



TRABAJO FIN DE GRADO

***PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS
EN LA REPARACIÓN DE
PERFORACIONES RADICULARES
PROVOCADAS POR ACCIDENTES DE
PROCEDIMIENTO***

Realizado por: Germán Jiménez Fernández

Dirigido por: Ignacio Barbero Navarro

Universidad de Sevilla

2017



*Departamento de Estomatología
Facultad de Odontología*

Don **IGNACIO BARBERO NAVARRO**, Profesor Asociado del Departamento de Estomatología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla.

CERTIFICA:

Que el estudiante del Grado en Odontología Don **GERMÁN JIMÉNEZ FERNÁNDEZ** ha realizado, bajo su tutela y dirección, el trabajo titulado “**PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS EN LA REPARACIÓN DE PERFORACIONES RADICULARES PROVOCADAS POR ACCIDENTES DE PROCEDIMIENTO**”, que cumple todos los requisitos del Trabajo Fin de Grado (TFG) de la titulación de Grado en Odontología adscrito a la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla.

Lo que firma en Sevilla, a 22 de mayo de 2017

Prof. Ignacio Barbero Navarro

A mis padres y a mi hermana por su incondicional apoyo siempre que lo he necesitado. Gracias a su ejemplo y consejo, crezco cada día y he podido disfrutar plenamente de esta maravillosa etapa.

En segundo lugar, quiero agradecer al Doctor Ignacio Barbero su completa entrega, esfuerzo e interés, que han hecho posible realizar este TFG y aprender nuevos conceptos sobre la materia.

Resumen.

Introducción: La perforación radicular es una abertura adicional que establece una comunicación entre el espacio pulpar y el ligamento periodontal, la cual supone un 10% de los fracasos producidos en tratamientos endodónticos. En nuestro trabajo nos centraremos en las perforaciones producidas por accidentes de procedimiento, aunque también pueden estar ocasionadas por reabsorción radicular o caries dental. **Material y método:** Tras realizar una extensa revisión de la bibliografía, seleccionamos 26 artículos que tratan sobre las perforaciones radiculares y los principales materiales empleados en su reparación. **Resultados y discusión:** Hay una amplia gama de materiales utilizados en la reparación de perforaciones radiculares. En la bibliografía estudiada se demuestra que el MTA es un material muy utilizado para este fin y que presenta unas excelentes características y resultados. Por otro lado, las biocerámicas también están siendo muy utilizadas en la reparación de perforaciones radiculares y están aportando unos resultados muy prometedores. **Conclusión:** El MTA es un excelente material para la reparación de perforaciones radiculares, pero también debemos tener en cuenta otros biomateriales como Bioaggregate, Biodentine, Endosequence y CEM, ya que se ha demostrado que aportan buenos resultados y pueden servir como alternativa al MTA.

Introduction: Root perforation is an additional opening that links the pulp space with the periodontal ligament, which represents 10% of endodontic treatment failures. In this study we are focusing on the perforations produced by procedural accidents, although they can also be caused by root resorption or dental caries. **Material and method:** After an extensive review of the bibliography, we selected 26 articles that deal with root perforations and the main materials used in their repair. **Results and discussion:** There is a wide range of materials used in the repair of root perforations. In the studied bibliography, it is demonstrated that MTA is a material widely used for this purpose with excellent characteristics and results. On the other hand, bioceramics have also been currently used in the repair of root perforations giving very promising results. **Conclusion:** MTA is an excellent material for the repair of root perforations but we must also consider other biomaterials such as Bioaggregate, Biodentine, Endosequence and CEM since they have also provided good results as an alternative to MTA.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Principales accidentes de procedimiento en endodoncia.....	1
1.2. Concepto de perforación radicular	2
1.3. Clasificación de las perforaciones radiculares	3
1.3.1. Primer paso para la formación de perforaciones iatrogénicas durante la instrumentación: Escalones	4
1.4. Respuesta del peridonto a las perforaciones radiculares mecánicas	4
1.5. Prevención de las perforaciones	4
1.5.1 Durante el acceso	4
1.5.2 Durante la instrumentación	5
1.5.3 Durante la preparación del poste	5
1.6. Tratamiento de las perforaciones	6
1.7. Pronóstico en el tratamiento de las perforaciones.....	7
1.8. Materiales empleados en la reparación de las perforaciones	8
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAL Y MÉTODO	13
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSIÓN	21
6. CONCLUSIONES	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26

1) INTRODUCCIÓN.

1.1) Principales accidentes de procedimiento en endodoncia.

Las principales causas de fracaso en endodoncia están relacionadas con el diagnóstico erróneo, el desconocimiento de la anatomía pulpar, asepsia precaria, la filtración coronaria post tratamiento, el estado sistémico del paciente y la falta de experiencia del profesional.(1)

En la mayoría de los casos, el fallo endodóntico se debe a la presencia de microorganismos en cualquier tramo del conducto radicular, incluso en dientes en los que se puede apreciar un correcto tratamiento. La investigación ha demostrado que hay áreas en el conducto radicular que no pueden ser desinfectadas, instrumentadas y obturadas de forma idónea, por lo que la infección no puede ser eliminada. (2)

Los estudios de Akbar indican que los principales dientes que son propensos a sufrir accidentes son los primeros molares maxilares y mandibulares, debido a que son unos de los primeros dientes en entrar en erupción. Además de esto, al presentar una mayor superficie, están más expuestos a caries y patología pulpar. Este estudio indica también que, generalmente, los dientes posteriores tienen una tasa de fracaso superior a los anteriores.(2)

Se ha demostrado que la mayoría de accidentes y fracasos en los tratamientos endodónticos están producidos por dentistas generales debido a la falta de cualificación. En un estudio realizado sobre 90 pacientes, los tratamientos efectuados por odontólogos generales tuvieron una tasa de fracaso del 78.8%, mientras que los realizados por especialistas en endodoncia tuvieron una tasa de fracaso del 21,1%.(3)

Tomando en consideración la clasificación de Ingle y siendo una de las más aceptadas, los accidentes en endodoncia podemos dividirlos en: (4)

- 1) Relacionadas con el acceso.
 - Tratamiento del diente errado.
 - Conductos no identificados.
 - Daño en restauraciones protésicas.
 - Perforación de la cavidad de acceso.
 - Fractura de la corona.
 - Relacionados con la instrumentación.
 - Formación de escalones.
 - Perforaciones del tercio coronario del conducto.
 - Perforaciones del tercio medio del conducto.
 - Perforaciones del tercio apical del conducto.
 - Instrumentos fracturados y presencia de cuerpos extraños.
 - Bloqueo del conducto.

Los percances que ocurren durante la instrumentación a menudo pueden relacionarse con una eliminación excesiva o inapropiada de dentina durante la fase de limpieza y conformación del tratamiento. La mayoría de los percances en esta sección pueden estar relacionados con la sobreinstrumentación.

- 2) Relacionados con la obturación.
 - Obturaciones de conducto sobre o subextendidas.
 - Parestesias nerviosas.
 - Fracturas radiculares verticales.
- 3) Diversos.
 - Perforación durante la preparación del espacio del poste.
 - Accidentes durante la irrigación.
 - Enfisema.
 - Aspiración de instrumentos.

1.2) Concepto de perforación radicular:

La perforación radicular es una abertura adicional que establece una comunicación entre el espacio pulpar y el ligamento periodontal, la cual puede estar producida por negligencia, por reabsorción radicular interna o externa o por caries dental.

Las perforaciones radiculares suponen un 10% de los todos fracasos producidos en los tratamientos endodónticos(5) y, más concretamente, las provocadas por negligencia suponen un 5,5%.(3)

Las zonas que presentan mayor predisposición a recibir una perforación son el suelo de la cámara pulpar de los molares, la superficie distal de la raíz mesial de los molares mandibulares y la raíz mesio-bucal de los molares maxilares. (4)

Las perforaciones, habitualmente, se pueden diagnosticar radiográficamente como zonas en las que se observa que los materiales de la obturación radicular o los materiales de restauración como los postes, abandonan los confines del supuesto espacio del conducto y se acercan a la interfase radiográfica entre la dentina y el ligamento periodontal, o la cruzan. Son de gran utilidad las radiografías anguladas y el CBCT (Cone Beam Computed Tomography), ya que permiten exponer planos que nos indican si existe perforación y qué superficies han sido perforadas. (6)

Es imprescindible el conocimiento de la anatomía radicular y pulpar para prevenir las perforaciones, debido a que hay dientes con zonas anatómicas muy complicadas de instrumentar y obturar y por consiguiente, susceptibles de sufrir perforaciones radiculares ante una operatoria inadecuada.

1.3) Clasificación de las perforaciones radiculares. (4)

Tercio coronario:

Las perforaciones a este nivel son a menudo producidas durante la localización y ensanchamiento del conducto, o por el inadecuado uso del material rotatorio, como es el caso de las fresas Gates-Glidden.

Cuando realizamos una perforación en el tercio coronario, generalmente se produce una aparición súbita de sangre proveniente de los tejidos periodontales. En ocasiones, si limpiamos y secamos la zona, podemos visualizar de manera directa la perforación; en estas circunstancias, para identificar la perforación, pueden ser de gran utilidad elementos de magnificación tales como lupas, endoscopios o microscopios.

Tercio medio:

Las perforaciones en esta sección del conducto son susceptibles de provocarse con frecuencia en dientes cuyos conductos presentan algún grado de curvatura y debido a la formación de escalones durante el proceso de instrumentación o por abuso del fresado con el instrumental rotatorio a lo largo de la curvatura exterior o interior de la raíz.

Al realizar una perforación a este nivel, el paciente puede sentir molestias seguido de una hemorragia en la cual la sangre brota a través del conducto.

Tercio apical:

Las perforaciones en este segmento se producen porque la lima no supera una curvatura en el conducto o porque no se establece una longitud de trabajo adecuada. En este caso, se sobre-instrumenta más allá de los límites establecidos como punto de referencia apical.

En este tipo de perforaciones se producirá hemorragia, el paciente podría experimentar dolor y además perderemos la resistencia táctil de los límites del espacio radicular.

1.3.1) Primer paso para la formación de perforaciones iatrogénicas durante la instrumentación: Escalones. (4)

Para alcanzar el tercio apical con un mínimo de estrés y evitar la creación de escalones, hay que tener en cuenta la apertura de acceso, el calibre de los instrumentos utilizados y las alteraciones anatómicas. Una vez que se crea un escalón, se puede perder la trayectoria original del conducto y, en un intento de recuperar esa trayectoria durante la instrumentación, podría provocarse un desvío del conducto degenerando finalmente en una perforación.

Se advierte la presencia de escalones cuando se detecta una pérdida de la longitud de trabajo establecida. También puede haber pérdida de la sensación táctil normal; la punta del instrumento golpea contra una pared sólida, por lo que se experimenta una sensación de holgura sin sensación táctil de fijación tensional.

1.4) Respuesta del periodonto a las perforaciones radiculares mecánicas.(7)

Generalmente, las perforaciones radiculares son provocadas a lo largo de la inserción periodontal durante la instrumentación, la preparación del espacio del poste o la sobreinstrumentación.

Posterior a la perforación, se pone en marcha una respuesta vascular inflamatoria en el periodonto a nivel de la perforación. La respuesta puede ir desde una destrucción mínima del ligamento periodontal hasta una destrucción extensa de los tejidos circundantes, tales como el tejido óseo, además del ligamento periodontal, que, en caso de penetración de agentes microbianos, la reacción puede ser muy similar a la respuesta de tejidos periodontales ante un proceso infeccioso pulpar que degenera en necrosis.

1.5) Prevención de las perforaciones.

1.5.1) Durante el acceso.(7)

Antes de iniciar el acceso al espacio pulpar, debemos examinar radiográficamente de manera exhaustiva la posición de la cámara. Por tanto, se exige tener un estricto conocimiento de la anatomía de la cámara pulpar y de la ubicación de los orificios de entrada a los conductos.

Una regla básica, seguida por un elevado número de clínicos, consiste en acceder a la cámara pulpar del diente antes de aislarlo con el dique de goma, con esto se logra una mejor orientación de la posición del diente a ser tratado.

1.5.2) Durante la instrumentación. (4)

Antes de iniciar cualquier instrumentación, deben interpretarse con exactitud las imágenes radiográficas, teniendo siempre presente la morfología de los conductos.

Como recomendaciones, debemos utilizar un lubricante adecuado, irrigar con frecuencia para retirar los restos de dentina y mantener la curvatura del conducto, empleando los instrumentos con prudencia. Es importante asegurar que la lima mantenga la curvatura, ya que, de lo contrario, se podría crear un escalón.

En caso de crear un escalón, para prevenir la perforación, se debe tomar en consideración la corrección de éste y para ello utilizaremos una lima de calibre inferior del número 10 o 15, a la que se le aplica una curva distintiva en su extremo. Con esto se explora el conducto hasta el límite. La curvatura apuntará hacia la pared opuesta al escalón. Siempre que se encuentra resistencia, se retrae levemente la lima, se gira y se avanza una vez más hasta que supere el reborde.

1.5.3) Durante la preparación del poste. (7)

Con el objetivo de prevenir las perforaciones radiculares en el momento de preparar el espacio para el poste, debemos realizar una radiografía del diente, para detectar cualquier curvatura radicular y determinar la profundidad aproximada a la que debe penetrar el poste.

Antes de empezar a usar los instrumentos rotatorios, debemos eliminar el material de obturación del espacio del conducto, asegurándonos de que queda limpio y seco, así como cerciorarnos de que el taladro está perfectamente centrado en el conducto.

Para llevar a cabo este procedimiento, utilizaremos las fresas que vienen con los juegos de postes prefabricados o taladros, ya que reducen el riesgo de perforación.

1.6) Tratamiento de las perforaciones.

La reparación de las perforaciones se puede llevar a cabo mediante dos vías; una no quirúrgica, abordando el defecto por vía interna a través del diente, o quirúrgicamente, utilizando un abordaje externo a través de los tejidos perirradiculares.

En general, la reparación no quirúrgica de la perforación será el método de elección principal, ya que habitualmente es menos invasiva, evitando así la destrucción de los tejidos perirradiculares y si el procedimiento es adecuado, llevara consigo también un correcto control de la infección. (8)

Sin embargo, si el defecto supone un tiempo de operatoria muy prolongado, un aumento de costes para el paciente y es de difícil acceso por la vía no quirúrgica, mejorando este por vía quirúrgica, será esta última la vía de abordaje de elección. Si existe demora en la reparación de una perforación podría suponer el desarrollo de un extenso defecto periodontal y en este caso también estaría indicado el abordaje quirúrgico.(8)

Las perforaciones lineares que se provocan en la superficie distal de las raíces mesiales de molares maxilares y mandibulares suelen ser inaccesibles, difíciles de reparar quirúrgicamente, el acceso visual y quirúrgico es limitado y la eliminación ósea necesaria para obtener acceso a la región de la perforación, por lo general, ocasiona un defecto óseo superior. Esta situación clínica obliga a tener en consideración el reimplante intencional, la resección radicular o la hemisección.(9)

Las perforaciones del tercio medio de la raíz se tratarán accediendo a través del conducto, si la situación lo permite. Si en este caso, el defecto radicular que provoca la perforación es extenso, estará indicado elevar un colgajo mucoperióstico completo, identificar la perforación y efectuar la reparación con un material adecuado. Si la perforación está situada en el tercio apical de la raíz se puede abordar a través del conducto como si fuera un conducto lateral o habrá que considerar una resección apical radicular que se extienda por encima de la perforación realizando la retroobtención del conducto. (9)

1.7) Pronóstico en el tratamiento de las perforaciones.

El pronóstico de dientes con una perforación radicular supone la predicción acerca de la posibilidad de mantener el diente con una adecuada función, salud periodontal y estética tanto del diente afectado como de los dientes vecinos y dependerá de los siguientes factores:

- **Tiempo:** Es mejor una reparación temprana que tardía, porque el retraso puede producir problemas periodontales difíciles de tratar. El tiempo que tardemos en realizar la reparación también está relacionado con la contaminación bacteriana del defecto y un sellado adecuado.(10)
- **Localización:** En general, cuanto más apical sea la localización de la perforación más favorable será el pronóstico; sin embargo, sucede lo contrario para la propia técnica de reparación. La dificultad de la reparación estará determinada por el tercio en el que se produjo la perforación. Si el defecto fue provocado en la furca de un diente multirradicular, o en el tercio coronal de un conducto recto, se considera un acceso directo viable. Si está en el tercio medio del conducto la dificultad aumenta, y si está en el tercio apical del conducto, el acceso directo se supone de elevada dificultad y podría ser necesaria cirugía apical.(10)
- **Tamaño:** A mayor tamaño de la perforación, el pronóstico es menos favorable debido a que el daño óseo producido será mayor.(11)
- **Sellado:** Será imprescindible el uso de un material que selle la comunicación entre el conducto radicular y el periodonto, evitando las microfiltraciones.(11)
- **Biocompatibilidad del material:** El material de sellado no debe ser citotóxico, debido a que cuanto menos biocompatible sea el material, menor será la capacidad de cicatrización.(11)

1.8) Materiales empleados en la reparación de perforaciones.

El material ideal para el sellado de las perforaciones debe tener las siguientes características:

- 1.- Excelente capacidad de sellado.
- 2.- Biocompatible.
- 3.- Bioactivo (inducir cementogénesis y osteogénesis, capaz de promover la regeneración de los tejidos perirradiculares).
- 4.- No reabsorbible.
- 5.- Radiopaco.
- 6.- Bacterisotático.
- 7.- Fácil de Manipular.
- 8.- Dimensionalmente Estable.
- 9.- Insoluble en los fluidos tisulares.
- 10.- Estéticamente aceptable.

Entre los materiales que han sido usados para el sellado de las perforaciones radiculares podemos encontrar:

- **AMALGAMA:** Podemos definir la amalgama como la aleación en la que el mercurio es uno de sus principales componentes.(12)

Históricamente, la amalgama ha sido un material ampliamente usado en odontología. Principalmente se utiliza como material de restauración en el tratamiento de la caries dental, pero también ha sido utilizado en el tratamiento de las perforaciones radiculares(13). Actualmente su uso en la reparación de las perforaciones radiculares es muy excepcional, ya que como demostraremos en la discusión presenta muchas deficiencias, como pueden ser su baja capacidad de sellado en este campo, su deficiente biocompatibilidad o la producción de tinciones dentales.

- **YESO PARIS:** Colocar un material de reparación que proporcione un sellado adecuado es una tarea difícil, esto lo podemos conseguir a veces aplicando una matriz(14). Esta matriz debe ser biocompatible y reabsorbible como es el caso del yeso París.(15)

En un estudio comparativo se demostró que cuando el yeso de París se emplea como matriz en la reparación de perforaciones de furca, el sellado de la amalgama mejora, este sellado es incluso superior al que se obtiene cuando se empleaba el cemento Ketac Silver como reparador.(16)

- **OXIDO DE ZINC EUGENOL:** Este cemento ha sido muy utilizado en la obturación de conductos radiculares y concretamente el desarrollado por Rickert, ha sido el producto estándar que han utilizado los odontólogos durante años para este fin, sin embargo, este material presentaba algunos inconvenientes como la producción de tinciones dentales.(17)

Este cemento también se ha utilizado en la reparación de perforaciones radiculares, pero presentaba algunas deficiencias, como se demuestra en un estudio realizado sobre animales en el que mostraba un pronóstico de reacciones inflamatorias.(18)

- **SUPER EBA:** Se utilizó para sellar las perforaciones del piso de la cámara pulpar o la pared del conducto radicular. Tiene propiedades ventajosas tales como su facilidad de manipulación y su excelente compatibilidad biológica con los tejidos periapicales. La alta adhesividad y adaptación a las paredes dentinarias son ventajas adicionales.(19)

- **IRM:** Este material es un cemento temporal formado a base de óxido de zinc y eugenol. Su duración oscila desde algunos días a semanas. Generalmente provoca baja irritación en los tejidos, ya que en el momento de colocación su pH se aproxima a 7. (12)

Mannocci demostró que el IRM proporciona un mejor sellado que la amalgama presentando menos fugas.(20)

- **GUTAPERCHA:** Fue introducido por Bowman en 1987 y desde entonces es el material más utilizado en endodoncia.

Este material presenta muchas ventajas como su platicidad, facilidad de manejo y su toxicidad relativamente baja. Entre los principales inconvenientes, podemos destacar su falta de adhesión a la dentina o la tendencia a separarse de las paredes del conducto debido a su elasticidad. (21)

- **IONÓMERO DE VIDRIO:** En principio, uno de los objetivos para lo que se creó este material fue para ser utilizado en restauraciones estéticas en el frente anterior. Debido a su potencial en la prevención de caries, se ampliaron los usos de este, entre los que encontramos la reparación de perforaciones radiculares.(12)

Se ha constatado que el ionómero de vidrio causa poca irritación en los tejidos y tiene baja toxicidad(22), sin embargo se presentan dudas acerca de su capacidad de sellado ya que se han observado fracasos en la adherencia a la dentina(23).

- **INÓMERO DE VIDRIO MODIFICADO CON METAL:** Este material presenta mejor capacidad de sellado que la amalgama, el cavit o el ionómero de vidrio convencional.(16)(24)
- **COMPOSITE:** El Bisfil 2B se ha probado como material para tratar las perforaciones, en un estudio este mostró mejor capacidad de sellado que la amalgama, sin embargo mostró tasas altas de sobreobturación.(20)
- **HUESO DESHIDRATADO CONGELADO DESCALCIFICADO (DFDB):** Este material es biocompatible, fácil de obtener, usar y manipular, económico y actúa de barrera en el tratamiento de las perforaciones.(25)

Hartwell encontró ventajas y desventajas en el uso de este material. Las ventajas fueron que todos los dientes tratados con DFDB presentaban tejidos periodontales de apariencia normal, ausencia de bolsas periodontales y defectos de furca y ausencia de inflamación en un 85% de los casos. Las desventajas fueron la ausencia de osteogénesis y crecimiento epitelial.(25)

- **CEMENTO DE FOSFATO DE CALCIO:** Fue patentado por W.Brown y L.Chow. Entre sus principales características podemos destacar que es un material prácticamente cristalino y con muy baja porosidad. Es igual de radiopaco que el hueso. Es insoluble en saliva y sangre pero muy soluble en ácidos por lo que puede ser retirado con facilidad en caso de que sea necesario. Además este material posee una alta capacidad de sellado.(17)

James realizó un estudio en el que no se apreciaron diferencias en las fugas producidas por este material en comparación con el ionómero de vidrio fotopolimerizable.(26)

- **FOSFATO TRICÁLCICO:** Es una cerámica biodegradable. Ofrece buenos resultados en la terapia periodontal como material de reparación. Causa mayor inflamación que la amalgama y que la hidroxiapatita, pero menor que el hidróxido de calcio.(27)
- **HIDROXIDO DE CALCIO:** Se introdujo en 1920 y comenzó a ser utilizado en tratamientos conservadores. Es un material biocompatible con los tejidos periodontales y pulpares.(13)

- **HIDROXIAPATITA:** Se puede utilizar como material de reparación directo de la perforación o como matriz interna.

Cuando se utiliza como material de reparación directo ha demostrado regenerar el hueso(28). Cuando se utiliza para evitar la extrusión de materiales como la amalgama se comporta como una matriz estable(14).

- **BIOAGGREGATE:** Es un material biocerámico que presenta unas características de biocompatibilidad y sellado parecidas a las del MTA.(29)
- **ENDOSEQUENCE:** Es un material biocerámico que presenta unas excepcional estabilidad dimensional y una alta biocompatibilidad.(30)

En un estudio realizado por Jeevani endosequence mostró mejor capacidad de sellado que MTA y Biodentine en la reparación de perforaciones en la furca.(31)

- **BIODENTINE:** Es un buen material para la reparación de perforaciones, incluso después de haber estado expuesto a irrigantes endodónticos, en comparación con el MTA.(32)

Es fácil de manejar y presenta un tiempo de fraguado corto, de aproximadamente 12 minutos, todo esto unido a que es un material biocompatible hace que sea adecuado para la reparación de perforaciones.(33)

- **MTA:** Desde su introducción en 1992 por Mahmoud Torabinejad tiene un amplio rango de usos y está muy aceptado por diversos motivos.(13)

Este material estimula la formación de cementoblastos y es biocompatible con los tejidos perirradiculares por lo que presenta un elevado potencial de sellado en la reparación de perforaciones.(34)

Al comparar el MTA con la amalgama y el IRM se comprobó que el MTA producía mejor sellado y menos fugas.(35)

- **CEM (Calcium Enriched Mixture):** Es un biomaterial con unas aplicaciones clínicas similares a las del MTA. Este material induce a la formación de puentes de dentina de forma comparable al MTA y superior al hidróxido de calcio.(36)

2) OBJETIVOS.

Las perforaciones radiculares provocadas por causa iatrogénica son un accidente muy común en el tratamiento de conductos. Tomando en consideración las técnicas de abordaje y el número de materiales que han sido utilizados y que actualmente se emplean en la reparación de este común accidente de procedimiento, en base a la literatura revisada, los objetivos de este proyecto son los siguientes:

1. Realizar un análisis acerca de los principales accidentes que pueden surgir durante el tratamiento de endodoncia.
2. Detallar los aspectos más destacados del tratamiento de las perforaciones radiculares por causa iatrogénica.
3. Exponer los principales materiales usados en el tratamiento de las perforaciones radiculares.
4. Realizar una revisión de los principales trabajos de investigación acerca de los materiales empleados en el tratamiento de las perforaciones radiculares.
5. Comparar el actual papel que desempeña el MTA como referente en el tratamiento de las perforaciones radiculares considerando otros materiales como posibles alternativas.

3) MATERIAL Y MÉTODO.

El procedimiento para realizar nuestra revisión bibliográfica consistió en una exhaustiva búsqueda de los artículos pertinentes en la base de datos PubMed.

Accedemos a dicha base de datos mediante la página web de la biblioteca de salud de la Universidad de Sevilla: “<http://bib.us.es/salud/>”.

Para que la búsqueda sea adecuada, debemos utilizar una buena terminología y para ello recurrimos a los términos Mesh, así conseguiremos que sea más precisa. En nuestro caso realizamos 3 búsquedas y aplicamos unos criterios de inclusión y exclusión para la selección de los artículos. (*tabla 1*)

Los criterios de inclusión recogen artículos de menos de 25 años escritos en inglés. Los estudios podían estar realizados sobre animales o humanos en cualquier rango de edad y debían tener evidencia científica.

Por otra parte, se excluyeron artículos escritos en idiomas diferentes al inglés, que tuvieran más de 25 años o con falta de evidencia científica. También fueron descartados los artículos de opinión.

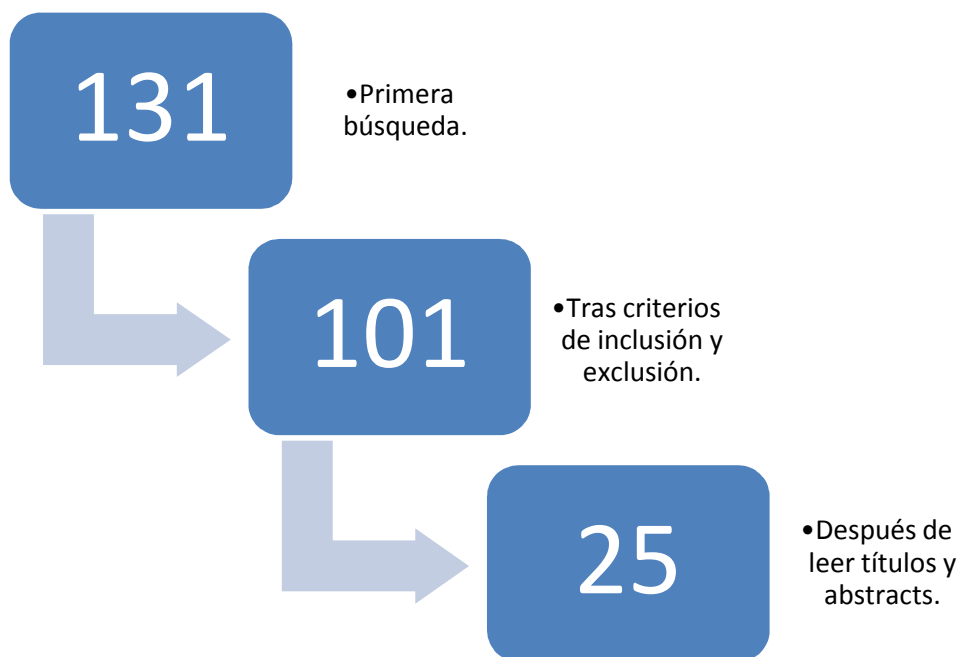
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Literatura escritos en Ingles	Literatura en idioma diferente al inglés
Artículos de menos de 25 años	Artículos de más de 25 años
Estudios con evidencia científica	Estudios sin evidencia científica
Estudios en humanos y animales	Artículos de opinión.

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión.

Las estrategias de búsqueda realizadas fueron las siguientes:

- “root perforation” AND repair
- “root perforation” AND material
- “root perforation” AND MTA

Al realizar las búsquedas sin aplicar ningún criterio de inclusión o exclusión se obtuvieron 131 artículos en total, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, anteriormente mencionados, se obtuvieron 101 artículos. Finalmente tras revisar títulos y abstracts de los artículos fueron seleccionados 25.



4) RESULTADOS.

Autores	Año	Revista	Título	Objetivo	Conclusiones
Baroudi K y Samir S	2016	The Open Dentistry Journal.	Sealling ability of MTA used in perforation repair of permanent teeth.	Revisar la capacidad de sellado del MTA, en comparación con otros materiales utilizados para tratar perforaciones radiculares.	El MTA presenta grandes ventajas como material reparador de perforaciones, pero también tiene algunos inconvenientes, como su dificultad de manejo o la formación de tinciones. Materiales como Bioaggregate, MTA Bio y Biodentine solventan estos defectos y presentan mejor sellado.
Parirokh M y Torabinejad M	2010	Journal of Endodontics.	MTA: a comprehensive literatura review. Part 1: chemical, physical and antibacterial properties.	Presentar una investigación acerca de las propiedades antibacterianas, químicas y físicas del MTA.	El MTA es un material bioactivo que influye en el entorno en el que se encuentre.
Torabinejad M y Parirokh M	2010	Journal of Endodontics.	MTA: a comprehensive literatura review. Part 2: leakage and biocompatibility investigations.	Facilitar una serie de artículos acerca de la biocompatibilidad y la capacidad de sellado del MTA.	El MTA presenta muy buenos resultados en cuanto a la biocompatibilidad y a la capacidad de sellado.

Parirokh M y Torabinejad M	2010	Journal of Endodontics.	MTA: a comprehensive literatura review. Part 3: clinical applications, drawbacks and mechanism of action.	Presentar una serie de artículos que traten sobre los mecanismos de acción del MTA, sus aplicaciones y desventajas.	El MTA es el material de elección para muchas aplicaciones clínicas. Se necesita realizar más estudios al respecto.
Arens DE y Torabinejad M.	1996	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics.	Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two cases reports.	Aportar información sobre los resultados que presenta el MTA al ser utilizado en el tratamiento de las perforaciones de furca.	El MTA es un material adecuado para reparar las perforaciones de furca.
Emmanuel Da Silva, Daniel Morante y Eduardo Souza.	2012	International Journal Dental Clinic.	Repair of iatrogenic perforation with MTA under operating microscope.	Valorar el tratamiento de una perforación radicular en un segundo premolar mandibular utilizando MTA.	El tratamiento de la perforación radicular con MTA ofreció buenos resultados y favoreció la regeneración del ligamento periodontal.
Yogesh Upadhyay.	2012	Journal of Oral Health Community Dentistry.	MTA repair of perforated internal resorption: a case report.	Evaluar los resultados presentados por el MTA al reparar una perforación radicular en un incisivo central inferior.	El material dio como resultado una resolución rápida de los síntomas y signos y una reparación exitosa de la perforación.
Nunes E, Silveira F, Soares J, Duarte M y Soares S.	2012	Journal of Oral Science.	Treatment of perforating internal root resorption with MTA: a case report.	Valorar los resultados obtenidos al reparar una perforación radicular en un incisivo lateral superior.	El tratamiento de la perforación radicular con MTA aportó resultados óptimos, como demuestran las pruebas clínicas y radiográficas.

Torabinejad M, Hong CU, Lee ST, Monsef M y Pitt TR.	1995	Journal of Endodontics.	Investigation of MTA for root-end filling in dogs.	Aportar información sobre las respuestas del tejido periodontal a causa del MTA, mediante estudios en perros.	Se comprueba que el periodonto no es dañado por el MTA, por lo que se puede usar como material de retroobtusión.
Ahangari Z y Karami M.	2006	Iran Endodontic Journal.	Evaluation of the sealing ability of amalgam, MTA, Portland cement and Coltozal in the repair of furcal perforation.	Evaluar y comparar la capacidad de sellado del MTA, amalgama, óxido de zinc eugenol y cemento Portland en la reparación de perforaciones radiculares.	MTA fue el material que presentó menos microinfiltraciones.
Singh P, Paul J, Al-Khuraif A, Vellappally y Halamany S	2013	Acta Médica.	Sealing ability of MTA, calcium phosphate and glass ionomer in the repair of furcation perforations.	Comparar la capacidad de sellado del MTA, cemento de fosfato de calcio y cemento de ionómero de vidrio en la reparación de perforaciones radiculares.	MTA obtuvo los mejores resultados, seguido por el cemento de fosfato de calcio. El material que presentó una peor capacidad de sellado fue el cemento de ionómero de vidrio.
Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD y Pitt TR.	1995	Journal of Endodontics.	Surgical management of iatrogenic perforation in maxillary central incisor using MTA.	Estudiar la adaptación marginal del MTA.	MTA se adapta mejor a la raíz que el Super-EBA, el IRM y la amalgama.
Escobar D, Aguirre E, Méndez V y Pozos A.	2016	BioMed Research International.	Cytotoxicity and initial Biocompatibility of endodontic biomaterials.	Comparar la citotoxicidad y la capacidad de adhesión celular de Biodentine y MTA sobre los fibroblastos del ligamento periodontal.	Ninguno de los materiales estudiados presentó citotoxicidad. Biodentine presentó una capacidad de adhesión celular ligeramente superior al MTA.

Han L y Okiji T.	2013	International Endodontic Journal.	Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials.	Comparar la capacidad de ProRoot MTA, Endosequence y Biodentine para incorporar iones Ca y Si en la dentina del conducto.	El material que mostró mejores resultados fue Biodentine, seguido de ProRootMTA y por último Endosequence.
Park J, Hong S, Kim J, Lee S y Shin S.	2010	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics.	X-ray diffraction analysis of White ProrootMTA and Diadent Bioaggregate.	Examinar las diferencias químicas entre MTA y Bioaggregate.	Ambos materiales presentaron una composición química similar. Sin embargo, se encontraron algunas diferencias: Bioaggregate contiene una cantidad significativa de óxido de tantalio, a diferencia del MTA que contiene óxido de bismuto.
Zhang H, Pappen FG y Haapasalo M.	2008	Journal of Endodontics.	Dentin enhances the antibacterial effect of Mineral Trioxide Aggregate and Bioaggregate.	Evaluar la eficacia antimicrobiana del MTA y BA contra E. Feacalis.	MTA y BA fueron igualmente eficaces en la eliminación de bacterias.
Alsubait SA, Hashem Q, AlHargan N, AlMohimeed K y Alkahtani A.	2014	The Journal of Contemporary Dental Practice.	Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Bioaggregate and Biodentine.	Analizar la adherencia del Biodentine comparándolo con Bioaggregate y ProRoot MTA.	ProRoot MTA y Bioaggregate tiene una fuerza de adherencia similar y significativamente superior a la del Biodentine.
Bayram H, Saklar F, Bayram E, Orucoglu H y Bozkurt A.	2015	Journal of International Oral Health.	Determination of the apical sealing abilities of MTA, Portland and Bioaggregate after irrigation with different solutions.	Comparar la capacidad de sellado del cemento Portland, MTA y Bioaggregate tras aplicar diferentes soluciones.	En este estudio, se concluye que el cemento Portland evita fugas eficientemente, al igual que MTA y Bioaggregate. Además, se demuestra que la irrigación con clorohexidina y con agua destilada disminuyen las fugas en estos materiales.

Keskin C, Demiryhurek E y Ozyurek T.	2015	Journal of Endodontics.	Color stabilities of calcium silicate-based materials in contact with different irrigation solutions.	El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios de color producidos en Bioaggregate, Biodentine, Proroot MTA y MTA Angelus.	En zonas con grandes requerimientos estéticos, Biodentine y Bioaggregate pueden presentarse como alternativas al MTA. Sin embargo, todos los materiales estudiados presentaron cambios de color clínicamente perceptibles.
Charland T, Hartwell G, Hirschberg C y Patel R.	2013	Journal of Endodontics.	An evaluation of setting time of MTA and Endosequence root repair materials in the presence of human blood and minimal essential media.	Comparar los tiempos de fraguado de MTA y Endosequence.	El estudio demuestra que Endosequence tiene un tiempo de fraguado inferior al del MTA.
Wang Z, Ma j, Shen Y y Haapasalo M.	2015	International Endodontic Journal.	Acidic pH weakens the microhardness and microstructure of three tricalcium silicate materials.	Investigar la microdureza y características microestructurales del MTA, Endosequence Putty y Endosequence Paste.	Los valores de microdureza de Endosequence Putty y Paste se vieron reducidos en ambientes ácidos. MTA esta menos influenciado por el pH ácido, por lo que se recomienda su uso en zonas inflamadas.
Kohli M, Yamaguchi M, Setzer F y Karabucak B.	2015	Journal of Endodontics.	Spectrophotometric análisis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials.	Evaluar la decoloración dental inducida por diversos materiales endodónticos.	Se concluyó que los materiales que producían mayor decoloración fueron TAP, MTAW y MTAG. Los que produjeron menor decoloración fueron Biodentine, RRM y RRMF.

Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghanavati F y Rahami H.	2008	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics.	A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement.	Realizar un estudio que comparara la respuesta que experimentaba la pulpa al realizar un recubrimiento con MTA, hidróxido de calcio y CEM	Tanto MTA como CEM mostraron una respuesta biológica favorable y superior a la del hidróxido de calcio.
Haghgoo R, Niyakan M, Nazari M, Asgary S y Mostafaloo N.	2014	Journal of Dentistry.	An in vitro comparison of furcal perforation repaired with ProRoot MTA and CEM in primary molar teeth.	Investigar el comportamiento del MTA y CEM en la reparación de perforaciones de furca en molares primarios.	Después de hacer las pruebas oportunas, se puede afirmar que ambos materiales aportan buenos resultados en la reparación de las perforaciones.
Sahebi S, Moazami F, Sadat N y Layeghneghad M.	2013	Journal of Dentistry.	Comparison of MTA and CEM cement microleakage in repairing furcal perforation, an in vitro study.	Comparar la microinfiltración producida en MTA y CEM en perforaciones de furca.	El resultado del presente estudio demostró que el CEM producía menos microinfiltraciones que MTA en todos los periodos de tiempo, por lo que CEM debe ser considerado como posible alternativa al MTA.
Ramazani N y Sadeghi P.	2016	Iran Endodontic Journal.	Bacterial leakage of MTA, CEM and Biodentine as furcation perforation repair materials in primary molars.	Comparar la capacidad de sellado de CEM, Biodentine y MTA en perforaciones de furca.	CEM y Biodentine mostraron resultados prometedores como materiales de reparación de perforaciones y como posibles alternativas al MTA.

5) DISCUSIÓN.

Actualmente podemos encontrar una amplia gama de materiales utilizados en la reparación de perforaciones radiculares. En este apartado, trataremos de realizar una comparación entre las principales características de los materiales comúnmente empleados en la reparación de perforaciones radiculares. Considerando que el MTA es un material de referencia en este procedimiento, uno de los más utilizados y que presenta mejores resultados, pretendemos evaluar en la bibliografía seleccionada el papel actual que ocupa el MTA como material reparador de perforaciones radiculares así como posibles alternativas.

Históricamente se han utilizado diversos materiales en el tratamiento de las perforaciones radiculares, pero a lo largo del tiempo se fue poniendo de relieve como los resultados obtenidos no eran los esperados, debido principalmente a la falta de capacidad para proporcionar un sellado adecuado y escasa biocompatibilidad.(37)

Cuando se introdujo el MTA como alternativa en la reparación de las perforaciones, éste aportó unas propiedades muy favorables que no poseían los materiales usados hasta entonces, como su aptitud para promover la creación de cemento, facilitando así la regeneración del tejido periodontal. (37),(38),(39),(40)

Muchos son los autores que han realizado estudios que ponen de manifiesto que el MTA es uno de los materiales que aporta mejores resultados a la reparación de las perforaciones de furca promoviendo la formación de hueso y cemento (41). Silva, según su estudio en 2012, concluyó que es el material ideal para la reparación de cualquier tipo de perforaciones radiculares (42).

Upadhyay en 2012 encontró que el MTA tiene excelentes propiedades, como son la radiopacidad y la resistencia a la humedad (43). También Torabinejad hace referencia a la excelente capacidad de sellado y biocompatibilidad del MTA (39).

Nunes en 2012 informo del uso exitoso del MTA que mostraba una excelente capacidad de sellado, biocompatibilidad y potencial de estimulación en la creación de cemento y hueso. (44)

En una publicación de revisión de literatura realizado por Parirokh indica las ventajosas propiedades físicas químicas y antibacterianas que aporta el MTA a la reparación de las perforaciones radiculares. (38)

Saliendo de la temática que nos corresponde evaluar, un estudio de Torabinejad revela que el MTA es un excelente material en los tratamientos de la pulpa vital como es el caso del recubrimiento pulpar directo. (45)

Una vez revisados algunos de los estudios relacionados con las características del MTA procedemos a compararlo con otros materiales usados para el mismo fin.

En el caso de amalgama, éste es un material ampliamente utilizado en odontología restauradora, pero también destacó en la reparación de perforaciones asociada a una matriz de base. En este último caso su uso se ha limitado en los últimos años, debido descubrimiento de su toxicidad por mercurio, fugas marginales, expansión retardada y generación de tinciones. En el estudio de Algarhy se pone de manifiesto que el MTA solventa todos los problemas derivados del uso de la amalgama como material reparador de perforaciones y además destaca que aporta un mejor sellado, produciendo menos microinfiltraciones. (46)

Estudios comparativos de Torabinejad sobre materiales de retroobtención refieren que los tejidos perapicales muestran mayor inflamación y menor tejido fibroso adyacente con la amalgama que con el MTA. (45)

El cemento Portland y el MTA tienen una composición muy similar. El 75% de su composición química es la misma. Al comparar la capacidad de sellado de ambos materiales, se comprobó que el MTA presentaba menos microfugas debido al mayor tamaño de las partículas del cemento Portland y también a que la rápida pérdida de agua y la deshidratación en éste dificultaban la condensación del material en la práctica. Por lo tanto, el elevado tamaño de las partículas cemento Portland hace que existan espacios entre el margen del diente y el material de restauración a través de los cuales se producen microfugas. (46)

El estudio realizado por Singh P. compara la capacidad de sellado del MTA, el cemento de fosfato cálcico y el cemento de ionómero de vidrio. Los resultados demostraron que el material que proporcionaba un sellado más eficaz era el MTA, seguido del cemento de fosfato cálcico y por último del cemento del ionómero de vidrio. El hecho de que el MTA presentase una mejor capacidad de sellado en comparación con estos dos materiales, se justifica por su capacidad hidrofílica y su mínima expansión.(47)

Un estudio comparativo acerca de la filtración marginal en retrobturación indica que el MTA presenta una mejor adaptación a la dentina que la amalgama, el Super EBA y el IRM.(48)

Torabinejad y Lee demuestran que el MTA presenta menor filtración que la amalgama y al IRM cuando son utilizados en reparación de perforaciones laterales radiculares. (35)

Los avances en la tecnología bio-cerámica han supuesto una mejora en la ciencia de los materiales endodónticos. Las biocerámicas han entrado en la práctica clínica como alternativa al MTA para intentar solventar los defectos de este material.

Estos materiales dentales combinan una excelente biocompatibilidad con alta osteoconductividad, lo que los hace ideales para tratamientos endodónticos. Estos nuevos biomateriales son: Biodentine, Bioaggregate, EndoSecuence y CEM.

Biodentine es un biomaterial que proporciona excelentes resultados. Tiene, al igual que el CEM, un tiempo de fraguado inferior al MTA (fraguado inicial de 6 minutos y final de 10-12 minutos) y unas mejores propiedades mecánicas y de manejo. Además produce menos decoloración marginal y es más biocompatible.(49)

Biodentine también presenta mejores propiedades que el MTA en cuanto a regeneración ósea, como se demuestra en un estudio realizado por Han, debido a que produce mayor liberación de iones de calcio(50). Además, este material establece una unión a la dentina radicular significativamente mejor que el MTA, según los estudios de Guneser(32).

Bioaggregate es un novedoso material biocerámico, el cual se considera como una versión modificada del MTA (51). Este material es el primer cemento de nanopartículas introducido en la reparación de perforaciones que tiene una biocompatibilidad y capacidad de sellado comparable con el MTA (52). En un estudio Hashem concluyó que el MTA está más influenciado por el pH ácido que el Bioaggregate cuando se usa como material de reparación de perforaciones(53). Bayram también informo que el Bioaggregate (BA) mostró mejores resultados en la reparación de perforaciones y mayor biocompatibilidad que el MTA (54).

Aunque una de las ventajas mencionadas de Bioaggregate es su estabilidad en cuanto al color, en un estudio realizado por Keskin se demostró que, en contacto con hipoclorito de sodio o digluconato de clorhexidina, tanto Bioaggregate como Biodentine producen una decoloración clínicamente perceptible, aunque en menor grado que el MTA. (55)

Endosequence es un material recientemente introducido para la resolución de algunos problemas endodónticos, tiene muchas propiedades comunes con el MTA pero tiene la ventaja de que fragua más rápido y permite un manejo más fácil.(56)

La estabilidad dimensional de Endosequence es excepcional, ya que no se contrae durante el fraguado, además de presentar buena compatibilidad con los tejidos y escasa citotoxicidad. En un estudio realizado por Jeevani, Endosequence mostró una mejor capacidad de sellado, en comparación con MTA como material de reparación de perforaciones (31). En cuanto a los valores de dureza, estos se ven reducidos en un ambiente ácido, ya que su estructura se vuelve más porosa y menos cristalina, a diferencia del MTA, que parece estar menos afectado por ambientes ácidos. Debido a este motivo, se recomienda el uso de MTA en áreas inflamadas, donde puede existir un valor de pH ácido más elevado(57).

Según las afirmaciones del fabricante, EndoSequence supera las deficiencias del MTA, incluyendo la posible decoloración de los dientes. Esto fue corroborado por Kohli en su estudio in vitro, en el que se observaba que EndoSequence causa significativamente menos decoloración comparada con MTA.(58)

En relación al CEM, este material induce a la formación de puentes de dentina de forma comparable al MTA y superior al hidróxido de calcio(59). Haghgoo realizó un estudio en el que comparaba la capacidad de sellado del MTA con el CEM, los cuales fueron empleados como material de reparación de perforación en molares primarios y no encontraron diferencias significativas entre ambos(60). Sahebi también realizó un estudio al respecto y encontró más microinfiltraciones en el MTA en comparación con el CEM(61).

Sin embargo Ramazani N. y Sadeghi P. no encontraron diferencias en la capacidad de sellado entre el MTA y el CEM. Esta discrepancia se puede deber a las diferencias en la metodología de los estudios.(62)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los estudios revisados acerca del CEM, en los que se demuestra que no hay grandes diferencias con el MTA en la capacidad de sellado, se puede considerar al CEM como posible alternativa del MTA, ya que, junto con sus características de sellado también debemos de considerar su corto tiempo de fraguado (inferior a una hora, mientras que en el MTA es de cuatro horas aproximadamente), mejor manejo, coste inferior y ausencia de formación de manchas.

6) CONCLUSIONES.

Una vez analizada minuciosamente la literatura contenida en los artículos seleccionados para elaborar esta revisión bibliográfica, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- El MTA es un material ampliamente utilizado en el tratamiento de las perforaciones radiculares, debido a que presenta unas excelentes características para este fin, como pueden ser la biocompatibilidad, la alta capacidad de sellado, la radiopacidad, la condición de material hidrofílico y el potencial de inducción de cementogénesis y osteogénesis.
- A pesar de las buenas propiedades del MTA, algunos autores también informan de que posee algunas deficiencias, como su dificultad de manejo, alto coste, tiempos de fraguado prolongados o la generación de decoloración prospectiva.
- Para intentar solventar estos problemas, se ha desarrollado una nueva generación de materiales biocerámicos: Bioaggregate, Biodentine, Endosequence y CEM.
- Tras revisar los artículos que comparan estos materiales con el MTA, podemos concluir que se pueden considerar como alternativas a éste, ya que también ofrecen unas excelentes propiedades para la reparación de las perforaciones radiculares y mejoran algunas de las características del MTA.

7) BIBLIOGRAFÍA.

1. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 10(1):144–7.
2. Akbar I. Radiographic study of the problems and failures of endodontic treatment. *Int J Health Sci (Qassim).* 2015 Apr;9(2):111–8.
3. Iqbal A. The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *J Clin Diagn Res.* 2016 May;10(5):ZC146-8.
4. Frank RJ. Percances endodónticos: Su detección, corrección y prevención. In: *Endodoncia.* México: McGraw-Hill; 2005. p. 781–806.
5. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Dec;12(6):255–64.
6. Robert S. Roda y Bradley H. Cohen, Vías de la pulpa : décima edición. In: *Cohen Vías de la pulpa.* Barcelona: Elsevier; 2011. p. 890–959.
7. Gutmann JL, Lovdahl PE. Solución de problemas en endodoncia : Prevención, identificación y tratamiento. Barcelona: Elsevier,; 2012. 497 p.
8. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Cirugía perirradicular. In: *Cohen Vías de la pulpa.* 10th ed. Barcelona: Elsevier; 2011. p. 720–76.
9. Steven G. Morrow Richard A. Cirugía endodóntica. In: *Endodoncia.* México: McGraw-Hill; 2005. p. 681–757.
10. Robert S. Roda y Bradley H. Retratamiento no quirúrgico. In: *Cohen Vías de la pulpa.* Barcelona: Elsevier; 2011. p. 890–952.
11. Tobón Diego, Amparo Dalia FS. Obturación De Sistemas Radiculares.Pdf. *Revista CES Odontología.* 2001;
12. Anusavice KJ, Phillip RW. *Phillips: Ciencia de los materiales dentales.* 11th ed. Madrid: Elsevier,; 2004. 854 p.
13. Kakani AK, Veeramachaneni C, Majeti C, Tummala M, Khiyani L. A Review on Perforation Repair Materials. *J Clin Diagn Res.* 2015 Sep;9(9):ZE09-13.
14. Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dent Clin North Am.* 1992 Apr;36(2):439–57.
15. Bahn SL. Plaster: a bone substitute. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1966 May;21(5):672–81.
16. Jantarat J, Dashper SG, Messer HH. Effect of matrix placement on furcation perforation repair. *J Endod.* 1999 Mar;25(3):192–6.

17. I. Ingle y W. Newton. Obturación del espacio radicular. In: Endodoncia. México: McGraw-Hill; 2005. p. 581–680.
18. Bramante CM, Berbert A. Root perforations dressed with calcium hydroxide or zinc oxide and eugenol. *J Endod.* 1987 Aug;13(8):392–5.
19. Oynick J, Oynick T. Treatment of endodontic perforations. *J Endod.* 1985 Apr;11(4):191–2.
20. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M. Sealing ability of several restorative materials used for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1997 Oct;23(10):639–41.
21. N. Glickman y E walton. Endodoncia : principios y práctica. In: Endodoncia: Principios y Prácticas. 4th ed. Ámsterdam ; Barcelona: Elsevier; 2010. p. 298–321.
22. Zvi. Metzger BB y HG. Instrumentos, materiales y dispositivos. In: Cohen Vías de la pulpa. 10th ed. Barcelona: Elsevier; 2011. p. 223–82.
23. De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J.* 1994 Sep;27(5):239–44.
24. Himel VT, Alhadainy HA. Effect of dentin preparation and acid etching on the sealing ability of glass ionomer and composite resin when used to repair furcation perforations over plaster of Paris barriers. *J Endod.* 1995 Mar;21(3):142–5.
25. Hartwell GR, England MC. Healing of furcation perforations in primate teeth after repair with decalcified freeze-dried bone: a longitudinal study. *J Endod.* 1993 Jul;19(7):357–61.
26. Chau JY, Hutter JW, Mork TO, Nicoll BK. An in vitro study of furcation perforation repair using calcium phosphate cement. *J Endod.* 1997 Sep;23(9):588–92.
27. Himel VT, Brady J, Weir J. Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide. *J Endod.* 1985 Apr;11(4):161–5.
28. Roane JB, Benenati FW. Successful management of a perforated mandibular molar using amalgam and hydroxylapatite. *J Endod.* 1987 Aug;13(8):400–4.
29. 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 Feb;38(2):245–9.
30. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *J Endod.* 2011 Mar;37(3):372–5.
31. 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 Jul;17(4):340–3.
32. Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):380–4.
33. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1081–7.

34. Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod.* 2000 May;26(5):288–91.
35. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993 Nov;19(11):541–4.
36. Ghoddsi J, Forghani M, Parisay I. New approaches in vital pulp therapy in permanent teeth. *Iran Endod J.* 2013;9(1):15–22.
37. Baroudi K, Samir S. Sealing Ability of MTA Used in Perforation Repair of Permanent Teeth; Literature Review. *Open Dent J.* 2016;10:278–86.
38. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):16–27.
39. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):190–202.
40. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod.* 2010 Mar;36(3):400–13.
41. Arens DE, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996 Jul;82(1):84–8.
42. Emmanuel da Silva, Daniel Morante ES-J. Repair of iatrogenic perforation with MTA under operating microscope. *Int J Dent Clin.* 2012;4(1):18–21.
43. Upadhyay. Y. Mineral Trioxide Aggregate Repair of Perforated Internal Resorption : A Case Report. *J Oral Heal Community Dent.* 2012;6(September):149–50.
44. Nunes E, Silveira FF, Soares JA, Duarte MAH, Soares SMCS. Treatment of perforating internal root resorption with MTA: a case report. *J Oral Sci.* 2012 Mar;54(1):127–31.
45. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod.* 1995 Dec;21(12):603–8.
46. Ahangari Z, Karami M. Evaluation of the Sealing Ability of Amalgam, MTA, Portland Cement and Coltozol in the Repair of Furcal Perforations. *Iran Endod J.* 2006;1(2):60–4.
47. Singh P, Paul J, Al-Khuraif AA, Vellappally S, Halawany HS, Hashim M, et al. Sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium phosphate cement, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Acta medica (Hradec Kral.* 2013;56(3):97–103.
48. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995 Jun;21(6):295–9.
49. Escobar-García DM, Aguirre-López E, Méndez-González V, Pozos-Guillén A. Cytotoxicity and Initial Biocompatibility of Endodontic Biomaterials (MTA and Biodentine™) Used as Root-End Filling Materials. *Biomed Res Int.* 2016;2016:7926961.
50. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J.* 2013 Sep;46(9):808–14.

51. Park J-W, Hong S-H, Kim J-H, Lee S-J, Shin S-J. X-Ray diffraction analysis of white ProRoot MTA and Diadent BioAggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Jan;109(1):155–8.
52. Zhang H, Pappen FG, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *J Endod.* 2009 Feb;35(2):221–4.
53. Alsubait SA, Hashem Q, AlHargan N, AlMohimeed K, Alkahtani A. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, bioaggregate and biodentine. *J Contemp Dent Pract.* 2014 May 1;15(3):336–40.
54. Bayram HM, Saklar F, Bayram E, Orucoglu H, Bozkurt A. Determination of the Apical Sealing Abilities of Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement, and Bioaggregate After Irrigation with Different Solutions. *J Int oral Heal JIOH.* 2015 Jun;7(6):13–7.
55. Keskin C, Demiryurek EO, Ozyurek T. Color stabilities of calcium silicate-based materials in contact with different irrigation solutions. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):409–11.
56. Charland T, Hartwell GR, Hirschberg C, Patel R. An evaluation of setting time of mineral trioxide aggregate and EndoSequence root repair material in the presence of human blood and minimal essential media. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):1071–2.
57. Wang Z, Ma J, Shen Y, Haapasalo M. Acidic pH weakens the microhardness and microstructure of three tricalcium silicate materials. *Int Endod J.* 2015 Apr;48(4):323–32.
58. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. *J Endod.* 2015 Nov;41(11):1862–6.
59. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghanavati F, Rahimi H. A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Oct;106(4):609–14.
60. Haghgoo R, Niyakan M, Nazari Moghaddam K, Asgary S, Mostafaloo N. An In vitro Comparison of Furcal Perforation Repaired with Pro-root MTA and New Endodontic Cement in Primary Molar Teeth- A Microleakage Study. *J Dent (Shiraz, Iran).* 2014 Mar;15(1):28–32.
61. Sahebi S, Moazami F, Sadat Shojaee N, Layeghneghad M. Comparison of MTA and CEM Cement Microleakage in Repairing Furcal Perforation, an In Vitro Study. *J Dent (Shiraz, Iran).* 2013 Mar;14(1):31–6.
62. 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.