitualmente, menos destrucción del tejido y menor inflamación; además, la cicatrización es más predecible. El pronóstico del tratamiento es directamente proporcional al tamaño de la perforación. Parece lógico pensar que las perforaciones pequeñas tienen un mejor pronóstico, por ser más fáciles de sellar, y porque la posibilidad de forzar el material de obturación dentro de los tejidos de soporte es menor (2).

Perforaciones de mayor tamaño: suelen ser secundarias a la preparación del espacio para un poste. Las perforaciones mayores de 3 mm tienen un peor pronóstico. (3)

1.2.5 Según tiempo transcurrido

Perforaciones inmediatas: el tiempo transcurrido entre la aparición de la perforación y la realización de un tratamiento se ha señalado como factor importante en la cicatrización, siendo la cicatrización más favorable la ocurrida cuando las perforaciones se sellan inmediatamente. Cuando se hace la perforación y se obtura rápidamente, el hueso sirve como matriz para contener el material de obturación.

Perforaciones tardías: cuanto más tiempo transcurra desde que se produce una perforación hasta que se trate, más posibilidades hay de que se genera la contaminación bacteriana y la destrucción del ligamento periodontal, lo que daría lugar a lesiones endoperiodontales difíciles de tratar.

Una pequeña perforación apical al hueso crestral que se cierre inmediatamente tendrá un buen pronóstico.

1.3. TRATAMIENTO

El sellado de la perforación se puede conseguir por dos vías, intraconducto, introduciendo un material a través del canal radicular o extraconducto con procedimientos quirúrgicos que utilizan un abordaje externo a través de los tejidos perirradiculares.

1.4. MATERIALES UTILIZADOS

Son muchos los materiales que han sido empleados para conseguir el sellado de las perforaciones.

Los requisitos que debe reunir un material para la reparación de las perforaciones son que proporcione un buen sellado, sea biocompatible y radiopaco, no se vea afectado por la contaminación sanguínea, sea bactericida, induzca la mineralización y la cementogénesis, sea de fácil de manipular y colocar (4).

Tradicionalmente se ha utilizado la amalgama de plata, el Super EBA, los cementos de óxido de zinc eugenol, de fosfato cálcico, de ionómero de vidrio, el hidróxido de calcio, la gutapercha y el composite entre otros, con distintas tasas de éxitos (1, 2, 6).

En la década de los 90 Lee, Torabinejad y colaboradores desarrollaron un cemento conocido con el nombre de MTA, que es un cemento de silicato tricálcico, derivado del cemento Pórtland, y que ha sido ampliamente estudiado como material para sellar las

comunicaciones existentes entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos peri-radiculares (6).

Otros materiales a base de silicato tricálcico de aparición más reciente que se han utilizado para el tratamiento de las perforaciones han sido el Biodentine, BioAggregate, Endosequence, y materiales formados por una mezcla enriquecida de calcio (CEM).

No todos los materiales que se han empleado en el tratamiento de las perforaciones radiculares tienen el mismo mecanismo de actuación, pues mientras unos tienen sólo una actividad selladora, otros materiales son bioactivos y se caracterizan por ser capaces de inducir mineralización y la formación de tejidos duros en el diente (6).

1.4.1. Agregado Trióxido Mineral (MTA)

Composición

Está compuesto por finas partículas hidrofílicas de silicato dicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico y aluminato férrico tetracálcico en un 75%, óxido de bismuto en un 20%, sulfato de calcio dihidratado y sílice cristalina en un 4.4% y residuos insolubles, como óxido de calcio, sulfato de potasio y sulfato de sodio en un 0.6%. Se diferencia del cemento Portland por la adición de óxido de bismuto, el cual le confiere radiopacidad, y por un tamaño de partículas más pequeño y uniforme (7).

Propiedades físico-químicas

El MTA es un cemento radiopaco y muy alcalino (pH de 10.5), bactericida, con baja solubilidad, baja fuerza compresiva y poca resistencia a la flexión, cuyo tiempo de fraguado está en torno a las 3 horas.

Se ha demostrado su biocompatibilidad con los tejidos peri-radiculares y su capacidad para conseguir una buena adaptación marginal lo que le permite obtener un excelente sellado y reducir la microfiltración bacteriana (8).

Como material que es a base de silicato de calcio, MTA es capaz de estimular la formación y mineralización de dentina, cemento y hueso (6).

Su principal desventaja es su mala adhesión a dentina en medios ácidos, su difícil manipulación, la tinción del diente, su alto coste (7) y su reacción de fraguado muy lenta.

Mecanismo de acción

El comportamiento del MTA a nivel de tejido conectivo actúa de la misma forma que lo hace el hidróxido de calcio.

El Trióxido de Calcio que forma parte del MTA, al mezclarse con agua y entrar en contacto con la humedad de los fluidos tisulares se transforma en Óxido de Calcio, el cual, al estar en un medio húmedo se convierte en hidróxido de calcio y se disocia en iones hidroxilo e iones calcio. La afluencia de iones de calcio liberado por MTA estimula la diferenciación odontoblástica y la mineralización a través de la activación de la vía MAPK quinasa.

Los iones calcio reaccionan con el Bióxido de Carbono presente en el tejido conectivo, y forman Carbonato de Calcio en forma de cristales de calcita. Estos cristales de calcita a su vez estimulan a los fibroblastos para que liberen fibronectina, la que va a estimular a los fibroblastos presentes en la zona, para que se transformen en células productoras de tejido duro (osteoblastos, cementoblastos u odontoblastos) (7).

1.4.2. Biodentine

Composición

Es un material bioactivo a base de silicato de calcio que se presenta en cápsulas compuestas por un polvo, exento de impurezas metálicas, a base de silicato tricálcico al que se añade carbonato de calcio como relleno y óxido de zirconio como elemento radiopaco, y un líquido a base de cloruro de calcio dihidratado que es un acelerador, agua y un agente reductor (policarboxilato modificado hidrosoluble) que reduce la viscosidad del cemento y logra una alta resistencia a largo plazo (9).

Propiedades físico-químicas

Presenta una mayor resistencia a la compresión y flexión (llega a tener una resistencia a la compresión similar a la dentina), un tiempo de fraguado inicial rápido por la ausencia de disilicato de calcio en su composición (6-12 minutos) y una mejor manipulación que el MTA (9).

Su radiopacidad es menor que la del MTA.

La acción antibacteriana del Biodentine® está determinada por los componentes de calcio, los cuales se convierten en soluciones acuosas de hidróxido de calcio. La disociación de los iones de calcio e hidroxilo aumenta el pH de la solución lo que

promueve un ambiente desfavorable para el crecimiento bacteriano (9). El menor tiempo de fraguado se traduce en una menor posibilidad de contaminación bacteriana (10).

Su biocompatibilidad lo convierte en un material favorable para la reparación de perforaciones, no ha mostrado efectos citotóxicos sobre las células pulpaes y del ligamento periodontal (9).

Mecanismo de acción

La reacción de fraguado es similar a la que ocurre en MTA, con producción de silicatos de calcio hidratados e hidróxido de calcio como subproductos si bien la velocidad de la reacción es mayor en Biodentine. La reacción de fraguado inicial toma aproximadamente 6-12 minutos aunque por espectroscopia de impedancia se ha podido observar que la reacción continúa hasta 14 días (9).

De otra parte, los iones fosfato, presentes en los fluidos corporales interactúan con el silicato de calcio y conducen a la formación de depósitos de apatita y nódulos de mineralización (9).

Además, Biodentine es capaz de inducir la diferenciación de las células madre mesenquimales y de la pulpa dental en células osteoblásticas y odontoblastos responsables de la dentinogénesis reparativa (11).

1.4.3. BioAggregate

Composición

Se comercializa con una fase polvo a base de silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de calcio monobásico, dióxido de silicio amorfo con la adición de peróxido de tantalio, y una fase líquida de agua desionizada.

Las diferencias entre BioAggregate y MTA son que BioAggregate no contiene aluminio sino que contiene fosfato de calcio monobásico y peróxido de tantalio como radiopacificador en lugar de óxido de bismuto.

Propiedades

Es un material bioactivo, radiopaco, insoluble. Posee biocompatibilidad, capacidad de sellado y acción antibacteriana comparables al MTA. Su tiempo de fraguado es elevado (20 horas) (6).

Mecanismo de acción

El polvo promueve un conjunto complicado de reacciones al mezclarse con agua desionizada, cuyo resultado final es la diferenciación de los fibroblastos del ligamento periodontal humano y la formación de tejido mineralizado (12).

1.4.4. Endosequence

Composición

Es una pasta formada por silicato cálcico, óxido de zirconio, peróxido de tantalio, fosfato cálcico monofásico y agentes de relleno, en forma de nanoesferas que permiten que el material entre en los túbulos dentinarios.

Propiedades

Es un material biocompatible, insoluble, hidrofílico, radiopaco, fácil de manipular, que no contrae al endurecer y cuyo tiempo de fraguado es de 20- 30 minutos. Además, su pH altamente alcalino, le confiere actividad antibacteriana (5).

Mecanismo de acción

Endosequence precisa un ambiente húmedo, como el que está presente de forma natural en los túbulos dentinarios para iniciar su reacción de fraguado. Se une químicamente a la dentina y forma hidroxiapatita por un mecanismo similar al resto de cementos de silicato de calcio (6).

1.4.5. Cemento de calcio enriquecido (CEM)

Composición

Se describe como un material biocerámico compuesto por diferentes compuestos de calcio. Los principales componentes del polvo son: óxido de calcio, óxido de azufre, óxido de fósforo, óxido de silicio. Y en menor proporción óxido de aluminio, óxido de sodio, óxido de magnesio y cloro. Los constituyentes importantes de CEM son óxido de calcio e hidróxido de calcio, fosfato de calcio y silicato de calcio (5). En contraste con el MTA, el fósforo es el principal componente del CEM. CEM muestra una composición superficial similar a la dentina circundante (13).

Propiedades

Tiene un tiempo de fraguado menor de 1 hora (50 minutos) y un pH de 10,7, con efecto antibacteriano superior al MTA, es biocompatible, posee baja citotoxicidad, y una

capacidad de sellado similar al MTA, pero es más fluido, tiene menor espesor de película y no tiñe al diente (13).

Sufre una ligera expansión al fraguar lo que contribuye a una mejor adaptación de este material (13).

Tiene la capacidad de formar hidroxiapatita y promover la diferenciación de células madre e inducir la formación de tejidos duros, hueso, dentina y cemento, en particular la cementogénesis sobre la dentina y la superficie del material (13).

Mecanismo de acción

La similitud entre el cemento CEM y la dentina podría ayudar a la cementogénesis sobre ella.

Durante y después de mezclar el polvo con agua se producen reacciones de hidratación de sus componentes que producen hidróxido de calcio. El hidróxido de calcio se disocia en iones calcio e hidroxilo, que aumentan el pH y la concentración de calcio. Además, este novedoso cemento libera iones calcio y fósforo de fuentes internas que dan como resultado un conjunto rico de iones OH, Ca²⁺ y PO₄. Estos elementos se usan en el proceso de producción de hidroxiapatita (HA). Hay estudios que demuestran la formación de HA no solo en fluido de tejido corporal simulado, sino también en solución salina normal (13). La mayor cantidad liberada de iones de calcio y fosfato por este material, determinaría que se formase hidroxiapatita en concentraciones más altas, y esto haría que el cemento CEM sea preferible como material de reparación de la perforación furcal (5).

2 OBJETIVOS

La bioactividad de un material se relaciona con la capacidad de formar apatita en su superficie cuando está en contacto con fluidos biológicos (sangre, plasma, saliva y fluido dentinal) e inducir la formación de hueso, cemento o dentina.

Las recientes investigaciones sobre los materiales destinados al tratamiento de las perforaciones radiculares se han encaminado al desarrollo de materiales bioactivos que estimulan la regeneración y la formación de dentina, cemento y hueso.

En este trabajo hemos realizado una revisión de materiales a base de silicato de calcio (MTA, Biodentine, Endosequence, Bioaggregate y CEM) usados en el tratamiento de las perforaciones radiculares, en la que nos hemos planteado como objetivos específicos:

1. Identificar los factores pronósticos de las perforaciones radiculares.
2. Analizar la eficacia clínica del MTA.
3. Establecer si Biodentine, Endosequence, BioAggregate y CEM se pueden considerar alternativas fiables de tratamiento en la reparación de las perforaciones radiculares.

3 MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este trabajo se ha realizado una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed. La estrategia de búsqueda se llevó a cabo relacionando las palabras clave a través de los conectores booleanos AND y OR. Las palabras clave seleccionadas fueron:

- Root perforations
- Treatment
- MTA
- Biodentine
- BioAggregate
- Endosequence
- CEM

Relacionando los términos anteriores llevamos a cabo cinco búsquedas obteniendo un total de 119 artículos. Las búsquedas fueron las siguientes:

- 1ª Búsqueda: “rooth perforation treatment AND MTA”: 96 artículos
- 2ª Búsqueda: “rooth perforation treatment AND Biodentine”: 7 artículos
- 3ª Búsqueda: “rooth perforation treatment AND BioAggregate”: 3 artículos
- 4ª Búsqueda: “rooth perforation treatment AND Endosequence”: 2 artículos
- 5ª Búsqueda: “rooth perforation treatment AND CEM”: 11 artículos

Una vez hecha la búsqueda, establecimos unos criterios de inclusión:

- Tipo de artículos: todos los tipos
- Especies: humanos
- Tipo de diente: permanentes
- Tratamiento: conservador, no quirúrgico
- Sin empleo de microscopio quirúrgico
- Idioma: inglés y español
- Fecha de publicación: desde enero de 2008 hasta abril de 2018

De cada artículo se extrajo el tipo de artículo y resultados.

Para la descarga de los artículos hemos utilizado la biblioteca de la Universidad de Sevilla, a través del catálogo FAMA y el préstamo interbibliotecario.

4 RESULTADOS

En la primera búsqueda y tras aplicar nuestros criterios de inclusión nos quedaron 35 artículos que tras la lectura del título y resumen, y descartar los que no aportaban la información deseada se redujeron a 23.

En la segunda, tercera, cuarta y quinta búsquedas procedimos de igual manera quedándonos con 4, 1, 1 y 3 artículos respectivamente.

De los 44 artículos resultantes de la búsqueda, se identificaron 32 artículos relevantes que formaron la base de esta revisión, los restantes fueron descartados.

A continuación, se muestran las tablas con el tipo de estudio y los resultados de cada artículo.

AUTOR	TÍTULO	REVISTA	AÑO	TIPO DE ESTUDIO	RESULTADOS
Howard WR. y cols.	Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature.	Dental Materials	2008	Artículo de revisión	MTA proporciona un mejor sellado y una menor microfiltración que los materiales de reparación de endodoncia tradicionales, además de tener un excelente potencial regenerador sobre la pulpa.
Asgary S. y cols.	The properties of a new endodontic material.	Journal of endodontics	2008	Estudio in vitro	Tiempo de trabajo, pH y cambios dimensionales de NEC y MTA mostraron resultados similares. NEC es más fluido que MTA y presenta menor grosor.
Santangelo M. y cols.	Uso del Pro Root™ MTA en perforaciones dentarias.	Revista de la Facultad de Odontología (UBA)	2009	Artículo de revisión	MTA tiene propiedades físicas y biológicas que le hacen apto para el tratamiento de perforaciones radiculares.

Gandolfi MG. y cols.	Biomimetic remineralization of human dentin using promising innovative calcium-silicate hybrid “smart” materials.	Dental materials	2011	Estudio de casos y controles	El uso de materiales bioactivos es un método innovador para conseguir la remineralización de la superficies de la dentina y prevenir su desmineralización
Hashem S. y Wanees A.	The Effect of Acidity on Dislodgment Resistance of Mineral Trioxide Aggregate and Bioaggregate in Furcation Perforations: An In Vitro Comparative Study	Journal of Endodontics	2012	Investigación in vitro	Las fuerzas de adhesión de MTA son superiores a las de Bioaggregate. En medios ácidos, se vio afectada la adhesión de MTA más que la de BioAggregate. El almacenamiento durante 30 días en PBS (solución salina tamponada con fosfato) puede revertir los valores de adhesión del MTA.
Han L y Okiji T.	Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials.	International Endodontic Journal	2013	Investigación in vitro/vivo	La liberación de iones Ca fue mayor en Biodentine, seguido de MTA y Endosequence con diferencias significativas entre los tres materiales ($P < 0,05$).
Aggarwal V. y cols.	Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair.	Journal of conservative dentistry : JCD	2013	Investigación in vitro	La fuerza adhesiva (push-out bond strength) del MTA es menor que la de Biodentine. La sangre disminuye la fuerza adhesiva del MTA.
Jeevani E. y cols.	Evaluation of sealing ability of MM-MTA, Endosequence, and biodentine as furcation repair materials: UV spectrophotometric analysis	Journal of conservative dentistry : JCD	2014	Investigación in vitro	Endosequence mostró una mejor capacidad de sellado en la reparación de las perforaciones de furca que MM-MTA y Biodentine

Patel N. y cols.	Comparing Gray and White Mineral Trioxide Aggregate as a Repair Material for Furcation Perforation: An in Vitro Dye Extraction Study	Journal of Clinical and Diagnostic Research	2014	Investigación in vitro	MTA gris y blanco tienen una buena capacidad de sellado sin que se observen diferencias significativas.
Malkondu Ö. y cols.	A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material	BioMed Research International	2014	Artículo de revisión	Biodentine es un material que ha mostrado tener buenas propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que lo convierte en una alternativa al MTA, por su mejor manejo y menor tiempo de fraguado, en el tratamiento de las perforaciones radiculares.
Rajasekharn S. y Martens LC.	Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature	European Archives of Paediatric Dentistry	2014	Artículo de revisión	La mayor resistencia a la compresión, mejor fuerza adhesiva, densidad y porosidad de Biodentine, junto a su formación inmediata de hidróxido de calcio, y mejor manipulación, hacen de este material una alternativa al MTA en el campo de la endodoncia, la traumatología dental, la odontología restauradora y la odontología pediátrica
Mente J. y cols.	Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations-long-term results.	Journal of endodontics	2014	Estudio de cohortes	El 86% de los 64 dientes examinados curaron con éxito.
Utneja S. y cols.	Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications.	Restorative Dentistry and Endodontics	2015	Artículo de revisión	CEM se asemeja a MTA en su biocompatibilidad pero tiene un tiempo de fraguado más corto, mejor manipulación y no tiñe al diente. Además, es capaz de inducir la formación de tejidos duros, tiene acción antibacteriana y buena capacidad de sellado. CEM y MTA han mostrado resultados similares en el tratamiento de las perforaciones de furca.

Sinkar C. y cols.	Comparison of sealing ability of ProRoot MTA, RetroMTA, and Biodentine as furcation repair materials: An ultraviolet spectrophotometric analysis.	Journal of conservative dentistry : JCD	2015	Artículo unidireccional de variabilidad	Biodentine mostró mejor capacidad de sellado, sin diferencias significativas con ProRoot MTA pero si con Retro MTA.
Kakani AK. y cols.	A review on perforation repair materials	Journal of Clinical and Diagnostic Research	2015	Artículo de revisión	Describe todos los materiales utilizados para la reparación de perforaciones desde el pasado hasta la fecha.
Katge FA. y cols.	Sealing ability of mineral trioxide aggregate Plus™ and Biodentine™ for repair of furcal perforation in primary molars: An in vitro study.	Contemporary clinical dentistry	2016	Investigación in vitro	La capacidad de sellado de Biodentine es comparable a la de MTA plus. Ambos materiales son útiles para el tratamiento de perforaciones de furca en molares temporales.
Marques CT. y cols.	Immediate and mediate furcal perforation treatment in primary molars: 24-month follow-up	European Archives of Paediatric Dentistry	2016	Estudio de seguimiento	Curación clínica y radiográfica de dos molares temporales con perforaciones de furca tratadas con MTA después de un periodo de seguimiento de dos años. MTA es una opción válida para el tratamiento de perforaciones en dientes temporales
Ramazani N. y Sadeghi P.	Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture and biodentine as furcation perforation repair materials in primary molars	Iranian Endodontic Journal	2016	Estudio de casos y controles	La capacidad de sellado de MTA, CEM y Biodentine fue similar. No hubo diferencias significativas en el grado de filtración bacteriana.

Cosme-Silva L. y cols.	Radicular Perforation Repair with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report with 10-Year Follow-up	The Open Dentistry Journal	2016	Estudio de seguimiento	Curación clínica (sondaje periodontal normal, ausencia de inflamación y dolor a la masticación) y radiográfica (ausencia de imagen radiolúcida a nivel del periápice y en zona de la perforación) de un molar inferior que sufrió una perforación a nivel del tercio cervical de superficie mesial en su raíz distal.
Baroudi K. y Samir S.	Sealing Ability of MTA Used in Perforation Repair of Permanent Teeth; Literature Review	The Open Dentistry Journal	2016	Artículo de revisión	MTA tiene mejor capacidad de sellado que la amalgama y cementos de vidrio ionómero. Se necesitan más estudios que confirmen la mayor capacidad de sellado de BioAggregate, MTA bio y Biodentine respecto al MTA.
Martins-Sicuro SL. y cols.	Bond Strength of Self-adhesive Resin Cement to Different Root Perforation Materials	Journal of Endodontics	2016	Análisis de variación	Las fuerzas de adhesión conseguidas entre el cemento autoadhesivo (SmartCem2) empleado para la cementación de postes intraradiculares, con MTA y el cemento de vidrio ionómero Magic Glass fueron significativamente mayores que las registradas para el cemento Portland.
Jitaru S. y cols.	The Use of Bioceramics in Endodontics - Literature Review	Clujul Medical	2016	Artículo de revisión	Los materiales biocerámicos son una opción válida en el tratamiento de las perforaciones radiculares. Se necesitan más investigaciones para evaluar su comportamiento clínico.
Yoldaş SE. y cols.	Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research.	Journal of Endodontics	2016	Investigación in vitro	Todos los materiales causaron decoloración dentaria, siendo Biodentine el que menos y BioAggregate el que más. La mayor porosidad de BioAggregate y la mayor absorción de fluidos lo podrían justificar..

Jafari F. y Jafari S.	Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article	Journal of Clinical and Experimental Dentistry	2017	Artículo de revisión	Los selladores que llevan en su composición óxido de bismuto pueden interferir con la viabilidad y el crecimiento celular, con el mecanismo de hidratación del MTA además de tener efectos negativos sobre la resistencia a la compresión del material. Otro problema de los selladores que contienen óxido de bismuto es la decoloración en contacto con hipoclorito sódico.
Parirokh M. y cols.	Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview - part I: Vital pulp therapy	International Endodontic Journal	2017	Artículo de revisión	Aunque algunos cementos bioactivos endodónticos han mostrado resultados prometedores en numerosas aplicaciones clínicas, el número de investigaciones que los evalúa es bajo y se desconoce su eficacia a largo plazo.
Bakhtiar H. y Mirzaei H.	Histologic tissue response to furcation perforation repair using mineral trioxide aggregate or dental pulp stem cells loaded onto treated dentin matrix or tricalcium phosphate	Clinical Oral Investigations	2017	Investigación in vitro	MTA es actualmente el material de referencia para la reparación de perforaciones de furca. Es capaz de estimular la proliferación de las células madre de la pulpa dental humanas y la diferenciación odontogénica para producir un tejido similar a la osteodentina.
Machado R. y cols.	Surgical resolution of an aggressive iatrogenic root perforation in a maxillary central incisor: a case report with a 4-year follow-up.	General dentistry	2017	Estudio de seguimiento	Incluso en una situación desfavorable, MTA pudo inducir la formación de hueso nuevo y restablecer la salud gingival y periodontal, como se confirmó en los exámenes de seguimiento a los 2 y 4 años.
Subramanyam D. y cols.	Effect of oral tissue fluids on compressive strength of MTA and biodentine: An in vitro study	Journal of Clinical and Diagnostic Research	2017	Investigación in vitro	No hubo diferencias significativas en la resistencia a la compresión entre los tres grupos.

Do Carmo C. y cols.	Repair of Iatrogenic Furcal Perforation with Mineral Trioxide Aggregate: A Seven-Year Follow-up	Iranian Endodontic Journal	2017	Estudio de seguimiento	Curación clínica y radiológica en un periodo de seguimiento de 7 años.
Torabinejad M. y cols.	Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications	International Endodontic Journal	2017	Artículo de revisión	El porcentaje de curaciones del 80,9%. Es peor el pronóstico en perforaciones mayores de 3 mm. La presencia de infección en el sitio de la perforación en el momento del tratamiento tiene una influencia significativa en el resultado del tratamiento.
Övsay E. y cols.	The Repair of Furcal Perforations in Different Diameters with Biodentine , MTA and IRM Repair Materials : A Laboratory Study Using an E . Faecalis Leakage Model.	Journal of Endodontics	2018	Investigación in vitro	Perforaciones creadas con fresas redondas de tamaño n° 2 filtraron menos con MTA.
Anastasiadis K. y cols.	Bonding of Composite to Base Materials: Effects of Adhesive Treatments on Base Surface Properties and Bond Strength.	The journal of adhesive dentistry	2018	Investigación in vitro	El grabado con ácido ortofosforico y la aplicación de la Heliobond es el procedimiento preferido para unir el composite a MTA y Biodentine.

5 DISCUSIÓN

El éxito a largo plazo de los dientes que han sufrido una perforación exige que deban repararse lo más rápido posible con un material biocompatible para que no exista microfiltración, se evite la contaminación bacteriana y se reestablezca la salud del ligamento periodontal. La tasa de éxito de las perforaciones radiculares tratadas de forma no-quirúrgica se cifra en la actualidad en un 72,5% (3).

Fuss y Trope (2) identificaron los factores que influían en el pronóstico de las perforaciones, entre los que citaban su ubicación en el diente, tamaño y tiempo transcurrido desde que se producía hasta que se sellaba la lesión.

La ubicación de la perforación a lo largo de la superficie de la raíz es un factor muy importante que va a determinar el pronóstico del diente perforado. Una perforación próxima al surco gingival se contaminará con bacterias de la cavidad oral a través del surco lo que ocasionará que su capacidad de supervivencia sea peor que cuando se ubica a nivel del tercio medio o apical. Además, si la herida es grande y no es tratada inmediatamente, la proximidad de la unión epitelial es crítica y la migración apical del epitelio hacia el sitio de la perforación creará un defecto periodontal.

La dificultad en conseguir el sellado va a estar determinado también por el nivel al que se produjo la perforación. Si el defecto está a nivel de la furca de un diente multirradicular, o en el tercio coronal de un conducto recto el acceso es más fácil que si está en tercio medio o apical del conducto donde la accesibilidad es menor y la dificultad aumenta.

Otros factores que también se han relacionado con la tasa de éxito de las perforaciones son la ubicación anatómica del diente en la arcada, la presencia de infección en el momento de ocurrir, la experiencia del operador, el tipo de restauración realizada y el uso de aparatos de magnificación de la imagen durante el tratamiento (5).

Sinkar y cols. (4) señalaron que la reparación de perforaciones radiculares en dientes del maxilar tiene mayor tasa de éxito que la de los dientes mandibulares, y que la presencia de infección en el sitio de la perforación en el momento del tratamiento influía negativamente en el resultado del tratamiento. A este respecto, Parirokh y cols (3) establecieron que la existencia de radiolucidez preoperatoria en el lugar de la perforación tiene un importante impacto negativo en el pronóstico del tratamiento.

En los últimos años se ha empleado el término “Material Endodóntico Bioactivo” para hacer referencia a materiales que aunque pueden tener composiciones químicas diferentes son capaces de provocar una respuesta biológica en la interfase del material con el tejido que lo rodea. Son materiales que liberan calcio, estimulan la producción de cristales de apatita, la formación de hueso, dentina o cemento y facilitan la regeneración del ligamento periodontal (17).

Los cementos a base de silicato de calcio pertenecen al grupo de materiales bioactivos. Son materiales hidrófilos, capaces de tolerar la humedad y endurecer en presencia de fluidos biológicos (sangre, plasma, saliva y fluido dentinario) aunque a veces su presencia pueda comprometer su resistencia adhesiva (14).

Existen actualmente una amplia diversidad de materiales dentales de silicato de calcio, lo cual muchas veces dificulta la toma de decisión sobre que material sería el de elección a ocupar en un caso específico.

La biocompatibilidad de un material es un factor importante que debe tenerse en cuenta cuando el material a usar entre en contacto directo con los tejidos perirradiculares, en tanto que podría verse afectada la viabilidad celular. La biocompatibilidad del MTA (2, 4, 10, 15–17), Biodentine (6, 14, 17), BioAggregate (10), Endosequence (9) y CEM (18) ha quedado demostrada en muchos estudios. Hay controversia en los efectos del óxido de bismuto, presente en la composición del MTA sobre la viabilidad celular pues para unos podría ocasionar interferencias con la viabilidad y el crecimiento celular (21) mientras que para otros no tendría efectos celulares negativos (1). El aluminio, presente en la composición de MTA, y CEM podría ser tóxico para los osteoblastos e inhibir la mineralización ósea (13).

Jeevani y cols. (19) no encontraron un aumento significativo en la viabilidad celular de MTA en comparación con Endosequence y Biodentine, mientras que Baroudi y cols (10) encuentran que la biocompatibilidad de MTA es menor que la de Bioaggegate y Malkondu (14) similar a Biodentine.

Es muy importante que el material utilizado en la reparación de las perforaciones tenga una buena capacidad de sellado marginal para que evite la infiltración bacteriana. La excelente capacidad de sellado de MTA (10, 15, 16, 17, 22) se relaciona con el tamaño pequeño de partícula de sus componentes, lo que aumenta la superficie disponible para la hidratación del polvo y permite su entrada en los túbulos dentinarios, junto con una ligera

expansión durante el proceso de fraguado y la producción de hidroxiapatita cristalina en el borde del material y las paredes de la dentina (20).

Los resultados de los estudios que comparan la capacidad de sellado, microfiltración y adaptación marginal de Biodentine y MTA han sido controvertidos. Unos mostraron que el MTA tenía una capacidad de sellado y una adaptación marginal más favorables que Biodentine cuando se utilizaba como material de relleno para la reparación de las perforaciones de furca (1, 21). En contraste, otros estudios (10, 14) indicaron que la adaptación marginal y la capacidad de sellado de Biodentine eran superiores a las de MTA. Para Aggarwal y cols. (22) una característica favorable de Biodentine era que la contaminación de la sangre no tenía ningún efecto sobre su fuerza de unión, independientemente de la duración del tiempo de fraguado mientras que si se veía afectada cuando se usaba MTA- Plus. Subramanyam y Vasantharajan (23) encuentran que la presencia de sangre o saliva no afecta las fuerzas compresivas de MTA ni Biodentine.

La capacidad de sellado de CEM también muestra resultados dispares que puede atribuirse a diferentes metodologías empleadas o a distintas muestras de estudio, y así nos encontramos investigaciones que no encontraron diferencias significativas entre MTA, cemento CEM y Biodentine cuando se empleaban como materiales de reparación de perforaciones en furca de molares temporales y permanentes (13,18), mientras que Ramazani y cols. (18) informaron de un peor sellado y una mayor microfiltración del MTA en comparación con CEM lo que justifican por la mayor liberación de calcio y fosfato y la mayor concentración de hidroxiapatita formada en este último.

Esta discrepancia de resultados también se ha observado en BioAggregate, habiendo encontrado en nuestra revisión bibliográfica trabajos que refieren una capacidad de sellado igual (17) y otros mayor (10) al MTA.

Jeevani E y cols. (19) y Kakani y cols. (5) mostraron que Endosequence tenía mejor capacidad de sellado que MTA y Biodentine en las reparaciones de furca.

El color del material es de vital importancia para que el tratamiento realizado tenga un resultado estético aceptable, sobre todo cuando el material se ubique a nivel coronal. El primer MTA que se desarrolló era de color gris (GMTA) y tenía el potencial de causar decoloración de los dientes por lo que su colocación en dientes anteriores ocasionaba problemas estéticos. Para superar este inconveniente se desarrolló MTA de color blanco

(BMTA) con menor cantidad de hierro, aluminio y magnesio en su composición pese a lo cual también era capaz de inducir la decoloración del diente (23). Asimismo, Ramazani y cols (18) concluyeron que BMTA era capaz de inducir la coloración gris de la corona de un diente y que este efecto se veía agravado por la presencia de sangre, hipoclorito y clorhexidina.

Yoldas y cols. (17) compararon el potencial de decoloración de los dientes con BioAggregate, Biodentine y MTA tras poner en contacto los dientes con sangre. Todos los materiales ocasionaron decoloración al año de su colocación, siendo los valores más altos de cambio de color la de los dientes obturados con BioAggregate, seguido de MTA Angelus y Biodentine respectivamente. Había diferencias estadísticamente significativas para BioAggregate en comparación con Biodentine siendo Biodentine el que tuvo el menor potencial de decoloración entre los materiales probados.

La ausencia del óxido de bismuto, hierro y aluminio en la composición de Biodentine podría explicar la estabilidad de color de este material, pero tampoco lo están en la composición de BioAggregate por lo que la decoloración de este último debe atribuirse a otras causas. Asgary y cols. (20) la justifican porque BioAggregate tiene una mayor porosidad y mayor capacidad de absorción de fluidos que Biodentine.

Las perforaciones de furca son las más frecuentes (15, 18, 21, 25–27). La mayoría de estudios que hemos encontrado en esta revisión se ocupaban del tratamiento de las perforaciones de furca (4,5,10–12,14,15,18,19,21,24–27) que precisamente son las que tiene peor pronóstico por la facilidad de contaminación. Sería deseable emplear un material de sellado que permitiera realizar la restauración final en la misma sesión clínica y para ello es imprescindible que el material que tenga un fraguado rápido y que sea capaz de resistir las fuerzas de condensación del material restaurador.

A pesar del alto porcentaje de curaciones (80.9%) obtenidas con MTA(3), el elevado tiempo de fraguado de MTA es una de las razones por las que este material no puede ser usado en procedimientos clínicos que permitan terminar el tratamiento en una sola sesión. Biodentine tiene el menor tiempo de fraguado en comparación con el resto de materiales analizados (3) y, además, presenta mayor resistencia a la compresión y flexión que MTA llegando a ser similar a la dentina (9). El grabado con ácido fosfórico y la aplicación de la resina adhesiva convencional es el procedimiento preferido para la unión del composite a MTA y Biodentine (28).

Otro parámetro que puede afectar la eficacia de estos materiales es la acidez del medio. MTA está más influido por el pH ácido que BioAggregate (24) y la fuerzas de adhesión de Biodentine son menores a medida que disminuye el pH (12).

El comportamiento clínico de estos materiales es poco conocido, pues la mayoría de estudios realizados son *in vitro* (4,15,17–19,21,22,24,26,29). El buen comportamiento clínico y la curación de los dientes con perforaciones de furca selladas con MTA ha sido mostrado después 2 (25), 4 (30), 7 (31), 9 y 10 años (16) (32) de seguimiento.

No hemos encontrado estudios a largo plazo con el resto de materiales, por ello, y aunque la manipulación, tiempo de fraguado y propiedades físicas sean mejores, señalamos al MTA como el material más empleado dada su eficacia tanto en estudios *in vitro* y *in vivo*. Hoy en día, el MTA se considera el Gold Standard para la reparación de perforaciones radiculares (27).

6 CONCLUSIONES

Tras analizar la bibliografía consultada llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Los factores que influyen en el pronóstico de las perforaciones radiculares son ubicación de la lesión a lo largo de la superficie radicular, tamaño y tiempo transcurrido desde que se produce hasta que se sella, ubicación anatómica del diente en la arcada, la presencia de infección en el momento de ocurrir, la experiencia del operador, el tipo de restauración realizada y el uso de aparatos de magnificación de la imagen.
2. MTA es el material Gold Standard y el más empleado para el tratamiento de las perforaciones radiculares por su buena capacidad de sellado, biocompatibilidad, comportamiento clínico y radiopacidad.
3. Las propiedades físicas, biológicas y de manipulación mejoradas en Biodentine hacen de este material una alternativa eficiente al uso de MTA y se podría recomendar su empleo en dientes con compromiso estético.
4. No hay estudios clínicos suficientes que evalúen el pronóstico a largo plazo de los dientes tratados con Biodentine, BioAggregate, Endosequence y CEM.
5. Se precisan más estudios que comparen la capacidad de sellado y eficacia de MTA con Biodentine, BioAggregate, Endosequence y CEM.

7 BIBLIOGRAFIA

1. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. the Use of Bioceramics in Endodontics - Literature Review. *Clujul Med.* 2016;89(4):470.
2. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12(6):255–64.
3. Parioikh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview - part I: Vital pulp therapy. *Int Endod J.* 2017;1–34.
4. Sinkar RC, Patil SS, Jogad NP, Gade VJ. Comparison of sealing ability of ProRoot MTA, RetroMTA, and Biodentine as furcation repair materials: An ultraviolet spectrophotometric analysis. *J Conserv Dent.* ; 2015;18(6):445–8.
5. Kakani AK. A Review on Perforation Repair Materials. *J Clin DIAGNOSTIC Res.* 2015;9(9):09-13.
6. Gandolfi MG, Taddei P, Siboni F, Modena E, De Stefano ED, Prati C. Biomimetic remineralization of human dentin using promising innovative calcium-silicate hybrid “smart” materials. *Dent Mater.* 2011;27(11):1055–69.
7. Santangelo M. Uso del Pro Root TM MTA en perforaciones dentarias. *Rev la Fac Odontol.* 2009;24:27–36.
8. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mater.* 2008;24(2):149–64.
9. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J.* 2013;46(9):808–14.
10. Baroudi K, Samir S. Sealing Ability of MTA Used in Perforation Repair of Permanent Teeth; Literature Review. *Open Dent J.* 2016;10(1):278–86.
11. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Verbeeck RMH. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2014;15(3):147–58.
12. Jafari F, Jafari S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(10):e1249–55.
13. Utneja S, Nawal RR, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restor Dent Endod.* 2015 ;40(1):1.
14. Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.* 2014;2014.
15. PATEL N. Comparing Gray and White Mineral Trioxide Aggregate as a Repair Material for Furcation Perforation: An in Vitro Dye Extraction Study. *J Clin Diagnostic Res.* 2014;8(10):8–11.
16. Cosme-Silva L, Carnevalli B, Sakai VT, Viola NV, Franco de Carvalho L,

- Franco de Carvalho EMO. Radicular Perforation Repair with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report with 10-Year Follow-up. *Open Dent J*. 2016;10(1):733–8.
17. Yoldaş SE, Bani M, Atabek D, Bodur H. Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research. *J Endod*. 2016;42(12):1815–8.
 18. Ramazani N, Sadeghi P. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture and biodentine as furcation perforation repair materials in primary molars. *Iran Endod J*. 2016;11(3):214–8.
 19. Jeevani E, Jayaprakash T, Bolla N, Vemuri S, Sunil CR, Kalluru RS. “Evaluation of sealing ability of MM-MTA, Endosequence, and biodentine as furcation repair materials: UV spectrophotometric analysis” *J Conserv Dent*; 2014 J;17(4):340–3.
 20. Asgary S, Shahabi S, Jafarzadeh T, Amini S, Kheirieh S. The properties of a new endodontic material. *J Endod*. 2008;34(8):990–3.
 21. Övsay E, Kaptan RF, F F. The Repair of Furcal Perforations in Different Diameters with Biodentine , MTA , and IRM Repair Materials : A Laboratory Study Using an E . Faecalis Leakage Model. 2018;2018.
 22. Aggarwal V, Singla M, Miglani S, Kohli S. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. *J Conserv Dent*. Wolters Kluwer -- Medknow Publications; 2013;16(5):462–5.
 23. Belobrov I, Parashos P. Treatment of Tooth Discoloration after the Use of White Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2011;37(7):1017–20.
 24. Hashem AAR, Wanees Amin SA. The Effect of Acidity on Dislodgment Resistance of Mineral Trioxide Aggregate and Bioaggregate in Furcation Perforations: An In Vitro Comparative Study. *J Endod*. 2012;38(2):245–9.
 25. Marques NCT, Lourenço Neto N, Oliveira TM. Immediate and mediate furcal perforation treatment in primary molars: 24-month follow-up. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2016;17(6):489–94.
 26. 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(4):487–92.
 27. Bakhtiar H, Mirzaei H, Bagheri MR, Fani N, Mashhadiabbas F, Baghaban Eslaminejad M, et al. Histologic tissue response to furcation perforation repair using mineral trioxide aggregate or dental pulp stem cells loaded onto treated dentin matrix or tricalcium phosphate. *Clin Oral Investig*. *Clinical Oral Investigations*; 2017;21(5):1579–88.
 28. Anastasiadis K, Koulaouzidou EA, Palaghias G, Eliades G. Bonding of Composite to Base Materials: Effects of Adhesive Treatments on Base Surface Properties and Bond Strength. *J Adhes Dent*. 2018 ;1–14.
 29. Subramanyam D, Vasantharajan M. Effect of oral tissue fluids on compressive strength of MTA and biodentine: An in vitro study. *J Clin Diagnostic Res*.

2017;11(4):94-6.

30. Machado R, Agnoletto M, Engelke Back EDE, Tomazinho LF, Paganini FA, Vansan LP. Surgical resolution of an aggressive iatrogenic root perforation in a maxillary central incisor: a case report with a 4-year follow-up. *Gen Dent*;65(1):e1-4.
31. Camilo do Carmo Monteiro J, Rodrigues Tonetto M, Coêlho Bandeca M, Henrique Borges A, Cláudio Martins Segalla J, Cristina Fagundes Jordão-Basso K, et al. Repair of Iatrogenic Furcal Perforation with Mineral Trioxide Aggregate: A Seven-Year Follow-up. *Iran Endod J.* 2017;12(4):516-20.
32. Mente J, Leo M, Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations-long-term results. *J Endod.* 2014;40(6):790-6.