



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO DE ODONTOLOGÍA

**RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO
EN PULPA DE DIENTES PERMANENTES
EXPUESTA POR CARIES**

MANUEL CRUZ TEJERO

Sevilla, 2017



Universidad de Sevilla

Departamento de Estomatología



Facultad de Odontología

de Sevilla

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

CERTIFICA:

Que el estudiante del Grado en Odontología **D. MANUEL CRUZ TEJERO** ha realizado bajo su tutela y dirección el trabajo titulado “**RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO EN PULPA DE DIENTES PERMANENTES EXPUESTA POR CARIES**”, 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.

Prof. Ignacio Barbero Navarro

Sevilla, 22 de mayo de 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Dr. Ignacio Barbero Navarro, cuyo apoyo, supervisión, total disponibilidad y paciencia, ha permitido que sea posible la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

A mi familia por ayudarme a crecer como persona y convertirme en lo que soy; mi padre, por recordarme siempre que todo esfuerzo tiene su recompensa y que debemos perseguir lo que queremos sin rendirnos; mi madre, por enseñarme a ser bondadoso y lo importante que es trabajar desde la humildad y la constancia; y mi hermana, por dar esa chispa de alegría y locura en mi casa que hace falta en la vida.

A Isabel Espinosa, por acompañarme durante estos años odontológicos, que ha sido mi hueso cortical, donde he encontrado un apoyo siempre y me ha ayudado a cumplir un sueño y empezar una nueva etapa de mi vida.

Y por último a mis compañeros de clase y de piso con los que he compartido grandes recuerdos y momentos de alegría. Espero que todas las personas en este mundo de la odontología sean tan grandes como ustedes, aquí tenéis a un compañero y, sobre todo, a un amigo más allá del final de esta etapa universitaria.

RESUMEN

Objetivo: Realizar un análisis bibliográfico acerca de la técnica de recubrimiento pulpar directo, comparando los distintos materiales y procedimientos clínicos utilizados en ella y su tasa de éxito.

Material y método: Se realizó una búsqueda de la literatura en PubMed. Los términos de búsqueda que usamos fue "Direct pulp capping AND Caries AND Permanent" y "Direct pulp capping AND Laser". Posteriormente hicimos una selección de artículos según los criterios de inclusión y exclusión establecidos, como resultado seleccionamos 8 artículos para la realización de la revisión sistemática.

Resultados: Estudiamos los distintos materiales y técnicas para el recubrimiento pulpar directo descritos en la literatura, observando un incremento en la tendencia del uso del MTA como material de recubrimiento y un creciente interés por la utilización del láser como nueva aportación. Además de las tasas de éxito a corto y largo plazo del tratamiento.

Conclusiones: El MTA como material de recubrimiento y posterior colocación de una restauración definitiva ofrece una mayor tasa de éxito a largo plazo. El láser nos ofrece una alternativa de futuro pero aún son necesarios más estudios para su confirmación.

ABSTRACT

Objetives: To carry out a bibliographic analysis on the technique of direct pulp capping, comparing the different materials and clinical procedures used in its and its success rate.

Material and method: We searched the literature in PubMed. The search terms we used were "Direct pulp capping AND Caries AND Permanent" and "Direct pulp capping AND Laser". Subsequently we made a selection of articles according to the inclusion and exclusion criteria established, as a result we selected 8 articles to carry out the systematic review.

Results: We studied the different materials and techniques for the direct pulp capping described in the literature, observing an increase in the tendency of the use of MTA as a capping material and a growing interest in the use of the laser as a new contribution. In addition to the short and long-term success rates of treatment.

Conclusions: The MTA as coating material and subsequent placement of a final restoration offers a higher rate of long-term success. The laser offers us an alternative of future but still more studies are necessary for its confirmation.

INDICE

	Nº PAG.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA	1
1.2. HISTOLOGIA PULPAR	1
1.3. FUNCIONES DE LA PULPA	2
1.4. RESPUESTA DE LA PULPA A LAS AGRESIONES	3
1.5. CAMBIOS BIOLÓGICOS DE LA PULPA ANTE AGENTES AGRESORES	4
1.6. ESTADOS DE LA PULPA	6
1.7. MATERIALES UTILIZADOS Y RESPUESTA PULPAR EN EL RPD	7
1.8. TÉCNICAS MÁS FRECUENTES EN RPD	9
1.9. SIGNOS CLÍNICOS PARA EL ÉXITO DE UN RPD	10
1.9.1. SIGNOS PREOPERATORIOS	
1.9.2. SIGNOS POSTOPERATORIOS	
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAL Y METODO	13
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSION	19
6. CONCLUSIONES	24
7. BIBLIOGRAFIA	25

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PERSPECTIVA HISTORICA

El recubrimiento pulpar directo es un tratamiento alternativo a la pulpectomía que depende, entre otros aspectos, de la capacidad que tiene la pulpa para regenerarse. En 1756 Philipp Pfaff, describe la primera técnica para tratar la pulpa dental expuesta usando láminas de oro. Hasta finales del siglo XIX, se utilizaron materiales con el objetivo de tratar la pulpa con cauterización para provocar cicatrización y regeneración del tejido pulpar. En ese momento de la historia, muchas de las decisiones erróneas de tratamiento eran debidas a diagnósticos mal planteados, por ello, incluso se cubrieron pulpas necróticas. Basado en que los microorganismos eran, como agentes citotóxicos, los causantes de la inflamación pulpar, se empezaron a emplear agentes desinfectantes en el tratamiento. Dätwyler, en 1921, realizó el primer estudio científico donde comparaba diferentes materiales de recubrimiento pulpar, observando que el óxido de zinc-eugenol mostraba los mejores resultados. Un año más tarde, Rebel realizó experimentos en animales utilizando distintos materiales y los resultados fueron funestos, por lo que consideró la pulpa como un órgano condenado e insalvable. En 1920, Hermann introdujo el hidróxido de calcio como biomaterial para la obturación de los conductos radiculares y entre 1928 y 1930 estudió cómo reacciona el tejido pulpar al hidróxido de calcio para demostrar que es un material biocompatible. Desde entonces, fueron muchos los autores que defendían el uso del hidróxido de calcio como material para el recubrimiento pulpar directo, pero hasta mediados del siglo XX no se considero como el material de referencia para el recubrimiento de la pulpa (1). En los últimos tiempos, el uso del MTA como material de recubrimiento pulpar ha hecho disminuir la relevancia del hidróxido de calcio como el material de elección debido a su mejor sellado y a la inducción de la formación de un puente dentinario de mayor calidad.

1.2. HISTOLOGIA PULPAR

Cuando hablamos de recubrimiento pulpar es obligatorio conocer los aspectos más importantes acerca de la histología pulpar. Se trata de un tejido conectivo laxo, donde según Correa y siguiendo una clasificación generalizada se distinguen cuatro zonas(2):

- **Zona odontoblástica:** Es la zona más externa, justo debajo de la predentina, en ella se pueden encontrar los cuerpos o somas celulares de los odontoblastos, cuyas proyecciones se encuentran en el interior de los túbulos dentinarios. Su función es la dentinogénesis fisiológica, que produce la dentina primaria y posteriormente la secundaria durante la vida del diente.
- **Zona basal de Weil:** Se encuentra bajo la capa odontoblástica. Es una zona de escaso contenido celular. Posee gran cantidad de capilares sanguíneos, fibras nerviosas amielínicas y procesos citoplasmáticos de los fibroblastos.
- **Zona celular:** Se trata de una zona rica en células, tales como células mesenquimatosas. Al ser también una capa que contiene fibroblastos, estos permanecen en un estado de indiferenciación relativa en comparación con los fibroblastos de otros tejidos conjuntivos.
- **Zona central:** La masa central de la pulpa, posee vasos y fibras nerviosas. Las células de esta capa son la mayoría fibroblastos sumergidas en una red de fibras de colágeno y embebidas en sustancia fundamental amorfa. Además de células de defensa, como macrófagos y linfocitos, y células mesenquimales.

1.3. FUNCIONES DE LA PULPA

Entre las funciones atribuidas a la pulpa, destacan:

- **Inductora:** Durante los estadios de la formación de dentina y mediante la liberación de sustancias se induce a la formación de esmalte.
- **Formativa:** La formación de dentina es la función principal de la pulpa. Produce distintos tipos de dentina como son la primaria, secundaria y terciaria, lo cual, es llevado a cabo por los odontoblastos.
- **Nutritiva:** A través de los vasos sanguíneos y de las células odontoblásticas, la pulpa hace llegar nutrientes a la dentina y a través de estos regula la homeostasis dental.
- **Sensitiva:** La pulpa responde ante los estímulos generalmente de forma dolorosa. Cuando se expone a un estímulo, gracias a los nervios sensitivos, puede responder con un dolor agudo y de corta duración (dolor dentinario) o bien un dolor sordo, pulsátil y prolongado en el tiempo (dolor pulpar).
- **Defensiva o reparadora:** Ante las agresiones, el tejido pulpar puede formar dentina debido a su notable capacidad reparadora. Puede elaborar dos tipos de dentina

reparativa, secundaria (formación de dentina peritubular que dificulta el acceso de microorganismos a la pulpa) y terciaria (como respuesta a estímulos irritantes como biológicos, físicos o químicos).

1.4. RESPUESTA DE LA PULPA A LAS AGRESIONES

El cuerpo humano, frente a un agente agresor, reacciona con una inflamación local. La reacción inicial, es una secuencia de alteraciones fisiológicas y morfológicas. Son los factores del organismo los que frente al agresor modifican la extensión y las alteraciones tisulares.

La pulpa esta en un espacio cerrado, delimitada por la dentina y esmalte, es por ello un espacio parcialmente cerrado e inextensible, con escasa resistencia al edema, estando la vascularización pulpar restringida.

La reacción de la pulpa frente a la agresión, se inicia formando dentina reparadora que secretan las células mesenquimales diferenciadas en odontoblastos. La calidad y grosor de la dentina dependerá de la progresión de la lesión, si ésta es rápida, más irregular y escasa será la dentina y más expuesta estará ésta a los estímulos externos. Si los estímulos continúan, se puede generar una dilatación vascular, apareciendo células inflamatorias y provocándose una pulpitis crónica parcial; finalmente, se agudiza y degenera en pulpitis crónica total con posible necrosis.

La pulpa dental, tiene la habilidad de formar dentina terciaria. Cada vez que el complejo dentina-pulpa está afectado por una lesión, tres condiciones fisiopatológicas diferentes pueden ser observados en la frontera dentinopulpar:

1. En el caso de lesiones leves como en caries de esmalte cavitadas o que progresa lentamente en dentina, los odontoblastos podrían sobrevivir, y la capa de odontoblastos se estimulan para formar una matriz de dentina terciaria debajo de la lesión, sería la dentina reactiva, que es muy similar a la dentina primaria y secundaria, de característica tubular y puede oponerse eficazmente a estímulos exógenos destructivos para proteger la pulpa.

2. Con las lesiones de la dentina graves sin exposición pulpar como un rápido avance de las lesiones de caries o daños graves en los tejidos causados por la preparación de la cavidad, los odontoblastos subyacentes a la dentina afectada se destruyen. En las condiciones metabólicas adecuadas, el complejo dentinopulpar, puede generar nuevos odontoblastos que podrían diferenciarse y formar dentina terciaria tubular, es la dentinogénesis reparativa.

Hay que destacar que, en buenas condiciones, la matriz formada en la superficie de la pulpa-dentina a menudo comprende la dentina reaccionaria, dentina reparadora, o la formación de fibrodentina. Es complicado distinguir estos procesos *in vivo*, y los mismos también podrían ser difíciles de identificar desde el punto de vista bioquímico y molecular.

3. En caso de exposición pulpar, la pulpa parcialmente amputada difícilmente puede recuperarse por sí misma, mientras que con la aplicación de materiales de recubrimiento es más fácil su restauración. La exposición pulpar causada por caries muestra un potencial muy limitado para la recuperación de la pulpa como resultado de la infección bacteriana durante un período sustancial de tiempo, que compromete la reacción de defensa. La proliferación, migración y diferenciación de las células progenitoras pueden dar lugar a una nueva generación de células formadoras de dentina reparativa, pero de característica atubular, estas células se denominan odontoblast like-cells, reconstituyendo la unión dentinopulpar.

1.5. CAMBIOS BIOLÓGICOS DE LA PULPA ANTE AGENTES AGRESORES

Cuando el diente es agredido y los factores agresores llegan a la pulpa, en esta ocurre un proceso inflamatorio denominado pulpitis, teniendo lugar una respuesta de los tejidos inmunocompetentes de la pulpa que resulta en la liberación de mediadores, que a su vez desencadenan una serie de procesos inflamatorios en su intento de iniciar la reparación. Durante este proceso se pueden observar distintas moléculas quimiotácticas inducidas por TLR (es decir, IL-8, CXCL-10, familia MIP, GRO, familia MCP, RANTES, Eotaxin, IP10 y otros).

Los receptores TLR se encuentran tanto en células inmunes como no inmunes en la pulpa y reconocen las estructuras víricas y microbianas, así como moléculas propias que puedan acumularse en cantidades no fisiológicas durante la inflamación(3).

Bajo condiciones normales muy pocas células inmunes se encuentran en la pulpa(4). Gracias a la permeabilidad de la dentina a los productos bacterianos solubles, se puede llevar a cabo una respuesta sin ser necesaria la exposición pulpar a la caries. Estos productos bacterianos solubles, junto con los componentes del sistema del complemento y los productos de la vía de la lipoxigenasa del metabolismo del ácido araquidónico son quimiotácticos para los leucocitos.

El aumento exponencial en el número de leucocitos infiltrantes trae consigo un aumento correspondiente en las enzimas lisosómicas que causan daño tisular. Las proteasas como elastasa y MMPs escinden elastina y proteoglicanos que destruyen el tejido pulpar, resultando en daño irreversible(5,6). Además, el pico que acompaña a mediadores inflamatorios como PGE₂, cAMP, COX-2, CGRP, neuroquininas y otros estimulan la vasodilatación y la permeabilidad microvascular al unirse a sus respectivos receptores (es decir, receptor EP₂ / 3 para PGE₂) e inducir reordenación o contracción citoesquelética vascular del músculo liso(7).

Igualmente importante es la acción de neuropéptidos que residen típicamente en terminaciones de nervio aferente cercano a los vasos sanguíneos, pero también asociado con macrófagos y odontoblastos. Como respuesta a los estímulos, se ha demostrado el brote nervioso aferente y con ello un aumento de la concentración de neuropéptidos(8), que puede causar dolor espontáneo, alodinia o hiperalgesia en los dientes con pulpitis.

Simultáneamente a los efectos destructivos de la infiltración leucocitaria está la capacidad de estas células para inducir la reparación mediante la liberación de VEGF, TGF-β, GM-CSF y otros factores que inducen la migración o proliferación células endoteliales e inhibición del crecimiento vascular con formación de capilares diferenciados(9). Además, también se puede apreciar que durante la inflamación pulpar, también entran en juego los efectos antiinflamatorios de diversos mediadores tales como inhibidores tisulares de proteinasas de matriz (TIMPs), siRNA y otros(10,11).

La transición de la pulpitis reversible a la irreversible ha sido ampliamente caracterizada por una migración de células dendríticas hacia los odontoblastos y la acumulación de células inmunitarias(12). Sin embargo, muchos estudios demuestran diferencias estadísticamente significativas entre una pulpa inflamada sana o irreversiblemente diagnosticada clínicamente a nivel molecular.

Varios biomarcadores que son producidos por componentes celulares de la pulpa dental pueden proporcionar una instantánea de los mecanismos biológicos que propulsan este tejido inmunocompetente hacia curación o necrosis. El desequilibrio entre las moléculas destructivas de tejidos como las proteasas y las moléculas inductoras de tejidos como VEGF puede servir como una herramienta diagnóstica o pronóstica para la intervención endodóntica.

1.6. ESTADOS DE LA PULPA

Según la American Association of Endodontists, los diferentes estados de la pulpa se pueden clasificar de la siguiente forma(13):

- Normal: Es un diagnóstico clínico en el cual la pulpa es totalmente asintomática y tiene una respuesta normal a las pruebas de vitalidad.
- Pulpitis reversible: Es un diagnóstico clínico basado en los signos y síntomas, los cuales indican que la inflamación debería remitir y la pulpa volver a su estado normal.
- Pulpitis irreversible sintomática: Es un diagnóstico clínico basado en signos y síntomas los cuales indican que la pulpa esta inflamada y no es capaz de volver a su estado de salud normal. Síntomas: dolor térmico persistente, dolor espontaneo y dolor referido.
- Pulpitis irreversible asintomática: Es un diagnóstico clínico basado en signos y síntomas los cuales indican que la pulpa esta inflamada y no es capaz de volver a su estado de salud normal. Síntomas: sin síntomas clínicos, inflamación producida por caries, excavación de caries y trauma.
- Necrosis pulpar: Es un diagnóstico clínico que indica la muerte de la pulpa dental. La pulpa no responde a las pruebas de vitalidad.

El estado normal y la pulpa necrótica están muy diferenciados y son fáciles de diagnosticar, el problema reside en diferenciar los estados de la pulpitis reversible e irreversible. En base a los informes histológicos, la pulpitis reversible se caracteriza por la ausencia de bacterias y por la necrosis localizada de coagulación y licuefacción que rodea inmediatamente al irritante, mientras que la pulpitis irreversible se caracteriza por la presencia de las bacterias o sus subproductos en la pulpa dental y por el gran aumento de células inflamatorias agudas predominantemente neutrófilos en el tejido por debajo de la lesión sugiriendo actividad quimiotáctica. Las enzimas lisosómicas descargadas por los neutrófilos dan como resultado un daño tisular generalizado y una supuración.

La principal diferencia clínica entre pulpitis reversible e irreversible está en la respuesta de la pulpa al estímulo térmico. La pulpitis reversible presenta una respuesta exagerada pero no persistente al estímulo frío. Por otra parte, la pulpitis irreversible se caracteriza por un dolor espontáneo constante con una respuesta exagerada y prolongada al estímulo frío. Sin embargo, el cuarenta por ciento de los dientes con pulpitis irreversible puede ser indoloro. En la pulpitis reversible, se espera que la pulpa

se recupere tras la eliminación del estímulo causal. Por el contrario, si la pulpa está irreversiblemente inflamada, no se espera curación y se indica pulpectomía.

1.7. MATERIALES UTILIZADOS Y RESPUESTA PULPAR EN EL RPD

Tradicionalmente el hidróxido de calcio ha sido seleccionado como el material de elección para el recubrimiento pulpar directo, aunque en los últimos años el MTA se está imponiendo entre los facultativos como el material elegido para dicho tratamiento, ya que además de las ventajas del hidróxido de calcio ofrece mejores resultados en dientes permanentes y añade mejores propiedades, las cuales desarrollaremos. Además de estos dos materiales, se han utilizado a lo largo del tiempo gran variedad de materiales para el recubrimiento pulpar directo como antibióticos o corticosteroides, sulfato de calcio, biodentina, moléculas bioactivas, cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, biocerámicas, óxido de zinc-eugenol y formocresol.

El hidróxido de calcio ha sido ampliamente aceptado desde 1920 como el material para el recubrimiento pulpar debido a sus propiedades como biocompatibilidad, protección de la pulpa a estímulos térmicos y eléctricos y su pH alcalino que le proporciona potencial antibacteriano e induce la neoformación de tejido mineralizado. Por otra parte, tiene varias limitaciones observadas en diversos estudios, como son, la presencia de túneles en la formación del puente dentinario, extensa formación de dentina obliterando la cámara pulpar, alta solubilidad a los fluidos orales, baja adhesión, sellado deficiente y degradación después del grabado ácido. El uso de este material se ha reducido debido a estas limitaciones y a que el pronóstico del tratamiento era realmente inexacto por la gran variedad de porcentaje de éxito que ofrecían los diferentes estudios, donde este porcentaje oscilaba entre el 13% y el 97,8%, y cuanto mayor era el tiempo de seguimiento más disminuía la probabilidad de éxito, posiblemente debido a las filtraciones que se producían provocadas por el sellado deficiente y la solubilidad del hidróxido de calcio unido a los túneles en la formación del puente dentinario.

El formocresol es otro material que también se ha usado para el recubrimiento pulpar directo hallándose incluso artículos que apoyan unos mejores resultados que los obtenidos con hidróxido de calcio, el inconveniente, y por lo cual no se usa, es que posiblemente el formocresol sea un material carcinogénico, mutagénico y citotóxico, con posibles efectos sistémicos también.(14)

El cemento de Ionómero de Vidrio fue desarrollado teniendo como base los beneficios de los fluoruros y la baja alteración dimensional proporcionada por los cementos de silicato, así como la adhesividad a la estructura dentaria del cemento de poliacrilato. Debido a su capacidad de neoformación ósea viene siendo clasificado como material "bioactivo"(15). Aunque constituye una opción más importante para el recubrimiento pulpar indirecto por ser naturalmente bactericidas y menos agresivos biológicamente.

La biodentina es un cemento bioactivo basado en silicato cálcico, utilizado como sustituto de la dentina. Tiene un efecto positivo en las células pulpares vitales y estimula la formación de puentes dentinarios(16). Produce un buen sellado, reduce la sensibilidad postoperatoria y previene la microfiltración bacteriana(17). Son necesarios más estudios a largo plazo.

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) fue desarrollado a comienzos de la década de 1990 por Torabinejad y sus colaboradores de la Universidad de Loma Linda (California)(18), y se usa en la reparación de conductos radiculares y como material de recubrimiento pulpar. Tiene defectos tales como una difícil técnica para su manipulación, largo tiempo de fraguado, su alto coste y el gran potencial de decoloración que puede provocar en el diente, por ello, las casas comerciales produjeron una nueva fórmula de MTA blanco llamado MTA White, pero su tiempo de fraguado es significativamente mayor que el MTA convencional(19). Este material, posee la característica de tener un pH inicial de 10.2 e incrementarse en las primeras cinco horas hasta 12.5. Además, nos ofrece también ventajas como la formación de un puente dentinario mucho más homogéneo y de mayor grosor, mejor sellado sobre el tejido expuesto y por lo tanto mejor pronóstico a largo tiempo al evitar la filtración bacteriana. Adicionalmente, se ha descubierto que los iones inorgánicos liberados a partir de materiales basados en silicato cálcico afectan al comportamiento celular y la secreción proteínica osteogénica y angiogénica. A pesar de que se han publicado muchos estudios sobre las propiedades antibacterianas del MTA, sigue habiendo cierta controversia respecto a estos mecanismos. Aunque el MTA libera iones Ca y conduce a un microambiente alcalino con un valor de pH más alto, que puede suprimir el crecimiento bacteriano, también se ha demostrado que las partículas de silicato de calcio pueden permear a las bacterias con posibles consecuencias antibacterianas. Al contrario que el hidróxido de calcio que su pH decae tras su colocación, el MTA mantiene su alto pH alcalino durante un periodo de tiempo mayor.

El empleo de moléculas bioactivas es un campo perteneciente a la ingeniería tisular para el descubrimiento de nuevas estrategias de tratamiento de la pulpa vital. Las evidencias sugieren que, aun estando afectados por la progresión de la caries, los odontoblastos, a través del empleo de moléculas bioactivas, pueden ser neoformados, posibilitando, de esta manera, la formación de nueva dentina. Las moléculas bioactivas que se utilizarían serían del tipo BMPs (proteínas morfogénicas óseas) y OPs (proteínas osteogénicas). La aplicación de la BMP-7 (también conocida como OP-1) sobre exposiciones pulpares corresponde a una de las posibilidades para el futuro del tratamiento conservador de la pulpa. Tal proteína al ser aplicada a las exposiciones pulpares, induciría la neoformación de la dentina, semejante a lo que ocurre con el $\text{Ca}(\text{CH})_2$. La OP-1 ha sido asociada también con la formación de dentina reparadora al estar en contacto con una capa de dentina intacta, sin exposición pulpar(20). El estudio de la biología molecular podrá proporcionar excelentes resultados al tratamiento de la pulpa vital. Por otro lado, estudios adicionales son aún necesarios para garantizar la indicación de tratamientos con el uso de biomoléculas inductoras de reparación del complejo dentinopulpar.

1.8. TÉCNICAS MÁS FRECUENTES EN RPD

Para la realización de un recubrimiento pulpar directo, tradicionalmente se sigue un procedimiento ampliamente consensuado y aceptado en la literatura científica. Esta técnica convencional, realiza la eliminación de la caries bajo anestesia y aislamiento con dique de goma para mantener la zona aséptica. Si al eliminar la caries se produce una exposición pulpar y presenta hemorragia, mediante la realización de presión con una bola de algodón estéril ésta debería detenerse en menos de 3 minutos. Una vez preparada la exposición, colocamos sobre la zona un material de recubrimiento que estimule la regeneración de la pulpa y la creación de tejido mineralizado. Posteriormente se realiza la obturación de la cavidad.

La técnica mediante utilización del láser sigue el mismo procedimiento que la técnica convencional, solamente existe la variación de, una vez expuesta la pulpa y previamente a la colocación del material de recubrimiento, la exposición se irradia con láser. El laser ofrece múltiples ventajas, por un lado, conseguimos un efecto hemostático, y por otro lado, conseguimos un efecto de descontaminación gracias al efecto fototérmico del láser, que penetra a través de la hidroxiapatita y el agua alrededor del área expuesta. De esta forma, en exposiciones pulpares con caries, y en casos de

traumatismos con contaminación bacteriana, el láser nos aporta una ventaja respecto a los otros métodos. Además, se ha demostrado que también tiene un efecto bioestimulador que puede acelerar el crecimiento de fibroblastos y osteoblastos y estimular la proliferación, migración y citodiferenciación de células similares a odontoblastos para promover la formación de dentina reparadora en el tejido pulpar dañado. Entre los láseres que podemos utilizar encontramos el láser de diodo, láser CO₂, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG y Er:YAG.

1.9. SIGNOS CLINICOS INDICADORES DEL ÉXITO DEL RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO.

Para que el recubrimiento pulpar sea exitoso y tenga un buen pronóstico, deben cumplirse algunas condiciones tanto preoperatorias como postoperatorias.

1.9.1 Signos preoperatorios:

- Edad del paciente: La literatura refiere una mejor respuesta de la pulpa y mayor tasa de éxito en pacientes menores de 40 años debido a un mayor potencial de curación de la pulpa(21).
- Realizar el diagnostico preoperatorio de pulpa sana: La pulpa no debe presentar inflamación ni antecedentes de dolor espontaneo, debe ser una pulpa vital. Al realizar pruebas de vitalidad la respuesta debe desaparecer al retirar el estímulo y en el examen radiográfico se debe observar ausencia de lesión periapical.
- Tamaño de la exposición: El tamaño de la exposición no es una limitación para el éxito del recubrimiento pulpar directo. Algunos autores sugieren una ampliación de la exposición cuando sea muy pequeña para completar la limpieza, permitiendo también un mayor contacto del material reparador sobre el tejido pulpar. Sin embargo, la posibilidad de que una exposición grande se contamine con microorganismos y que se forme un gran coagulo de sangre sobre la pulpa, son factores que influyen negativamente en la cicatrización(22).
- Grado de sangrado: El grado de sangrado tiene relación con la tasa de éxito del tratamiento. Debe existir sangrado pero ha de ser escaso para que no interfiera en el sellado del material. Además el sangrado debe tener una coloración rojo claro.
- Control de la contaminación: Se recomienda que las lesiones de caries sean eliminadas completamente antes de producirse la exposición y debe realizarse bajo

aislamiento absoluto, debe lograrse un sellado hermético y permanente después de realizar el recubrimiento para evitar la recontaminación(23).

1.9.2 Signos postoperatorios:

- Realizar el diagnóstico postoperatorio de pulpa sana: Tras la realización del tratamiento debe haber ausencia de inflamación, de dolor espontáneo, a las pruebas de vitalidad la respuesta no debe permanecer al retirar el estímulo y al examen radiográfico no debe presentar imagen de lesión periapical.
- Formación del puente dentinario: La presencia del puente dentinario nos indicará que el material que hemos colocado sobre la pulpa expuesta ha inducido la formación de dentina reparativa, la cual protege la pulpa y la vitalidad de esta será prolongada en el tiempo, ya que el tejido pulpar si no está protegido, degenera y se produce atrofia. La formación de dicho puente la observaremos mediante la realización de una Rx.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo consiste en examinar la bibliografía atendiendo a los aspectos más relevantes relacionados con el recubrimiento pulpar directo por caries en dientes permanentes, en base a esto, los objetivos específicos de esta revisión bibliográfica son los siguientes:

1. Exponer en función a la bibliografía considerada, los aspectos histológicos y fisiológicos de la pulpa, su mecanismo de acción y respuesta ante la caries como principal agente agresor.
2. Analizar en la literatura, en cuanto a materiales y/o técnicas empleados, el tratamiento conservador de la pulpa expuesta por caries en dientes permanentes.
3. Identificar los aspectos relevantes indicadores del éxito del recubrimiento pulpar directo.

3. MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una búsqueda exhaustiva en la base de datos Medline-Pubmed para identificar los artículos que relacionan los materiales y las técnicas para la realización del recubrimiento pulpar directo. Se utilizó la base de datos MesH de Pubmed para la determinación de las palabras clave: direct pulp capping, carious, permanent, laser.

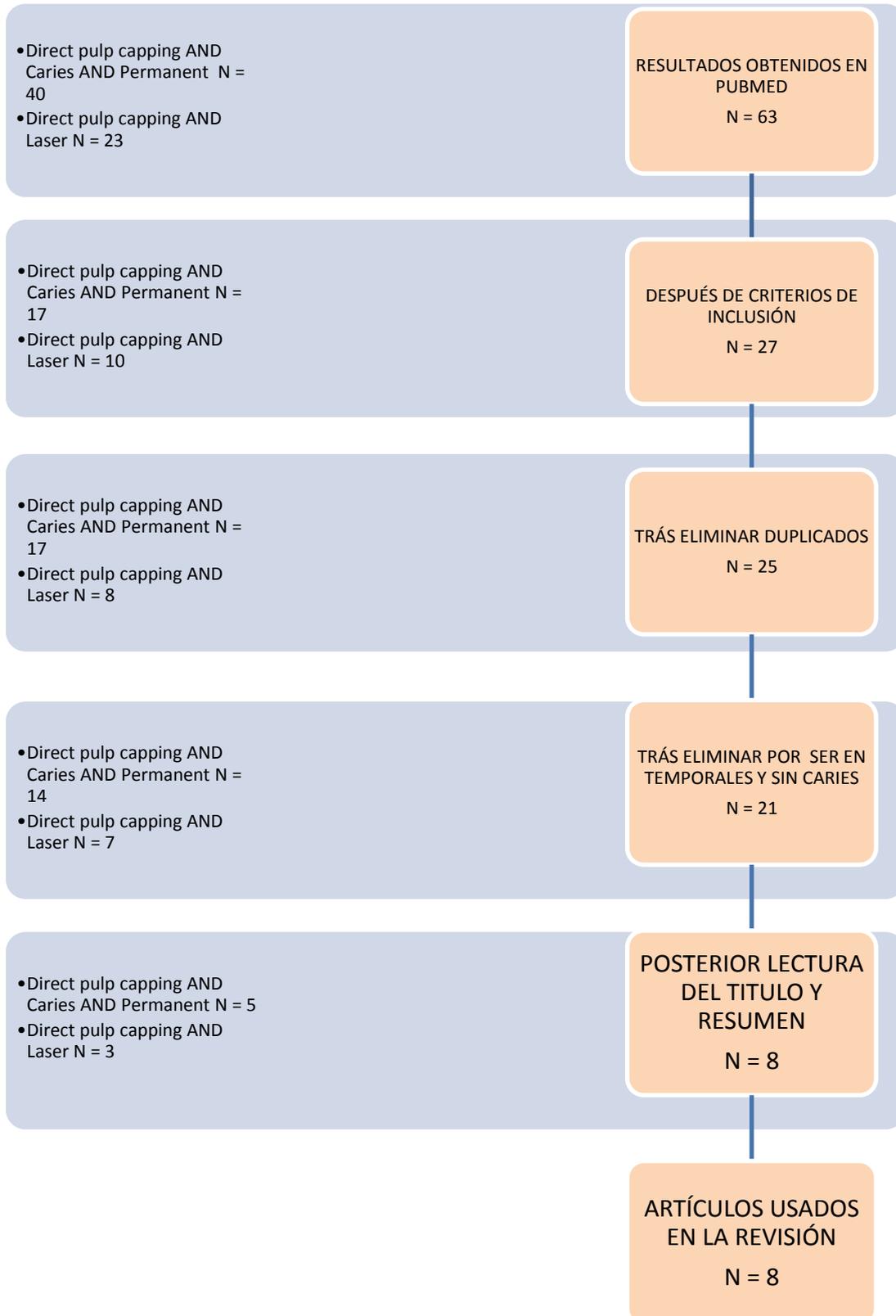
Se realizaron dos estrategias de búsqueda: Direct pulp capping AND Caries AND Permanent; Direct pulp capping AND Laser.

Para llevar a cabo la revisión sistemática establecimos los criterios de inclusión que mostraran artículos en inglés y publicados en los últimos 5 años. Si bien se han utilizado artículos de fechas anteriores y de estudios distintos en humanos con el objetivo de introducir el tema a tratar.

Por otro lado, establecimos unos criterios de exclusión relacionados con artículos no realizados en humanos, en un idioma distinto al inglés, con más de 5 años de antigüedad, realizados en dientes temporales y en dientes sin caries.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Artículos publicados en los últimos 5 años	Artículos publicados hace más de 5 años
Textos en inglés	Textos en idioma diferente al inglés
Dientes permanentes	Dientes temporales
Dientes cariados	Dientes no cariados

Esta búsqueda arrojó 63 artículos relacionados con los criterios de búsqueda, de los cuales, tras aplicar los criterios de inclusión quedaron 27 artículos. De estos, aplicando los criterios de exclusión eliminamos 19, por realizarse en dientes temporales (3), por no presentar caries (1), posterior lectura de títulos y resúmenes (13) y duplicados (2). Por lo que finalmente se usaron 8 artículos para esta revisión bibliográfica.



4. RESULTADOS

AUTOR Y AÑO	TÍTULO COMPLETO	MATERIAL Y MÉTODO	CONCLUSIONES
Yang Deng, MS <i>et al.</i> 2016	Laser use in direct pulp capping: A meta-analysis.	Los autores completaron una búsqueda bibliográfica en PubMed, Cochrane Library, Embase y China National Knowledge Infrastructure, así como una búsqueda manual de las listas de referencias de todos los artículos identificados desde la introducción de los láseres en endodoncia en 1971 hasta el 30 de mayo de 2016. Los autores evaluaron sistemáticamente los estudios que cumplieron los criterios de inclusión y realizaron un metanálisis.	Sobre la base de la evidencia limitada, el uso de láser mejoró efectivamente el pronóstico del tratamiento del recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes.
Falk Schwendicke, DDS <i>et al.</i> 2015	Calcium Hydroxide versus Mineral Trioxide Aggregate for Direct Pulp Capping: A Cost-effectiveness Analysis	Se adoptó una perspectiva mixta de los sectores público y privado en el contexto de la atención sanitaria alemana. Se modeló un molar permanente con una pulpa expuesta y asintomática vital tratada vía DPC con MTA o CH. El diente fue seguido durante la vida de un paciente de 20 años de edad usando modelos de Markov. Las probabilidades de transición se obtuvieron a partir de datos recogidos de forma sistemática y no sistemática. El resultado primario de salud fue el tiempo de retención de los dientes. Los costos para DPC se estimaron mediante micro-costes. El tiempo de personal requerido para la aplicación se estimó mediante una encuesta entre dentistas alemanes especializados y generales. Los gastos materiales se calcularon sobre la base de los precios de mercado en 2015. Todos los demás costos se obtuvieron de los catálogos de artículos públicos y privados. La incertidumbre se introdujo a través de análisis de sensibilidad probabilística y univariable	MTA fue más rentable que el HC para RPD a pesar de los costos de tratamiento inicial más altos porque se evitaron costosos retratamientos. Nuestras estimaciones se aplican solamente sobre la base de la evidencia actual y dentro del escenario elegido.

AUTOR Y AÑO	TÍTULO COMPLETO	MATERIAL Y MÉTODO	CONCLUSIONES
Miguel Seruca Marques et al. 2015	Outcome of Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate: A Prospective Study	64 dientes con lesiones cariosas profundas fueron seleccionados consecutivamente. La edad media de los pacientes fue $36,1 \pm 15$ años. Se realizó un diagnóstico inicial de caries profunda, sin implicación irreversible de la pulpa. La excavación de la caries se realizó bajo un dique de goma. Se aplicó MTA blanco y se colocó una restauración provisional. En la siguiente cita, se confirmaron las pruebas de sensibilidad positiva y el ajuste de MTA. Posteriormente se colocaron restauraciones definitivas de composite. El paciente fue revisado al menos 1 año después del tratamiento para control clínico y radiográfico. El resultado fue descrito como éxito o fracaso. El éxito se definió como falta de quejas por parte del paciente, reacción positiva a la prueba en frío, ausencia de sensibilidad a la percusión y no ensanchamiento del ligamento periodontal en la radiografía periapical.	El recubrimiento pulpar directo con MTA después de la exposición de la pulpa durante la excavación de la caries profunda podría mantener la vitalidad de la pulpa en los dientes permanentes cuando se observa un protocolo de tratamiento de 2 visitas.
Iraj Yazdanfar et al. 2013	Effects of diode laser on direct pulp capping treatment A pilot study	Se evaluaron diez pacientes que habían sido sometidos a un tratamiento conservador para la caries profunda primaria en sus dientes permanentes. Los pacientes tenían entre 12 y 40 años de edad, y la edad promedio era de 26. Diez dientes de los diez pacientes que cumplieron los criterios del estudio fueron asignados aleatoriamente a dos grupos diferentes	El recubrimiento pulpar directo con láser ofrece nuevas oportunidades de tratamiento y mejores condiciones de trabajo, incluyendo la calidad biológica del área irradiada y el aumento de la eficiencia de la interacción entre los tejidos de la pulpa y el material de recubrimiento. La eficacia de la terapia con láser se ha demostrado en el recubrimiento pulpar directo de los dientes cariados con exposiciones.

AUTOR Y AÑO	TÍTULO COMPLETO	MATERIAL Y MÉTODO	CONCLUSIONES
Tüzüner T, et al. 2012	Clinical and radiographic outcomes of direct pulp capping therapy in primary molar teeth following haemostasis with various antiseptics: a randomised controlled trial	Un total de 70 primeros molares vitales con caries dentinarias profundas fueron asignados aleatoriamente a diferentes grupos antisépticos. Después de observar la exposición puntual, se aplicó disolución salina al 0,9% (SS, control), hipoclorito de sodio al 0,5% (SH), digluconato de clorhexidina al 2% (CHX) o diclorhidrato de octenidina al 0,1% (OCT) con bolas de algodón estériles durante 3 min antes del RPD con hidróxido de calcio. Evaluación estadística: Los criterios de éxito radiográfico intergrupar se analizaron mediante un test de Kruskal-Wallis en cada período de seguimiento con un intervalo de confianza del 95%.	En comparación con SS, el éxito del uso de CH convencional en el tratamiento con RPD de dientes molares primarios podría mejorarse proporcionando características de desinfección aceptables con soluciones antisépticas. OCT parece tener efectos beneficiosos relativos en comparación con SH y CHX.
Fawad Javed et al. 2016	Role of laser irradiation in direct pulp capping procedures: a systematic review and meta-analysis	El objetivo de la presente revisión sistemática y meta-análisis fue evaluar la evidencia sobre los efectos de la irradiación con láser como una terapia adyuvante para estimular la curación después de la exposición pulpar. La búsqueda de la literatura asistemática se llevó a cabo hasta abril de 2016. Inicialmente, se identificaron 34 artículos potencialmente relevantes. Después de la eliminación por los criterios de exclusión, se incluyeron nueve estudios. Seis estudios fueron clínicos y tres fueron ensayos clínicos preclínicos; El período de seguimiento varió de 2 semanas a 54 meses.	El tratamiento con láser de las pulpas expuestas puede mejorar el resultado de los procedimientos de recubrimiento pulpar directo. Un número de factores de confusión pueden haber influido en los resultados de los estudios incluidos.

AUTOR Y AÑO	TÍTULO COMPLETO	MATERIAL Y MÉTODO	CONCLUSIONES
Esra Cengiz et al. 2016	Efficacy of Er-bium, Chromium-doped: Yttrium, Scan-dium, Gallium, and Garnet La-ser Irradiation Combined with Resin-based Tricalcium Silicate and Calcium Hydroxide on Direct Pulp Capping: A Randomized Clinical Trial	Un total de 60 dientes de 60 pacientes entre las edades de 18 y 41 años fueron reclutados para este estudio. 60 dientes permanentes vitales sin síntomas y cambios radiográficos fueron asignados aleatoriamente a los siguientes 4 grupos (n = 15): Grupo HC, el área expuesta fue sellada con pasta de hidróxido de calcio (HC); Grupo HC láser, el área tratada se selló con pasta HC después de la irradiación con láser Er, Cr: YSGG; Grupo TheraCal, se aplicó directamente a la pulpa expuesta; Y Grupo Laser TheraCal, se aplicó después de la irradiación con un láser Er, Cr: YSGG. En las revisiones de 1 semana y 1, 3 y 6 meses, la pérdida de vitalidad, dolor espontáneo, reacciones a estímulos térmicos y percusión y cambios radiográficos se consideraron como un fracaso.	Se puede recomendar la irradiación con láser Er,Cr: YSGG a 0,5 W sin agua combinada con agentes de recubrimiento de pulpa para el tratamiento de recubrimiento pulpar directo.
Takashi Komabayashi et al. 2015	The use of lasers for direct pulp capping	Esta revisión presenta las propiedades básicas de los láseres actualmente disponibles, evidencia científica sobre los efectos de la aplicación del láser en el recubrimiento pulpar directo y las direcciones futuras para esta tecnología. Se realizó una extensa búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos para artículos publicados hasta enero de 2015. Se incluyeron estudios in vitro, in vivo y clínicos, revisiones y capítulos de libros originales publicados en inglés.	Los médicos deben considerar las características de cada longitud de onda, el modo de emisión, el tiempo de exposición a la irradiación, la potencia, el tipo de punta láser y la distancia entre la punta láser y la superficie que se irradia.

5. DISCUSIÓN

El recubrimiento pulpar directo se considera un tratamiento conservador para mantener la vitalidad de la pulpa cuando ésta ha sido expuesta, por razones iatrogénicas, traumatismos o lesiones cariosas. Es un abordaje menos invasivo que el tratamiento endodóncico tradicional. Debiendo tener en cuenta siempre que la pulpa no debe presentar una lesión irreversible, ya que esta no responderá a los estímulos para la formación de dentina terciaria ni tendrá capacidad para regenerarse.

Esta técnica tiene una mayor indicación y porcentaje de éxito cuando la exposición pulpar es debida a una fractura, siempre teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde que ocurre el traumatismo y el tamaño de la exposición. Cuando la exposición es por caries la tasa de éxito que refleja la literatura es mucho menor que en el caso anterior, siendo ésta de un 44% a los años de seguimiento(15). La disminución de la tasa éxito cuando es comparada la etiología diferente de la exposición pulpar, se debe a la presencia de bacterias, ya que, cuando la causa de la exposición es un traumatismo, la zona no se encuentra inmediatamente infectada por bacterias como se da en el caso de la exposición por caries, las cuales producen una mayor irritación en la pulpa y, por ende, una peor respuesta a los materiales colocados. Debido a dichas características, para que tengamos una gran probabilidad de éxito debemos hallar un material hemostático, antibacteriano e inductor de la dentinogénesis, acompañado de una técnica aséptica, hemostática y poco invasiva.

Respecto a los materiales, los más usados y los que la literatura sitúa como más efectivos y con mejor pronóstico son el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y el MTA debido a las características que poseen y sus propiedades. Ambos tienen un pH alcalino, lo que les confiere poder antibacteriano y capacidad para inducir a la formación de tejido mineralizado, debido a que al situarlos en contacto directo con el tejido pulpar provocan una necrosis superficial y esa capa cauterizada es la inductora de la formación del puente dentinario(25). Dicho puente presenta ciertas diferencias según el material que hayamos utilizado, en los dientes donde el material de recubrimiento fue el Ca(OH)_2 se observa un tejido duro menos homogéneo y más estrecho que cuando se coloca MTA(26,27), hallándose, con el uso del Ca(OH)_2 , defectos en forma de túneles que traspasan el puente dentinario, lo cual, no proporcionaría un cierre hermético de la pulpa y podría actuar como vía de microfiltración bacteriana(28). En el MTA apenas se observan estos defectos en forma de túneles y la aposición de dentina es más rápida(28).

Prosiguiendo con las propiedades de ambos materiales, debemos recordar que su pH alcalino entre 10 y 12 les confiere el poder antibacteriano, por ello, una desventaja del hidróxido de calcio es que en contacto con la dentina su pH cae rápidamente(29,30). La dentina y la hidroxiapatita inhiben la actividad antimicrobiana del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (31), en cambio, en el MTA se observa un mantenimiento de su alto pH alcalino durante un periodo de tiempo mucho mayor(32) y se han demostrado sus propiedades antibacterianas y antimicóticas(33–35). También esta contrastada una menor agresión del MTA sobre la pulpa, provocando una inflamación más corta en el tiempo, menos grave y menos extendida que la que resulta con el hidróxido de calcio(36).

Respecto al sellado que producen sobre la exposición pulpar, el MTA proporciona un precintado más hermético y estable(37) en comparación con el hidróxido de calcio, el cuál es soluble y se disuelve más rápidamente que el MTA, consiguiendo un aislamiento inferior contra la penetración de bacterias o agentes químicos hacia la pulpa(38,39).

A pesar de todas las ventajas mencionadas anteriormente, el MTA tiene algunos inconvenientes como la dificultad de manipulación, un largo tiempo de fraguado extenso, la dificultad de ser eliminado posterior al fraguado y el potencial de decoloración en su versión gris(40). Se han realizado muchos intentos para mejorar las desventajas que presenta el MTA añadiendo diferentes moléculas, como la adición de CaCl_2 que permite un aumento del valor de pH inmediato y una disminución del tiempo de fraguado y mejora las propiedades mecánicas(41,42). Además, para evitar la decoloración que produce, los fabricantes introdujeron una nueva fórmula de MTA con un color blanco, pero el MTA blanco tiene un tiempo de fraguado significativamente más lento comparado con el MTA convencional(19).

En el parámetro estadístico, la tasa de éxito de ambos materiales varía según los diferentes estudios y el tiempo de seguimiento realizado. En la literatura podemos encontrar un porcentaje de éxito en la utilización del hidróxido de calcio del 52,5% respecto al 67,4% del MTA a los 3 años de seguimiento(43), esta diferencia en un corto espacio de seguimiento puede deberse al mejor sellado del MTA. Johannes Mente refiere una tasa de éxito de 80,5% usando el MTA como material de recubrimiento en comparación con el 59% que ofrece el hidróxido de calcio durante un seguimiento de 10 años(44), posiblemente la superioridad de éxito del MTA a largo plazo recaiga sobre la formación de un puente dentinario de mayor calidad. De forma general, el riesgo de fracaso del hidróxido de calcio es unas 2,5 veces superior al del MTA(44).

Además de las mejoras que proporcionan estos materiales, existe un interés creciente del odontólogo por los costes en beneficio de los pacientes. En principio, los costes del MTA son mucho más elevados que los del hidróxido de calcio, teniendo el MTA un coste 10 veces superior. A esto se añade la necesidad de una formación más especializada por parte del odontólogo debido a la mayor dificultad de manejo del MTA. Superando éstos los costes iniciales, el uso del MTA es más rentable, valorando su mayor eficacia y la necesidad menor de retratamiento(45).

Podemos decir que el MTA, cuando es usado como material de recubrimiento pulpar, ofrece múltiples ventajas sobre el hidróxido de calcio, mayor predictibilidad y resultados más favorables a largo plazo. Por lo que se puede considerar al MTA como material de elección para la realización de un recubrimiento pulpar directo.

En lo que se refiere a las diferentes técnicas que podemos llevar a cabo para la realización de un recubrimiento pulpar directo, nos vamos a centrar en la técnica convencional y la técnica mediante el uso del laser.

Dentro de la técnica convencional, hay disputa en relación a la aplicación de un producto desinfectante o soluciones salinas sobre la exposición pulpar. La literatura más tradicional indica la irrigación con NaOCl al 10% y H₂O₂ al 3% varias veces sobre la exposición pulpar previamente a la colocación del material de recubrimiento(22), pero nuevos estudios hacen referencia a que las superficies dentinarias tratadas con hipoclorito de sodio pueden inhibir la diferenciación a odontoblastos de las células madre de la pulpa dental(46), y la clorhexidina puede inhibir la fijación del MTA(47).

La técnica que usa el láser se diferencia de la convencional, en la aplicación de un láser de baja o alta intensidad previo a la colocación del material de recubrimiento. La utilización del láser ofrece una serie de características interesantes para este tratamiento, ya que pueden aportar beneficios que se suman a los obtenidos con la utilización del material de recubrimiento. Presenta ventajas como un efecto descontaminante, efecto de bioestimulación y efecto hemostático y coagulante(48,49). Una de las razones del alto índice de fracaso del recubrimiento pulpar directo por etiología de caries, es la presencia de bacterias, el laser puede esterilizar el área expuesta y sus alrededores(50), gracias a que puede penetrar a través de la hidroxiapatita y el agua. También existen estudios que prueban que el efecto de descontaminación del laser es superior a los agentes antibacterianos convencionales(51,52). El poder bioestimulador reside sobre todo en los láseres de baja intensidad(53), induciendo una aceleración del crecimiento de fibroblastos y osteoblastos y estimulando la

proliferación, migración y citodiferenciación de células similares a odontoblastos para promover la formación de dentina reparadora sobre el tejido pulpar dañado. La capacidad hemostática y coagulante del laser, nos ofrece una gran ventaja motivada por el hecho de obtener un área sin humedad ni sangrado que nos facilite el posterior sellado con el material de recubrimiento. La eficacia hemostática es mayor en los láseres de diodo y Nd:YAG, debido a la absorción de luz láser por la hemoglobina y melanina, que crean una fina capa superficial necrótica debajo de la cual hay un área que puede revertirse. Estos beneficios del láser pueden traducirse a un mayor éxito a largo plazo del recubrimiento pulpar convirtiéndose en una alternativa para el futuro de este tratamiento.

A pesar de estas ventajas ésta técnica tiene varios inconvenientes. El principal de ellos es la ausencia de unos parámetros estandarizados para el uso del láser, ya que, si la potencia, tiempo o técnica son inadecuados, existe un riesgo de excesiva ablación o desnaturalización térmica del tejido pulpar, dando lugar a inflamación y necrosis(50). Otra desventaja está relacionada con la posterior colocación de MTA, porque éste necesita presencia de humedad para un correcto sellado(54) y al irradiar la pulpa con láser, el efecto hemostático y de coagulación térmica no permite que el MTA pueda absorber la humedad de la pulpa para un correcto sellado, aunque Tuan-Ti Hsu(55) hace referencia en su artículo que al sellar con MTA y posteriormente irradiar con láser de CO₂ dicho material, provoca un aumento de la liberación de iones y una disminución del tiempo de fraguado.

En la literatura encontramos varios artículos que comparan la tasa de éxito de ambas técnicas. Esra Cengiz y colaboradores (56) comparan el porcentaje de éxito realizando un tratamiento mediante la técnica convencional con hidróxido de calcio y otro mediante la irradiación con laser Er,Cr:YSGG y posterior colocación de hidróxido de calcio, mostrando una tasa de éxito del 73,3% y del 100%, respectivamente, con 6 meses de seguimiento. Moritz y colaboradores (57) compararon resultados entre la utilización del láser CO₂ junto a la aplicación de Ca(OH)₂ y la colocación exclusiva de Ca(OH)₂, observando un porcentaje de éxito del 89% y del 68%, respectivamente, durante 1 año de seguimiento. Santucci examinó la eficacia del láser Nd:YAG junto al Vitrebond comparándolo con la colocación tradicional de Ca(OH)₂ durante 54 meses y observo una tasa de éxito del 90,3% y 43,6%, respectivamente(58). Otro estudio realizado por Olivi y colaboradores(59) confronta la aplicación de Ca(OH)₂ de forma convencional, irradiado con láser Er,Cr:YSGG y otro grupo irradiado con láser Er:YAG

previamente a la colocación del material, donde se observan unas tasas de éxito del 50%, 80% y 70%, respectivamente, con un periodo de seguimiento de 4 años. Según estos estudios, podemos sacar como conclusión, la futura posibilidad que nos ofrece el láser como técnica para el recubrimiento pulpar directo.

Independientemente de la técnica utilizada, hay controversia en la realización de una obturación provisional o una definitiva después de la colocación del material de recubrimiento. De manera tradicional, se coloca una restauración provisional y posteriormente una definitiva(16,22,60), pero numerosos estudios muestran un aumento del éxito del tratamiento cuando se coloca un material de obturación definitivo en el momento del recubrimiento o hasta dos días posterior a éste(44,18,23). Esto puede ser debido a que una restauración definitiva de la cavidad protege mucho mejor las filtraciones que una obturación provisional.

La única conclusión por unanimidad que se observa en todos los estudios, es la importancia de realizar un correcto diagnóstico del estado de la pulpa previo al tratamiento. Es crucial para tener el máximo de probabilidades de éxito que el estado de la pulpa no sea pulpitis irreversible, en el cual, ésta, no responderá correctamente al tratamiento para su regeneración. Por ello, si hubiese métodos diagnósticos más precisos para valorar el estado de inflamación de la pulpa y su extensión, serían de gran valor para no caer en sobretratamientos y mejorar el pronóstico.

6. CONCLUSIONES

1. La realización de un RPD induce una respuesta adecuada por parte de la pulpa para su regeneración y protección mediante la creación de un puente dentinario.
2. La utilización del MTA como material de recubrimiento parece indicar una mayor probabilidad de éxito a largo plazo junto a la inclusión del laser en el tratamiento, aunque respecto a éste último son necesarios más estudios.
3. Lo fundamental en el RPD por caries, en cuanto a los aspectos a tener en cuenta para conseguir el éxito, es el correcto diagnóstico de un estado pulpar reversible y la correcta desinfección de la zona expuesta.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Dammaschke T. The History of Direct Pulp Capping. 2014;(February 2008).
2. Correa JMA, González RM, López IM, Cruz IO de la. Complejo dentino pulpar. Estructura y diagnóstico. Rev Médica la Isla la Juv. 2013;1(12):82–99.
3. Keller J-F, Carrouel F, Staquet M-J, Kufer T a, Baudouin C, Msika P, et al. Expression of NOD2 is increased in inflamed human dental pulps and lipoteichoic acid-stimulated odontoblast-like cells. Innate Immun. 2011;17(1):29–34.
4. Izumi T, Kobayashi J, Okamura K, Matsuo K, Kiyoshima T, Ishibashi Y, et al. Immunohistochemical study on the immunocompetent cells of the pulp in human non-carious and carious teeth. Arch Oral Biol. 1996;41(7):627–30.
5. Gusman H, Santana RB, Zehnder M. Matrix metalloproteinase levels and gelatinolytic activity in clinically healthy and inflamed human dental pulps. Eur J Oral Sci. 2002;110(5):353–7.
6. Zehnder M, Wegehaupt FJ, Attin T. A first study on the usefulness of matrix metalloproteinase 9 from dentinal fluid to indicate pulp inflammation. J Endod. 2011;37(1):17–20.
7. Omori K, Kida T, Hori M, Ozaki H, Murata T. Multiple roles of the PGE2 -EP receptor signal in vascular permeability. Br J Pharmacol. 2014;171(21):4879–89.
8. Rechenberg D-K, Galicia JC, Peters OA. Biological Markers for Pulpal Inflammation: A Systematic Review. PLoS One. 2016 Nov 29;11(11):e0167289.
9. Sunderkötter C, Steinbrink K, Goebeler M, Bhardwaj R, Sorg C. Macrophages and angiogenesis. J Leukoc Biol. 1994 Mar;55(3):410–22.
10. Galicia JC, Naqvi a R, Ko C-C, Nares S, Khan a a. MiRNA-181a regulates Toll-like receptor agonist-induced inflammatory response in human fibroblasts. Genes Immun. 2014;15(5):333–7.
11. Zhong S, Zhang S, Bair E, Nares S, Khan AA. Differential expression of MicroRNAs in normal and inflamed human pulps. J Endod. 2012;38(6):746–52.
12. Goldberg M, Farges JC, Lacerda-Pinheiro S, Six N, Jegat N, Decup F, et al. Inflammatory and immunological aspects of dental pulp repair. Pharmacol Res. 2008;58(2):137–47.
13. AAE. AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. J Endod. 2009;35(12):1625–33.

14. Siskin M, Block RM, Lewis RD, Sheats JB, Burke SH. Antibody formation to dog pulp tissue altered by camphor paramonochlorophenol via the root canal. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1981;51(6):637–42.
15. Yli-Urpo H, Närhi M, Närhi T. Compound changes and tooth mineralization effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4), an in vivo study. *Biomaterials.* 2005;26(30):5934–41.
16. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2013;39(6):743–7.
17. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J.* 2013;46(9):808–14.
18. Mente J, Geletneky B, Ohle M, Koch MJ, Friedrich Ding PG, Wolff D, et al. Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: An Analysis of the Clinical Treatment Outcome. *J Endod.* 2010;36(5):806–13.
19. Islam I, Kheng Chng H, Jin Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J Endod.* 2006;32(3):193–7.
20. Rutherford B, Fitzgerald M. A New Biological Approach To Vital Pulp Therapy. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1995;6(3):218–29.
21. Dammaschke T, Leidinger J, Schäfer E. Long-term evaluation of direct pulp capping-treatment outcomes over an average period of 6.1 years. *Clin Oral Investig.* 2010;14(5):559–67.
22. Matsuo T, Nakanishi T, Shimizu H, Ebisu S. A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *J Endod.* 1996;22(10):551–6.
23. BARTHEL C, ROSENKRANZ B, LEUENBERG A, ROULET J. Pulp Capping of Carious Exposures: Treatment Outcome after 5 and 10 Years: A Retrospective Study. *J Endod.* 2000;26(9):525–8.
24. Schwendicke F, Krüger H, Schlattmann P, Paris S. Restoration outcomes after restoring vital teeth with advanced caries lesions: a practice-based retrospective study. *Clin Oral Investig.* 2016;20(7):1675–81.
25. Ricucci D, Loghin S, Lin LM, Spangberg LSW, Tay FR. Is hard tissue formation in the dental pulp after the death of the primary odontoblasts a regenerative or a reparative process? *J Dent.* 2014;42(9):1156–70.
26. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a

- preliminary report. *Int Endod J.* 2003;36(3):225–31.
27. FORD TRP, TORABINEJAD M, ABEDI HR, BAKLAND LK, KARIYAWASAM SP. Using Mineral Trioxide Aggregate As a Pulp-Capping Material. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(10):1491–4.
 28. Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: A randomized controlled trial. *Int Endod J.* 2009;42(5):422–44.
 29. Hanks CT, Bergenholtz G, Kim JS. Protein synthesis in vitro, in the presence of Ca(OH)₂-containing pulp-capping medicaments. *J Oral Pathol.* 1983;12(5):356–65.
 30. Ida K, Maseki T, Yamasaki M, Hirano S, Nakamura H. The pH values of pulp-capping agents. *J Endod.* 1989;15(8):365–8.
 31. Portenier I, Haapasalo H, Rye A, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Inactivation of root canal medicaments by dentine, hydroxylapatite and bovine serum albumin. *Int Endod J.* 2001;34(3):184–8.
 32. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *J Endod.* 2005;31(5):376–9.
 33. Torabinejad M, Hong CU, Ford TRP, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod.* 1995;21(8):403–6.
 34. Mohammadi Z, Modaresi J, Yazdizadeh M. Evaluation of the antifungal effects of mineral trioxide aggregate materials. *Aust Endod J.* 2006;32(3):120–2.
 35. Tanomaru-Filho M, Tanomaru JMG, Barros DB, Watanabe E, Ito IY. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *J Oral Sci.* 2007;49(1):41–5.
 36. Iwamoto CE, Adachi E, Pameijer CH, Barnes D, Romberg EE, Jefferies S. Clinical and histological evaluation of white ProRoot MTA in direct pulp capping. *Am J Dent.* 2006 Apr;19(2):85–90.
 37. Ferik Luketić S, Malčić A, Jukić S, Anić I, Šegović S, Kalenić S. Coronal Microleakage of Two Root-end Filling Materials Using a Polymicrobial Marker. *J Endod.* 2008;34(2):201–3.
 38. Barthel CR, Levin LG, Reisner HM, Trope M. TNF-alpha release in monocytes after exposure to calcium hydroxide treated Escherichia coli LPS. *Int Endod J.* 1997 May;30(3):155–9.

39. Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. *Oper Dent.* 2009;34(5):615–25.
40. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *J Endod.* 2010;36(3):400–13.
41. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Consolaro A, Garcia RB, de Moraes IG, et al. Mineral Trioxide Aggregate with or without Calcium Chloride in Pulpotomy. *J Endod.* 2008;34(2):172–5.
42. Parirokh M, Asgary S, Eghbal MJ, Kakoei S, Samiee M. A comparative study of using a combination of calcium chloride and mineral trioxide aggregate as the pulp-capping agent on Dogs' teeth. *J Endod.* 2011;37(6):786–8.
43. Cho SY, Seo DG, Lee SJ, Lee J, Lee SJ, Jung IY. Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *J Endod.* 2013;39(3):327–31.
44. Mente J, Hufnagel S, Leo M, Michel A, Gehrig H, Panagidis D, et al. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: Long-term results. *J Endod.* 2014;40(11):1746–51.
45. Schwendicke F, Brouwer F, Stolpe M. Calcium Hydroxide versus Mineral Trioxide Aggregate for Direct Pulp Capping: A Cost-effectiveness Analysis. *J Endod.* 2015;41(12):1969–74.
46. Kawashima N. Characterisation of dental pulp stem cells : A new horizon for tissue regeneration ? *Arch Oral Biol.* 2012;57(11):1439–58.
47. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG, Biomaterials GD, Wi M. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment : A review of the literature □. 2007;4:149–64.
48. Hasheminia SM, Feizi G. A comparative study of three treatment methods of direct pulp capping in canine teeth of cats : a histologic evaluation. 2010;9–15.
49. Yazdanfar I, Gutknecht N, Franzen R. Effects of diode laser on direct pulp capping treatment: A pilot study. *Lasers Med Sci.* 2015;30(4):1237–43.
50. Komabayashi T, Ebihara A, Aoki A. The use of lasers for direct pulp capping. 2015;57(4):277–86.
51. Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert F. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in in vitro root canals. *J Clin Laser Med Surg.* 1996 Apr;14(2):77–80.

52. Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal Effect of Different Laser Systems in the Deep Layers of Dentin. 2004;116(January):111–6.
53. Marques M, Pereira AN, Fujihara NA, Nogueira FN, Eduardo CP. Effect of Low-Power Laser Irradiation on Protein Synthesis and Ultrastructure of Human Gingival Fibroblasts. 2004;265(December 2003):260–5.
54. Gancedo-caravia L, Garcia-barbero E. Influence of Humidity and Setting Time on the Push-Out Strength of Mineral Trioxide Aggregate Obturations. 2006;32(9):894–6.
55. Hsu T-T, Yeh C-H, Kao C-T, Chen Y-W, Huang T-H, Yang J-J, et al. Antibacterial and Odontogenesis Efficacy of Mineral Trioxide Aggregate Combined with CO2 Laser Treatment. *J Endod.* 2015;41(7):1073–80.
56. Cengiz E, Yilmaz HG. Gallium , and Garnet Laser Irradiation Combined with Resin-based Tricalcium Silicate and Calcium Hydroxide on Direct Pulp Capping : A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2016;1–5.
57. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Sperr W. The CO2 Laser as an Aid in Direct Pulp Capping. 1998;24(4):98–101.
58. Santucci PJ. Dycal versus Nd:YAG laser and Vitrebond for direct pulp capping in permanent teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 1999 Apr;17(2):69–75.
59. Olivi G, Genovese MD, Maturo P, Docimo R. Pulp capping: advantages of using laser technology. *Eur J Paediatr Dent.* 2007 Jun;8(2):89–95.
60. Marques MS, Wesselink PR, Shemesh H. Outcome of Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate: A Prospective Study. *J Endod.* 2015;41:1026–31.