



uniatec[®]



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALÚD

CARRERA DE CIRUGIA DENTAL

Título:

**“MATERIALES BIOACTIVO QUE LOGRAN LOS MEJORES
RESULTADOS EN UN RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO”**

Revisión Bibliográfica presentada por:

Martin Alberto Coello Quan

11641411

Douglas Ricardo Matamoros Paredes

11511191

Como requisito parcial para optar por el título de: Doctor en Cirugía Dental
en el grado de Licenciatura.

Asesores:

Asesor temático: Dra. Betzhaida Ramírez

Tegucigalpa, MDC. Honduras C.A.

Junio 20 de 2022

Índice

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
DERECHOS DE AUTOR.....	1
PAGINA CON AUTORIZACION PARA USO DEL CRAI.....	2
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Introducción	8
1.2 Antecedentes del problema	9
1.3 Definición del problema	10
1.3.1 Tema	11
1.3.2 Pregunta de investigación.....	11
1.4 Objetivos de la investigación.....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos específicos	12
1.5 Justificación	12
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	13
2.1 Definición de recubrimiento pulpar directo	13

2.2 Complejo pulpodentinario	13
2.2.1 Zonas de la dentina	14
2.2.2 Zonas de la pulpa	15
2.3 Respuesta pulpar	16
2.4 Formación de puente dentinario.....	17
2.5 Recubrimiento pulpar directo	18
2.5.1 Clasificaciones del recubrimiento pulpar directo.....	18
2.5.2 Como realizar un recubrimiento pulpar directo	20
2.5.3 Diagnóstico.....	20
2.5.4 Eliminación de caries.....	21
2.5.5 Agentes hemostáticos y antisépticos.....	22
2.5.6 Colocación del material bioactivo sobre la pulpa y del diente.	22
2.5.6 Seguimiento del tratamiento y diagnostico final.....	25
2.6 Materiales para recubrimiento pulpar directo.....	26
2.6.1 Oxido de Zinc y Eugenol (ZOE)	26
2.6.2 Sistemas adhesivos	26
2.6.3 Hidróxido de calcio.....	27
2.6.4 Mineral de trióxido agregado (MTA).....	27
2.6.5 Theracal®	28
2.6.6 BiodentineTM®	30
2.6.7 Hidroxiapatita sintética.....	30
2.7 Resultados	32
2.7.1 BiodentineTM® vs Hidróxido de calcio.....	32

2.7.2 Biodentine™ vs Mineral De trióxido Agregado.....	33
2.7.3 Discusión	34
<i>CAPITULO III: METODOLOGIA</i>	36
<i>CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	37
4.1 CONCLUSIONES	37
4.2 RECOMENDACIONES	38
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>	39

DEDICATORIA

Martin Alberto Coello Quan

Dedicado a Dios por ser el que ha iluminado mi camino para poder llegar a este punto de mi carrera, a mis padres por ser los que siempre me han apoyado y han estado en cada paso del camino, a mis hermanos por siempre inspirarme a ser la mejor versión de mí mismo. Dedicado a mi novia por siempre ser mi apoyo y por estar ahí en los momentos en los que más la necesitaba.

Douglas Ricardo Matamoros Paredes

A Dios por darme la fortaleza, valor y sabiduría en tiempos de incertidumbre, por no permitir dejar este camino a un lado. A mis padres por su ayuda incondicional, sacrificio y amor. A mis familiares y a mi pareja por todo su apoyo, paciencia, cariño y tiempo. Estoy en deuda por siempre.

AGRADECIMIENTO

Martin Alberto Coello Quan

Agradezco a las personas que me han ayudado en la redacción de nuestro trabajo de investigación, siendo ellas Nuestras Asesoras La Dra. Betzhaida Ramírez y la Dra. Ela Osorio. Muchas gracias por su colaboración y dedicación como nuestras asesoras. También a mi compañero Douglas Matamoros por haber realizado el trabajo de investigación conmigo.

Douglas Ricardo Matamoros

Un agradecimiento a todos mis docentes, que me formaron durante mi carrera para crear el profesional que opto ser. A mi compañero de tesis Martin Quan por ser mi colaborador en este proyecto final, a nuestras Asesoras La Dra. Betzhaida Ramírez y la Dra. Ela Osorio por su colaboración y profesionalismo.

RESUMEN

Contexto: El recubrimiento pulpar directo consiste en la aplicación de un material biocompatible en el área en la cual se encuentra el tejido pulpar expuesto. La característica fundamental que todos los materiales utilizados deben poseer es la biocompatibilidad y la propiedad de producir una capa denominada puente dentinario. El propósito de la presente revisión bibliográfica es responder la pregunta: ¿Cuál es el material bioactivo que logre generar los mejores resultados al momento de utilizarlo en un recubrimiento pulpar directo?

Objetivo: Determinar mediante un análisis comparativo cual es el material de elección actualmente disponible para realizar un recubrimiento pulpar directo.

Métodos: La búsqueda bibliográfica se realizó en diferentes plataformas digitales como ser SciELO, PubMed, Google académico, libros de texto, artículos de revistas, tesis y revisiones bibliográficas conjugando los términos “Agentes hemostáticos” “Biodentine™”, “Calcium Hydroxide”, “Dental Cativies”, “Direct Pulp Capping”, “MTA”, “recubrimiento pulpar directo”, “Sistemas adhesivos en recubrimiento pulpar directo”, “Theracal® pulp capping”, “ZOE” e incluyendo en su mayoría artículos en inglés.

Conclusiones: Los resultados del análisis comparativo da como resultado que el material que posee las mejores características para realizar un recubrimiento pulpar directo es el Biodentine™. Se recomienda el uso de este material en caso de estar disponible.

ABSTRACT

Context: The direct pulp coating consists of the application of a biocompatible material in the area in which the exposed pulp tissue is located. The fundamental characteristic that all the materials used must possess is the biocompatibility and the property of producing a layer called dentin bridge. The purpose of this literature review is to answer the question: What is the bioactive material that manages to generate the best results when used in a direct pulp coating?

Objectives: Determine by means of a comparative analysis which material is currently available for direct pulp capping.

Methods: The bibliographic search was carried out in different digital platforms such as SciELO, PubMed, academic Google, textbooks, journal articles, theses and bibliographic reviews conjugating the terms “Agentes hemostáticos”, “Biodentine™”, “Calcium Hydroxide”, “Dental Cavities”, “Direct Pulp Capping”, “MTA”, “recubrimiento pulpar directo”, “Sistemas adhesivos an recubrimiento pulpar directo”, “Theracal® pulp capping”, “ZOE” and including mostly articles in English.

Conclusions: The results of the comparative analysis result that the material that has the best characteristics to perform a direct pulp coating is the Biodentine™. The use of this material is recommended if available.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

La primera descripción de un recubrimiento pulpar directo fue elaborada en 1756 dando inicio a la implementación de diferentes materiales de forma empírica para observar la respuesta de la pulpa hacia ellos. A finales del siglo XIX se empezaron a investigar más a profundidad los agentes desinfectantes ya que en ese momento se empezó a correlacionar el fracaso del tratamiento con la presencia de microorganismos, siendo estos los responsables de la inflamación pulpar. El primer estudio clínico científico comparativo acerca de los materiales implementados en un recubrimiento pulpar fue realizado en 1921 por Dätwyler, en el cual el Óxido de Zinc y Eugenol obtuvo los mejores resultados.(1) Cox y Colaboradores(2) ratificaron que la pulpa puede formar una barrera de tejido dura si fuera otorgada un sello biológico, aislando la pulpa de agentes externos. Por ende, los materiales utilizados como recubrimiento pulpar directo deben de poseer ciertas características como poseer propiedades antibacterial al igual que promover la regeneración de los tejidos o la formación de una capa de dentina reparativa de alta calidad.(3)

1.2 Antecedentes del problema

¿Cuál es el material bioactivo que logre generar los mejores resultados al momento de utilizarlo en un recubrimiento pulpar directo? El primer caso documentado de un recubrimiento pulpar directo fue registrado en 1756 por Paff utilizando papel de oro.(1) Luego se descubrió que el hidróxido de calcio poseía la característica de ser efectivo al momento de reparar las zonas de exposición pulpar en 1930. (4) Este material se puede encontrar en presentaciones de polvo, pasta y cemento con las cuales se han encontrado resultados favorables. Luego se intentó implementar el uso del óxido de zinc y eugenol, pero los resultados no fueron tan favorables como se esperaba ya que se notó inflamación crónica y falta de regeneración pulpar al igual que la ausencia del puente dentinario que ayudaría a la protección de la pulpa de los agentes externos.

El recubrimiento pulpar directo hasta este momento (previo a la invención del Mineral de trióxido Agregado (MTA) sigue siendo un tratamiento controversial ya que los resultados de dicho tratamiento en el pasado no fueron los esperados, dando por concluido que el tratamiento no era lo suficientemente viable para ser considerado un tratamiento de elección entre el gremio odontológico.(5). En 1990 el MTA fue introducido al mercado siendo básicamente un cemento de portland.(6) Después de la invención del MTA cuyos resultados fueron muy favorables, se introdujeron al mercado materiales tipo-MTA compuestos de silicato de calcio sintético en vez de basarse en cemento de portland. (7)

D.M. Ranly et al en 1999 realizaron un estudio cuyo objetivo era alertar a los odontólogos sobre el rápido crecimiento en la gama de tratamientos pulpares en denticiones primarias al igual que en dientes permanentes inmaduros. En este mismo se llegó a la conclusión que los materiales que se estaban utilizando (formocresol e hidróxido de calcio) pronto serian remplazados por la nueva variedad de materiales que estaban siendo lanzados al mercado. (8)

Cushley, S et al en el 2020 realizaron una revisión bibliográfica comparando el resultado de 3 materiales modernos actualmente utilizados que son el MTA el Biodentine™ y el hidróxido de calcio. La probabilidad de éxito de los 3 materiales fue diferente, aunque los resultados dados con el MTA y el Biodentine™ fueron muy similares siendo el del MTA del 91%-81% y el Biodentine™ del 96%-86% de éxito del tratamiento. (9)

1.3 Definición del problema

Durante la asignatura de odontopediatría se dio a conocer acerca del Biodentine™ y de todas las propiedades del material, en especial la forma en la que interactúa con el complejo dentino-pulpar, se planteó la duda de cuál era el rol que jugaban estos materiales con la regeneración pulpar. A medida pasaron las clases y el servicio social notaron que la población hondureña de escasos recursos asiste al odontólogo cuando siente un dolor dental ya que la caries llego a un estado avanzado. Debido a esto una gran cantidad de operatorias requerían de un recubrimiento pulpar ya sea directo o indirecto en cuyos casos se pudo haber realizado el tratamiento, pero no tenían a mano los

insumos necesarios ni el conocimiento para poder realizar el trabajo. Debido a esto surgieron varias preguntas: ¿Qué es un recubrimiento pulpar directo? ¿Qué es un puente adamantino y cuál es su importancia en el éxito de un recubrimiento pulpar directo? ¿Cuál es el material que logra formar un puente dentinario con las mejores características? ¿Cómo se realiza el diagnostico final del recubrimiento pulpar directo? A raíz de estas preguntas decidimos realizar una investigación sobre el recubrimiento pulpar directo y cuál es el material de elección al momento de realizar dicho tratamiento.

1.3.1 Tema

RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO: EFECTIVIDAD DE LOS MATERIALES BIOACTIVOS DISPONIBLES EN EL MERCADO ACTUAL: REVISION SISTEMATICA.

1.3.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es el material bioactivo que logre generar los mejores resultados al momento de utilizarlo en un recubrimiento pulpar directo?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar cuál es el material bioactivo que logra los mejores resultados en un recubrimiento pulpar directo.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar cuál es el material que logra formar un puente dentinario con las mejores características y cuáles son las características ideales del mismo
2. Explicar la importancia del puente dentinario en un recubrimiento pulpar directo.
3. Detallar acerca de cómo se realiza a el diagnostico final de un recubrimiento pulpar directo.

1.5 Justificación

Mediante la presente investigación se pretende establecer cuál es el material de elección al momento de realizar un recubrimiento pulpar directo. El recubrimiento pulpar directo es un procedimiento complejo de la odontología cuyo fin es restablecer la salud de la pulpa y así evitar un tratamiento de conducto radicular. Es fundamental hacer un diagnóstico correcto, al igual que saber identificar si el tratamiento fracaso o tuvo éxito para realizar los procedimientos a seguir según el resultado del tratamiento.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Definición de recubrimiento pulpar directo

El recubrimiento pulpar directo consiste en la aplicación de un material biocompatible en el área en la cual se encuentra el tejido pulpar expuesto con el fin de proteger el tejido pulpar expuesto de irritaciones causadas por agentes externos.(10)(11) Este tratamiento se realiza cuando la pulpa vital asintomática es expuesta debido a traumas, caries extensas o accidentes en la preparación al momento de remover la caries del órgano dental.(12) Entre otros propósitos del recubrimiento pulpar directo se encuentra promover la apexogenesis en órganos dentales inmaduros. (13) Este procedimiento utiliza materiales biocompatibles para poder proteger el tejido pulpar expuesto, formando una barrera dentinaria con el fin de permitir que los tejidos pulpares se regeneren.

2.2 Complejo pulpodentinario

Estructuralmente hablando la pulpa es un tejido conectivo compuesto por células, fibras de colágeno, matriz extracelular, y un paquete neurovascular. La pulpa dental sana contiene una mezcla heterogénea de células que entre ellas se encuentran los odontoblastos, fibroblastos, macrófagos, histiocitos, células dendríticas y linfocitos-t, al igual que células de Schwann. Por ende, la pulpa es la encargada de regenerar tejidos al igual que regenerarse a ella misma acompañada de respuestas inflamatorias. (14)

2.2.1 Zonas de la dentina

Al igual que el esmalte la dentina es avascular, por lo tanto, recibe todos lo que necesita mediante los túbulos dentinarios siendo estas una extensión de la pulpa en la dentina. En los túbulos dentinarios se encuentra el fluido dentinario que es el que contiene el tejido que rodea la membrana de los odontoblastos siendo estas continuaciones de lo que encontramos en la capa de odontoblastos en la pulpa. Diferentes tipos de dentinas pueden encontrarse dependiendo de su relación con los túbulos dentinarios siendo estos los siguientes.

1. Dentina peritubular: Es una dentina altamente mineralizada luego de su maduración. Esta es la encargada de crear una pared que se encarga de contener el fluido dentinario.
2. Dentina Inter tubular: esta es la dentina que se encuentra en medio de los túbulos dentinario, esta zona del esmalte es altamente mineralizada pero no tanto como la dentina peritubular

La dentina también puede ser clasificada en relación con su ubicación con relación a la pulpa:

1. Dentina de manto: es la dentina que se encuentra justo después del esmalte y del cemento radicular. Se puede notar una diferencia en la dirección de las fibras de colágeno mineralizadas con respecto al resto de la dentina. Otra característica de la dentina de manto es que esta es la zona en la que se encuentra más dentina peritubular comparado al resto de la dentina.

2. Dentina circumpulpar: esta es la que forma la mayor parte de la dentina. Este tipo de dentina madura después de la dentina de manto y posee fibras de colágeno que en su mayoría son paralelas.

Y por último la dentina también se puede clasificar acorde al tiempo en el que la dentina fue formada.

1. Dentina primaria: este tipo de dentina se forma antes de que el foramen apical se forme completamente. La mayoría de la dentina del órgano dental es formada en esta etapa. Se caracteriza por ser la dentina más regular tomando en consideración la posición y forma de los túbulos dentinarios.
2. Dentina secundaria es la dentina que se forma luego de obtener la formación total del foramen apical. Es el tipo de dentina que se forma a lo largo de la vida y esta tarda más que la dentina primaria en formarse. Esta dentina se forma por la diferenciación de los odontoblastos, tomando así parte de la cámara pulpar reduciendo el tamaño de esta.
3. Dentina terciaria: es la dentina a la cual se le denomina dentina reparativa o de reacción. Este tipo de dentina es la encargada de la formación del puente dentinario(15)

2.2.2 Zonas de la pulpa

1. Capa de odontoblastos: el estrato más externo de la pulpa dental, esta se encuentra junto a la predentina y está compuesto por cuerpos celulares de los odontoblastos, capilares, fibras nerviosas, y células dendríticas. Es una

zona altamente especializada en la síntesis y secreción de los componentes orgánicos de la dentina al igual que funcionar como revestimiento para la pulpa dental.(15)

2. Zona basal de Weil: también recibe el nombre de capa pobre en células debido a que relativamente está libre de células. Esta es la capa que está justo después de la capa de odontoblastos. Tiene alrededor de 40 μm de ancho y es atravesada por fibras nerviosas amielínicas, capilares sanguíneos y prolongaciones citoplasmáticas de los fibroblastos. (16)
3. Zona rica en células: Posee una proporción elevada de fibroblastos en comparación con la zona central o la pulpa propiamente dicha. "Es mucho más prominente en la pulpa coronal que en la radicular." ("Pulpa dental - SlideShare") Las células que se encuentran presentes en esta zona además de los fibroblastos incluye principalmente macrófagos y linfocitos pero también incluye células madre mesenquimatosas indiferenciadas.(17)(16)
4. Pulpa propiamente dicha: Es la masa central de la pulpa, está compuesta por tejido conectivo laxo, y troncos nerviosos y vasculares. Las células predominantes de esta zona son los fibroblastos.(17)(16)

2.3 Respuesta pulpar

Se ha demostrado que los odontoblastos son principales células biológicamente activas que protegen el complejo dentinopulpar al depositar dentina terciaria al ser estimulados por agentes bacterianos en etapas tempranas de una caries y

están involucradas en la respuesta innata y adaptativa de la pulpa para combatir agentes bacterianos al igual que cualquier evento que conlleve a la exposición de una o más partes de la dentina ya sea por trauma o por la remoción de dentina sana.(15) Cuando los agentes patógenos se encuentran localizados en los túbulos dentinarios los odontoblastos son las primeras células con las que se encuentran los agentes patógenos siendo estas las primeras en responder, provocando así una cadena de eventos para proteger la vitalidad pulpar, como la liberación de agentes pro-inflamatorios como las quimosinas y las citoquinas. Esto atrae a varias células inflamatorias al igual que genera una reacción antibacteriana.(18)

2.4 Formación de puente dentinario

El efecto que tienen los materiales utilizados para el recubrimiento pulpar directo ha sido investigado por mucho tiempo. El proceso de recuperación involucra migración de células madres al lugar de la exposición pulpar (19)(20). Uno de los efectos que más se ha estudiado y que se ha asociado con la formación del puente dentinario es la liberación de proteínas que se encuentran en la matriz dentinaria como Factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF – β 1) y adrenomedulina siendo este un efecto causado por la implementación de materiales como el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el MTA al igual que otros materiales utilizados para realizar recubrimientos pulpares directos.(21) Una vez estas proteínas se liberan, estas facilitan la formación de nuevo tejido duro. (22) El proceso reparativo de la

formación del puente dentinario luego de la colocación de un material para recubrimiento pulpar directo es: 1. Inflamación moderada, 2. reclutamiento y avance de células madre maduras de reserva o células progenitoras, 3. Proliferación de las células progenitoras y 4. Diferenciación terminal. Los fibroblastos, células inflamatorias que sufren conversión fenotípica o células madre potencialmente residentes, activadas por las citocinas que se liberan durante el proceso inflamatorio son los responsables de la formación de puentes reparadores dentinarios.

2.5 Recubrimiento pulpar directo

2.5.1 Clasificaciones del recubrimiento pulpar directo

Como consecuencia de la variación en los porcentajes de éxito del tratamiento se decidió realizar una clasificación de los tipos de recubrimiento pulpar directo para poder ayudar a tomar la decisión en cuanto al curso del tratamiento. La clasificación toma en cuenta la necesidad de las habilidades del dependiendo del tipo de exposición siendo la más complicada la clase 2, dejando a la clase 1 como la exposición pulpar no tan crítica considerando que la exposición pulpar fue causada por una exposición traumática.(23)

Clase 1

Este procedimiento de recubrimiento pulpar directo está indicado luego de una fractura dental complicada (con exposición pulpar) o después de una perforación accidental. Clínicamente la pulpa se debe considerar sana y libre de inflamación.

Por último, se debe considerar que la exposición pulpar debe ser pequeña, preferiblemente menor de 1mm de diámetro localizado en el tercio coronal de la cámara pulpar, idealmente que este localizado en un cuerno pulpar. (10)(23)

Clase 2

Casos en los que está presente una lesión cariosa extensa. La exposición pulpar es evaluada después del retiro de toda la zona contaminada con tejido carioso por lo que se espera encontrarse con inflamación pulpar. (24) Podemos encontrarnos con síntomas, los cuales deben ser evaluados para descartar la posibilidad de que sea una pulpitis irreversible. Una pulpitis es considerada reversible en los casos en el cual puede retornar predeciblemente a un estado de normalidad después de retirar el agente irritante. En algunos casos es recomendado la remoción parcial del tejido pulpar afectado.

Recibe el nombre de recubrimiento pulpar directo clase 2 para indicar un tratamiento alternativo lo cual conlleva al uso de diferente instrumental al igual que diferente nivel de complejidad necesitando a un profesional con más experiencia en el campo, como ser un endodoncista. En un escenario ideal el procedimiento se llevaría a cabo utilizando la ayuda de lentes de aumento o en otros casos microscopios para poder remover la mínima cantidad de tejidos sanos. Al igual que el uso de otras herramientas auxiliares es recomendado el uso de una concentración alta de desinfectantes antes de la colocación del recubrimiento pulpar directo utilizando aislamiento absoluto. (10)

2.5.2 Como realizar un recubrimiento pulpar directo

El recubrimiento pulpar directo se define como la colocación de un material odontológico directamente sobre la exposición pulpar ya sea por una exposición traumática o por una exposición mecánica al igual que realizar un sello pulpar para la facilitación de la formación de una dentina reparativa que en este caso se denomina como un puente dentinario.(17)

Está indicada en exposiciones traumáticas o mecánicas en especial en órganos dentales permanentes inmaduros cuyo diagnóstico pulpar sea de una pulpitis irreversible y que al momento de la exposición pulpar la hemorragia pueda ser controlada. Se contraindica en casos en los que el paciente tenga dolor espontaneo en el órgano dental a tratar, cuando la exposición pulpar es demasiado grande, en los casos en los que se encuentra radiográficamente una lesión periradicular y en los casos adonde la exposición pulpar sea acompañada de un exudado purulento.(16)

2.5.3 Diagnóstico

El objetivo de la valoración de la vitalidad pulpar basada en la sintomatología y signos clínicos tiene como objetivo el diagnóstico diferencial del estado del complejo dentino pulpar. Establecer el diagnóstico de una pulpitis irreversible versus el de una pulpitis reversible en dientes inmaduros puede ser un poco subjetivo y las pruebas pueden no siempre determinar o reflejar el actual estado histopatológico de la pulpa. Antes de proceder a realizar el tratamiento el

odontólogo debe evaluar con mucho cuidado toda la información disponible y se recomienda poseer toda la información que sea posible como pruebas radiográficas, los resultados de la evaluación clínica y los resultados de las pruebas térmicas (por ejemplo, prueba térmica con frío). (17) El diagnóstico final verdadero se puede obtener luego de la remoción de la caries ya que puede que los signos y síntomas nos puedan indicar el uso de un recubrimiento pulpar directo, pero, si al momento en el que llegamos a la exposición pulpar no podemos lograr la hemostasia se deberá realizar un tratamiento de conductos radiculares para asegurar el éxito del tratamiento. (25) Se debe de tomar en cuenta de que se considera una inflamación irreversible de la pulpa coronal en los casos en los cuales no se puede logra la hemostasia en los primeros 5 a 10 minutos.(17)

2.5.4 Eliminación de caries

El objetivo principal de la eliminación de la caries es la identificación y la eliminación de la totalidad de los tejidos dentales infectados intentando mantener la mayor cantidad de tejido dental sano. (26)Se recomienda el uso de detector de caries por tinción al igual que lentes de aumento de ser posible para evitar la eliminación excesiva de tejidos dentales sanos. (17) Tomando en cuenta los estudios realizados sobre la remoción de la caries se debe considerar el uso de la remoción selectiva de caries al igual que el uso de un aislamiento absoluto para evitar la contaminación de la zona al momento de encontrarse con una exposición pulpar. (10)

2.5.5 Agentes hemostáticos y antisépticos

Una de las partes clave al momento de realizar un recubrimiento pulpar directo es el rápido control del sangrado luego de la exposición pulpar. Se pueden utilizar varios materiales para un control efectivo de la hemorragia que entre ellos se encuentran varias concentraciones de hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina al 2%, peróxido de hidrogeno al 30%, sulfato férrico, adrenalina, presión directa con bolitas de algodón empapadas en agua estéril o solución salina.(27) (17) En la actualidad el agente hemostático de preferencia es el hipoclorito sódico del 1.5 al 6% siendo este el recomendado al usarlo con la técnica de presión directa con bolitas de algodón. (10) El uso del hipoclorito sódico es considerado uno de los más favorables ya que aparte se logra el control de la hemorragia, logramos la desinfección de toda la cavidad en la que se trabaja. Se ha logrado identificar la eficacia de este agente incluso en concentraciones menores al 0.5% de concentración teniendo así un mejor control de posibles irritaciones de los tejidos adyacentes. (28)

2.5.6 Colocación del material bioactivo sobre la pulpa y del diente.

Seguido de la desinfección de la preparación y de la exposición pulpar se debe lavar levemente la dentina con agua de la triple para poder remover los restos de NaOCl y luego secar la zona con una torunda de algodón. Luego se procede a la colocación del material bioactivo que funcionara como base cavitaria y protector

pulpar. Este mismo se debe de colocar con un espesor de 1.5 mm para una adaptación marginal optima al igual que mejorar el tiempo de fraguado ya sea por auto fraguado o por fotopolimerización. Luego según el material se procede a realizar la reconstrucción el órgano dental. Este paso depende según el material que utilizamos para el recubrimiento pulpar directo, algunos fabricantes recomiendan colocar la restauración final en la misma cita, como en el caso del ProRoot MTA® o el Biodentine™, y otros que recomiendan la colocación de la restauración final en una segunda cita como en el caso del MTA convencional.

Puede ser:

1. En una cita

- a. Se prepara el material de que funcionara como recubrimiento pulpar directo según las instrucciones del fabricante.
- b. Se aplica una pequeña cantidad del material sobre la exposición con un aplicador de bola.
- c. Se retira el exceso de humedad de la zona con una torunda de algodón seca.
- d. Se aplica un pequeño revestimiento de la zona con ionómero de vidrio de preferencia combinado con resina fotopolimerizabe para disminuir los tiempos operatorios.
- e. Se realiza la restauración adhesiva según el criterio del operador.

2. En dos citas

- a. Se prepara el material el que funcionara como recubrimiento pulpar directo según las instrucciones del fabricante.
- b. Se aplica una pequeña cantidad del material sobre la exposición con un aplicador de bola.
- c. Se coloca una torunda de algodón levemente húmeda de preferencia de un grosor aproximado o mayor a 2 mm.
- d. En caso de haber destrucción de alguna pared se procede a reconstruir las mismas para obtener una mejor retención del material provisional al igual que un mejor sellado del mismo.
- e. Se coloca el material provisional y se le dan instrucciones al paciente de no morder nada por ese lado hasta que se realice la restauración final. Se cita para una próxima cita de preferencia en un lapso de 5-10 días.
- f. En la próxima visita antes de administrar anestesia se realiza una anamnesis al paciente. Se le pregunta por la sintomatología y se realiza una prueba de vitalidad pulpar con Endo-Ice®. Si el órgano dental responde de forma negativa se procede a realizar tratamiento de conductos radiculares; de lo contrario seguimos con el protocolo de restauración.

- g. Después de obtener una anestesia profunda, se aísla el diente con una técnica de aislamiento absoluto y se retira el material provisional.
- h. Se retira la torunda de algodón y se eliminan las fibras de algodón incrustadas en el material con una cucharilla.
- i. Se aplica un pequeño revestimiento de la zona con ionómero de vidrio de preferencia combinado con resina fotopolimerizable para disminuir los tiempos operatorios.
- j. Se realiza la restauración adhesiva según el criterio del operador.

(17)

2.5.6 Seguimiento del tratamiento y diagnóstico final.

Después de completar el tratamiento se debe evaluar periódicamente el estado pulpar. Se recomienda que las citas sean programadas 6 semanas, 3 meses, y luego cada 6 meses después de finalizado el tratamiento, realizando pruebas de sensibilidad al frío para determinar el funcionamiento normal de la pulpa al igual que exámenes radiográficos. También puede ser de mucha ayuda citar al paciente 10 días después en el caso de hacer la restauración final en la misma cita del tratamiento para realizar las pruebas de vitalidad pulpar para verificar que el diente responda de forma normal. (29)(17)

Un estudio demostró que el pronóstico de supervivencia a largo plazo puede ser diagnosticado después de 21 a 24 meses después del tratamiento. (30)

2.6 Materiales para recubrimiento pulpar directo

2.6.1 Oxido de Zinc y Eugenol (ZOE)

El óxido de zinc de eugenol se utilizaba como un material de recubrimiento pulpar directo en el pasado ya que tenía propiedades como la sedación del dolor pulpar y tiene propiedades antibacterianas muy buenas, pero no remineralizaba la pulpa no creaba puentes dentinarios. Dado a eso paso a ser un material de recubrimiento pulpar indirecto. (31)

2.6.2 Sistemas adhesivos

Recientemente los sistemas adhesivos tanto como en los sistemas adhesivos de grabado independiente (etch and rinse) han sido puestos en consideración para ser utilizados en como una variable más a los recubrimientos pulpares directos. Donde se han realizado pruebas en dientes indicados para extracción o dientes de animales para apreciar su eficacia. Algo que impide el uso de ellos es que los monómeros de la resina y el ácido fosfórico son citotóxicos para la pulpa dental. (32)

De igual manera independientemente del sistema adhesivo que se use se ha encontrado histológicamente que incluso sin la presencia de bacterias en la pulpa dental, esta técnica ocasiona la respuesta inflamatoria de la pulpa ya que se ha encontrado macrófagos y células gigantes entre la resina y la pulpa dental. De igual manera esta técnica no proporciona un buen sellado marginal, lo que lleva

a una microfiltración. Se debe optar por un material como hidróxido de calcio antes de colocar cualquier sistema adhesivo. (33)(34)

2.6.3 Hidróxido de calcio

Este material por muchos años fue el estándar ideal para el recubrimiento pulpar directo ya que posee propiedades como su biocompatibilidad, un pH alcalino, un efecto antibacterial y forma puentes dentinarios en la zona de aplicación por su composiciones de iones de calcio, no presenta una sensibilidad post operatoria, al contrario de otros materiales(42)

Sus desventajas yacen en su deficiencia como protector térmico y eso se debe a su elasticidad, debido a esto no se puede aplicar más de 0.5mm de espesor ya que no tendrá un buen acople a lo que es la cavidad. (4) . Hoy en día su uso está siendo limitado por los nuevos materiales. (41)

2.6.4 Mineral de trióxido agregado (MTA)

Han estado en desarrollo por más de 20 años con la introducción del MTA siendo este el más conocido de los silicatos tricálcicos. (35) El MTA es utilizado en muchos procedimientos odontológicos entre ellos la apexificación, cirugías apicales, revascularizaciones al igual en procesos de recubrimiento pulpar directo. El MTA es un material considerado altamente biocompatible al igual que es un material que desarrolla todas sus propiedades en un ambiente húmedo.

La fórmula del MTA ha ido cambiando, siendo la primera, color gris, lo que limitaba su uso para los dientes posteriores, luego se reformulo a un MTA blanco

el cual se formuló para poder evitar la pigmentación del órgano dental luego de su aplicación, pero varios estudios demostraron que al igual que el MTA gris se generaba una decoloración en los órganos dentales en los que se utilizaba. (36) Otra de las desventajas que muchos odontólogos tomaban en cuenta es que el tiempo para que el material fraguara era muy elevado teniendo un tiempo inicial de 70 minutos y el tiempo final de fraguado es de 175 minutos según el fabricante por lo cual con el pasar del tiempo se buscaron diferentes soluciones. Un aspecto clave que contiene el MTA es la liberación de iones de calcio, esto más su alto pH induce a la formación de una dentina reparativa. (33) (37)

Nuevos materiales salieron al mercado tomando en consideración todos los problemas que se encontraban en relación con el MTA.

2.6.5 Theracal®

Durante el tiempo que se han utilizado los diferentes materiales como el hidróxido de calcio, el MTA y el Biodentine™® como materiales de recubrimiento pulpar se han visto sus ventajas y desventajas gracias a eso y al desarrollo exponencial que ha tenido la odontología restauradora en los últimos años se ha desarrollado un material en base de silicato tricálcico foto curable. (43)

Estas nuevas características tienen como ventaja su adhesión a la restauración definitiva. Este se puede utilizar tanto como recubrimiento pulpar directo e indirecto. Una de sus propiedades claves es la liberación de iones de calcio para la Re-mineralización de los tejidos, propiedad que comparte con Biodentine™®

pero una diferencia es que este último libera más iones de calcio en el mismo periodo de tiempo.(44)

Cuando queremos comparar el Theracal® con el hidróxido de calcio, la gran diferencia es que el Theracal® no libera iones de hidróxido cálcico, sino que libera iones de hidroxilo estos de diferencias en su pH siendo un pH muy alcalino (aprox. 10.6 en las primeras 3 horas) ocasionando una irritación pulpar. La irritación crea una respuesta defensiva de la pulpa formando así la dentina reparativa.(45)

Gracias a su solubilidad este puede adherirse a los diferentes fluidos dentinarios y pulpares a diferencia de sus competidores. Lo que forma una capa protectora donde difícilmente puede pasar microorganismos y bacterias en un largo periodo de tiempo. Durante su etapa de formación se forman cristales de hidroxiapatita y esto ayuda a la formación del puente dentinario y proporciona una mejor adhesión a los materiales dentales.(46) (47)

En la aplicación del Theracal® se deben tomar en cuenta varias consideraciones, una de ellas es que es un cemento fotocurable de baja intensidad. Se debe tener cuidado con la luz del consultorio a la hora de colocarlo. Este posee un color blanco y puede afectar el color de la restauración final ya que los materiales son translucidos debido a eso no se debe de colocar más de un 1 mm de espesor. Y foto curar por 20 segundos(48)

Las desventajas que se encuentra del material es la respuesta inflamatoria y citotoxicidad a comparación con el Biodentine™. Tanto como algunos autores como Jeanneau y colaboradores recomiendan no usarlo como material de recubrimiento pulpar directo por su efecto citotóxico a los fibroblastos de la pulpa y solo usarlo indirectamente. Y por último la calidad de su puente dentinario es inferior a la del MTA y Biodentine™(49)

2.6.6 Biodentine™

El Biodentine™ surgió fue introducido en el mercado aproximadamente en el año 2009. Siendo un material revolucionario, hecho de silicato tricálcico y óxido de zirconio. Su presentación en el mercado se encuentra en polvo y líquido y estos se mezclan para crear el material. El polvo a diferencia de los otros materiales es más fino dando una reacción más rápida a la hora de fraguarse. (36) (39) (37)(40) (50)

Biodentine™ presenta una vez puesto en la pulpa una capa más espesa de calcio contra sus competidores como el Thercal™ y el hidróxido de calcio. Y sus ventajas son su tiempo de fraguado que es aproximadamente de nueve minutos. La formación de un puente dentinario de alta calidad y su tasa de éxito de 99.99% a diferencia de sus competidores.(51)

2.6.7 Hidroxiapatita sintética.

La hidroxiapatita es un material biocompatible que sus funciones se destacan por su alta eficacia en osteosíntesis, osteointegración y muchas otras funciones

dentro de la odontología. Esta también fue utilizada como un agente para recubrimiento pulpar directo, donde en muchos escenarios ocasiono una necrosis pulpar. Debido a esto, gracias a la nano tecnología se ha introducido una nueva Nano Hidroxiapatita con mejores propiedades para ser utilizada como material en recubrimiento pulpar directo. (52)

Este nuevo material, comparte muchas similitudes a los resultados del MTA, como la formación de un puente dentinario a partir de los 30 días de su aplicación.

Las ventajas de la nano hidroxiapatita son:

1. Permite el paso de nutrientes por el puente dentinario
2. Es biodegradable
3. Biocompatible
4. Tiene una fuerza mecánica adecuada y es antibacterial.
5. Eventualmente en un futuro este material será una opción más para el recubrimiento pulpar directo. (52,53) (54)

2.7 Resultados

Autor	Tipo de estudio	Edad (muestra)	Seguimiento (días)	Materiales	Porcentaje de éxito	Respuesta inflamatoria	Formación de Puente Dentinario
Min et al 2008(55)	RCT	21-50 (20)	60	Proroot MTA® Dycal®	N/A	Proroot (100%) Dycal (90%)	Proroot (100%) Dycal (60%)
Shanhravan et al.,2011(56)	RCT	20-24 (36)	30	Proroot MTA®	N/A	30%	40%
Accord internet et al., 2009(57)	RCT	25-42(40)	60	MTA Ángelus®	N/A	30%	60%
Nair et al.,2008(58)	RCT	18-30 (35)	90	Dycal®	N/A	100%	0%
Qudeimat et al., 2007(59)	RCT	6.8-10.3 (64)	2 años	Hidróxido de calcio	91%	N/A	55%
Mente et al.,2014(60)	CS	N/A (229)	1260	MTA	80%	N/A	N/A
Horsted et al., 1985(61)	CS	10-79(510)	1800	Dycal® (Dentsplay)	82%	n/a	N/A
Mente et al.,2010(62)	CS	8-78(167)	360-2400	Hidróxido de Calcio	78%	N/A	N/A
Miles et al.,2010(63)	CS	21-85 (75)	360-810	MTA	61%	N/A	N/A
Brizuela et al.,2017(64)	RCT	11 (56)	365	MTA	86%	N/A	N/A
Brizuela et al.,2017(64)	RCT	11(53)	365	hidróxido de calcio	87%	N/A	N/A
Brizuela et al.,2017(64)	RCT	11(60)	365	BiodentineTM®	100%	N/A	N/A

2.7.1 BiodentineTM® vs Hidróxido de calcio.

Durante décadas el hidróxido de calcio fue el Gold estándar para recubrimiento pulpar directo e indirecto, pero la introducción de materiales a base de silicatos de calcio ha ido desplazándolo. Las desventajas del hidróxido de calcio recaen en los puentes de dentina que forma, estos han demostrado ser de una calidad menor a su competencia ya que forma túneles como defecto y se han demostrado el fracaso de la reparación cuando estos se forma. Otra desventaja que presenta

el clínico en su utilización es que el material requiere un ambiente totalmente seco, añadiendo un reto mayor a su aplicación y, por último, pero no menos importante, es su disolución en un periodo prologado de tiempo. El Biodentine™ Forma un puente dentinario de mayor calidad que el hidróxido de calcio y su permanencia en el órgano dental ha sido de manera prolongada sin afectar su efectividad en el tratamiento de recubrimiento pulpar directo.(58,64)

2.7.2 Biodentine™ vs Mineral De trióxido Agregado.

El mineral de trióxido agregado (MTA) fue el primer material biocompatible que desplazo al hidróxido de calcio por su formación de puente dentinario de mayor de espesor da un mejor pronostico. El MTA se sigue siendo utilizado hoy en día, y no hay discusión que es un material excelente, pero este contiene unos defectos importantes.

El tiempo de fraguado del material obliga al cirujano dentista a que el tratamiento se efectué en una cita larga o en 2 citas, creando la posibilidad de contaminación y un futuro fracaso al tratamiento, otro dato a observar es que el material contiene Oxido de bismuto, esto crea una coloración oscura al órgano dental, siendo no placentero estéticamente para el paciente.

El Biodentine™ viene a remediar todos los problemas que persiguen al MTA. Ya que su tiempo de fraguado es veloz, aproximadamente 12 minutos, tiene una fuerza mecánica excelente, su adhesión a la dentina es increíble y la manipulación es fácil, no induce a una descoloración dental Siendo este el nuevo Gold standard en materiales de recubrimiento pulpar directo.(55,64)

2.7.3 Discusión

La preservación de la pulpa es indispensable en la odontología moderna y el uso de biomateriales ha permitido al cirujano Dentista disponer de métodos más conservadores para prolongar la vitalidad del órgano dental como lo es la técnica de recubrimiento pulpar directo.

Durante las últimas décadas han salido al mercado diferentes materiales el cual el odontólogo tiene a disposición como lo son el Hidróxido de calcio, El mineral de trióxido agregado y Biodentine™ cada uno con diferentes características, uso, tiempo de fraguado, consistencia y propiedades. Donde el odontólogo evaluará que material le permitirá alcanzar el resultado deseado.

En un estudio reciente, el autor Brizuela y colaboradores demuestran la superioridad clínica del Biodentine™ respecto a Hidróxido de calcio y MTA en molares de pacientes jóvenes donde el Biodentine™ tuvo una eficacia del 100% en un periodo prolongado de tiempo.

En nuestro análisis comparativo se encontró una fuerte evidencia que el Biodentine™ es el material de mayor porcentaje de éxito en comparación a otros materiales como el Dycal®, MTA, CaOH, Theracal, al igual que otras variaciones del MTA como el MTA Ángelus® y el ProRoot MTA® basándonos en 3 factores que son el porcentaje de éxito, la respuesta inflamatoria y la formación del puente dentinario. (55) (56) (57–60,62–64)

El Biodentine™ demostró ser biocompatible, antibacterial, buena estabilidad, la habilidad de crear un buen sellado y demostró superioridad al momento de la formación del puente dentinario. Ventajas adicionales que posee el Biodentine™ es la fácil manipulación y rápido fraguado en comparación a otros materiales como el MTA.

En este análisis comparativo se concluyó que el Biodentine™ tiene una respuesta inflamatoria baja al igual que una mejor formación del puente dentinario en comparación de otros materiales al igual que poseer la mejor probabilidad de éxito. (64) De cualquier manera debe de ser mencionado que la experiencia y la formación del operador es una parte fundamental en cuanto al éxito del tratamiento ya que los mejores resultados se encuentran en los casos en los que el operador se auxilió tanto de un vasto conocimiento de la pulpa en caso de ser un endodoncista como de instrumentos de magnificación que requieren preparación para poder utilizarlos.

CAPITULO III: METODOLOGIA

La búsqueda bibliográfica se realizó en diferentes plataformas digitales como ser SciELO, PubMed, Google académico, libros de texto, artículos de revistas, tesis y revisiones bibliográficas conjugando los términos “recubrimiento pulpar directo”, “BiodentineTM®”, “MTA”, “Direct Pulp Capping” “Calcium Hydroxide” “Dental Cativies”, “Theracal® pulp capping”, “Sistemas adhesivos en recubrimiento pulpar directo”, “ZOE” y “Agentes hemostáticos” incluyendo en su mayoría artículos en inglés.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. Tomando en cuenta los datos recolectados se concluyó que el material de elección al momento de realizar un recubrimiento pulpar directo es el Biodentine™®, ya que este es el material con el que se ha logrado una mayor probabilidad de éxito, pero se debe de tomar en cuenta otros factores como el protocolo de trabajo tomado para realizar el recubrimiento pulpar directo.
2. Se ha determinado que el puente dentinario con las características ideales es aquel que posee un grosor de mínimo 2 mm, la estructura de los tubulos dentinario es ordenada y presente similitud con la de la dentina primaria o secundaria.
3. Se determino que para poder realizar el diagnostico final se debe esperar un lapso de 21-24 meses, en los cuales el paciente debe continuar con sintomatología de una pulpa sana y en los exámenes radiográficos no se logró evidenciar ninguna alteración en los tejidos periradiculares.
4. Tomar en cuenta que un factor de suma importancia en los resultados del tratamiento es la edad del paciente ya que se ha demostrado que la concentración de TGF-B1 disminuye en los pacientes con el paso de los años.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Utilizar un aislamiento absoluto ya que ha sido demostrado que los resultados son más favorables debido a que se evita el contacto de la pulpa con otros agentes.
2. Explicarle al paciente las complicaciones que se pueden dar a medida se va avanzando con el tratamiento y los tratamientos alternativos que se pueden realizar en caso de que el tratamiento fracase.
3. Informar al paciente acerca de la importancia de las evaluaciones subsiguientes ya que en ocasiones los pacientes dejan de asistir a las evaluaciones por falta de sintomatología lo que no descarta el fracaso de del tratamiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Dammaschke P T. The History of Direct Pulp Capping. :16.
2. Delgado FLY, Yepes CAC. EL HIDRÓXIDO DE CALCIO, COMO PARADIGMA CLÍNICO, ES SUPERADO POR EL AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL (MTA)). 2013;25:32.
3. Paula AB, Laranjo M, Marto CM, Paulo S, Abrantes AM, Casalta-Lopes J, et al. Direct Pulp Capping: What is the Most Effective Therapy?—Systematic Review and Meta-Analysis. J Evid Based Dent Pract. diciembre de 2018;18(4):298–314.
4. Arandi N. Calcium hydroxide liners: a literature review. Clin Cosmet Investig Dent. julio de 2017;Volume 9:67–72.
5. Ricketts D. Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. Restorative Dent. 2001;191(11):5.
6. Shahi S, Fakhri E, Yavari H, Maleki Dizaj S, Salatin S, Khezri K. Portland Cement: An Overview as a Root Repair Material. Feitosa V, editor. BioMed Res Int. el 6 de enero de 2022;2022:1–13.
7. Palczewska-Komsa M, Kaczor-Wiankowska K, Nowicka A. New Bioactive Calcium Silicate Cement Mineral Trioxide Aggregate Repair High Plasticity (MTA HP)—A Systematic Review. Materials. el 14 de agosto de 2021;14(16):4573.

8. Ranly DM, Garcia-Godoy F. Current and potential pulp therapies for primary and young permanent teeth. *J Dent.* marzo de 2000;28(3):153–61.
9. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Chua P, Elamin AD, Clarke M, et al. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* abril de 2021;54(4):556–71.
10. Bjørndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* julio de 2019;52(7):949–73.
11. Komabayashi T, Zhu Q, Eberhart R, Imai Y. Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dent Mater J.* 2016;35(1):1–12.
12. Kunert M, Lukomska-Szymanska M. Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping—A Review Article. *Materials.* el 7 de marzo de 2020;13(5):1204.
13. Brizuela C, Ormeño A, Cabrera C, Cabezas R, Silva CI, Ramírez V, et al. Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* noviembre de 2017;43(11):1776–80.
14. Shah D, Lynd T, Ho D, Chen J, Vines J, Jung HD, et al. Pulp–Dentin Tissue Healing Response: A Discussion of Current Biomedical Approaches. *J Clin Med.* el 5 de febrero de 2020;9(2):434.

15. Fehrenbach MJ, Popowics T. Illustrated dental embryology, histology, and anatomy. 4. ed. Riverport Lane, Md: Elsevier; 2016. 335 p.
16. Cohenca N, Paranjpe A, Berg J. Vital Pulp Therapy. Dent Clin North Am. enero de 2013;57(1):59–73.
17. Kenneth M. Hargreaves. Vias de la Pulpa. Undecima edicion. España: Elsevier; 2016. 906 p.
18. Yumoto H, Hirao K, Hosokawa Y, Kuramoto H, Takegawa D, Nakanishi T, et al. The roles of odontoblasts in dental pulp innate immunity. Jpn Dent Sci Rev. agosto de 2018;54(3):105–17.
19. Salehi S, Cooper P, Smith A, Ferracane J. Dentin matrix components extracted with phosphoric acid enhance cell proliferation and mineralization. Dent Mater. marzo de 2016;32(3):334–42.
20. Song M, Yu B, Kim S, Hayashi M, Smith C, Sohn S, et al. Clinical and Molecular Perspectives of Reparative Dentin Formation. Dent Clin North Am. enero de 2017;61(1):93–110.
21. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization: Biodentine induces mineralisation and TGF-β1 release. Int Endod J. mayo de 2012;45(5):439–48.

22. Ishimatsu H, Kitamura C, Morotomi T, Tabata Y, Nishihara T, Chen KK, et al. Formation of Dentinal Bridge on Surface of Regenerated Dental Pulp in Dentin Defects by Controlled Release of Fibroblast Growth Factor-2 From Gelatin Hydrogels. *J Endod.* junio de 2009;35(6):858–65.
23. Bjørndal L, Fransson H, Bruun G, Markvart M, Kjældgaard M, Näsman P, et al. Randomized Clinical Trials on Deep Carious Lesions: 5-Year Follow-up. *J Dent Res.* julio de 2017;96(7):747–53.
24. European Society of Endodontology (ESE) developed by:, Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* julio de 2019;52(7):923–34.
25. Lin LM, Ricucci D, Saoud TM, Sigurdsson A, Kahler B. Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. *Aust Endod J.* abril de 2020;46(1):154–66.
26. Dental caries.pdf.
27. Quintero Parada E, Sabater Recolons M, Chimenos Kustner E, López López J. Hemostasia y tratamiento odontológico. *Av En Odontoestomatol* [Internet]. octubre de 2004 [citado el 24 de marzo de 2022];20(5). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852004000500005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

28. Tüzüner T, Alacam A, Altunbas DA, Gokdogan FG, Gundogdu E. Clinical and radiographic outcomes of direct pulp capping therapy in primary molar teeth following haemostasis with various antiseptics: a randomised controlled trial. *Eur J Paediatr Dent*. 2012 Dec;13(4):289-92. PMID: 23270285.
29. Bogen G, Kim JS, Bakland LK. Direct Pulp Capping With Mineral Trioxide Aggregate. *J Am Dent Assoc*. marzo de 2008;139(3):305–15.
30. Nie E, Yu J, Jiang R, Liu X, Li X, Islam R, et al. Effectiveness of Direct Pulp Capping Bioactive Materials in Dentin Regeneration: A Systematic Review. *Materials*. el 11 de noviembre de 2021;14(22):6811.
31. Arandi NZ, Rabi T. Cavity Bases Revisited. *Clin Cosmet Investig Dent*. julio de 2020;Volume 12:305–12.
32. Poimenova A, Kitraki E, Kakaboura A, Rahiotis C. Early responses of human pulp to direct capping with resin adhesive systems and calcium hydroxide. *Dent Mater*. abril de 2018;34(4):e73–82.
33. Nowicka A, Łagocka R, Lipski M, Parafiniuk M, Grocholewicz K, Sobolewska E, et al. Clinical and Histological Evaluation of Direct Pulp Capping on Human Pulp Tissue Using a Dentin Adhesive System. *BioMed Res Int*. 2016;2016:1–9.

34. Nowicka A, Parafiniuk M, Lipski M, Lichota D, Buczkowska-Radlinska J. Pulpodentin complex response after direct capping with self-etch adhesive systems. *Folia Histochem Cytobiol.* 2012;9.
35. Giraud T, Jeanneau C, Rombouts C, Bakhtiar H, Laurent P, About I. Pulp capping materials modulate the balance between inflammation and regeneration. *Dent Mater.* enero de 2019;35(1):24–35.
36. Duarte MAH, Marciano MA, Vivian RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res* [Internet]. el 18 de octubre de 2018 [citado el 25 de enero de 2022];32(suppl 1). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242018000500605&lng=en&tlng=en
37. Kaur M. MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2017 [citado el 25 de enero de 2022]; Disponible en: http://jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2017&volume=11&issue=8&page=ZG01&issn=0973-709x&id=10374
38. Youssef AR, Emara R, Taher MM, Al-Allaf FA, Almalki M, Almasri MA, et al. Effects of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide, biodentine and Emdogain on osteogenesis, Odontogenesis, angiogenesis and cell viability of dental pulp stem cells. *BMC Oral Health.* diciembre de 2019;19(1):133.

39. Lipski M, Nowicka A, Kot K, Postek-Stefańska L, Wysoczańska-Jankowicz I, Borkowski L, et al. Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine. *Clin Oral Investig.* junio de 2018;22(5):2021–9.
40. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGE, Anthonappa RP. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent.* febrero de 2018;19(1):1–22.
41. Corral Nuñez CM, Bosomworth HJ, Field C, Whitworth JM, Valentine RA. Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate Induce Similar Cellular Responses in a Fibroblast Cell Line. *J Endod.* marzo de 2014;40(3):406–11.
42. Kundzina R, Stangvaltaite L, Eriksen HM, Kerosuo E. Capping carious exposures in adults: a randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *Int Endod J.* octubre de 2017;50(10):924–32.
43. Arandi NZ, Rabi T. TheraCal LC: From Biochemical and Bioactive Properties to Clinical Applications. *Int J Dent.* 2018;2018:1–6.
44. Arandi NZ, Rabi T. TheraCal LC: From Biochemical and Bioactive Properties to Clinical Applications. *Int J Dent.* 2018;2018:1–6.
45. Camilleri J. Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. *Dent Mater.* julio de 2014;30(7):709–15.

46. Poggio C, Lombardini M, Colombo M, Beltrami R, Rindi S. Solubility and pH of Direct pulp Capping Materials: A Comparative Study. *J Appl Biomater Funct Mater.* julio de 2015;13(2):181–5.
47. Meraji N, Camilleri J. Bonding over Dentin Replacement Materials. *J Endod.* agosto de 2017;43(8):1343–9.
48. Jeanneau C, Laurent P, Rombouts C, Giraud T, About I. Light-cured Tricalcium Silicate Toxicity to the Dental Pulp. *J Endod.* diciembre de 2017;43(12):2074–80.
49. Bakhtiar H, Nekoofar MH, Aminishakib P, Abedi F, Naghi Moosavi F, Esnaashari E, et al. Human Pulp Responses to Partial Pulpotomy Treatment with TheraCal as Compared with Biodentine and ProRoot MTA: A Clinical Trial. *J Endod.* noviembre de 2017;43(11):1786–91.
50. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent.* febrero de 2018;19(1):1–22.
51. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization: Biodentine induces mineralisation and TGF-β1 release. *Int Endod J.* mayo de 2012;45(5):439–48.
52. Swarup S, Rao A, Boaz K, Srikant N, Shenoy R. Pulpal Response to Nano Hydroxyapatite, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide when Used as

- a Direct Pulp Capping Agent: An in Vivo study. *J Clin Pediatr Dent.* el 1 de abril de 2014;38(3):201–6.
53. Haghgoo R, Asgary S, Abbas FM, Hedeshi RM. Nano-Hydroxyapatite and Calcium-Enriched Mixture for Pulp Capping of Sound Primary Teeth: A Randomized Clinical Trial. :5.
54. Yoshida S, Sugii H, Itoyama T, Kadowaki M, Hasegawa D, Tomokiyo A, et al. Development of a novel direct dental pulp-capping material using 4-META/MMA-TBB resin with nano hydroxyapatite. *Mater Sci Eng C.* noviembre de 2021;130:112426.
55. Min KS, Park HJ, Lee SK, Park SH, Hong CU, Kim HW, et al. Effect of Mineral Trioxide Aggregate on Dentin Bridge Formation and Expression of Dentin Sialoprotein and Heme Oxygenase-1 in Human Dental Pulp. *J Endod.* junio de 2008;34(6):666–70.
56. Shahravan A, Jalali SP, Torabi M, Haghdoost AA, Gorjestani H. A histological study of pulp reaction to various water/powder ratios of white mineral trioxide aggregate as pulp-capping material in human teeth: a double-blinded, randomized controlled trial: Human pulp reaction to MTA. *Int Endod J.* noviembre de 2011;44(11):1029–33.
57. Accorinte M de LR, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan E, et al. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. *J Endod.* enero de 2008;34(1):1–6.

58. 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*. el 23 de octubre de 2007;0(0):071026203843001-???
59. Qudeimat MA, Barrieshi-Nusair KM, Owais AI. Calcium Hydroxide vs. Mineral Trioxide Aggregates for Partial Pulpotomy of Permanent Molars with Deep Caries. *Eur Arch Paediatr Dent*. junio de 2007;8(2):99–104.
60. 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*. noviembre de 2014;40(11):1746–51.
61. Hørsted P, Søndergaard B, Thylstrup A, El Attar K, Fejerskov O. A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds. *Dent Traumatol*. febrero de 1985;1(1):29–34.
62. 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*. mayo de 2010;36(5):806–13.
63. Miles JP, Gluskin AH, Chambers D, Peters OA. Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate (MTA): A Retrospective Analysis of Carious Pulp Exposures Treated by Undergraduate Dental Students. *Oper Dent*. el 1 de enero de 2010;35(1):20–8.

64. Brizuela C, Ormeño A, Cabrera C, Cabezas R, Silva CI, Ramírez V, et al. Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* noviembre de 2017;43(11):1776–80.