

PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES
MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE

(Revisión Bibliográfica)



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIO DE POSTGRADO
POSTGRADO DE ENDODONCIA



“ PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES
MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE ”

(Revisión Bibliográfica)

Autor: Od. Andrés Hernández

Tutor de contenido: Prof. Francisco Farías R.

Valencia, 2022



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIO DE POSTGRADO
POSTGRADO DE ENDODONCIA



**“ PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES
MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE ”**

(Revisión Bibliográfica)

Trabajo adscrito a la estructura de investigación UNIMPA, en la línea de Investigación en Rehabilitación del Sistema Estomatognático y la temática Rehabilitación Anatomo Funcional y la subtemática Técnicas de Restauración y Rehabilitación en Endodoncia.

Autor: Od. Andrés Hernández **Tutor de contenido:** Prof. Francisco Farías R.

Valencia, 2022



ACTA DE VEREDICTO DEL TRABAJO DE GRADO

En atención a lo dispuesto en los Artículos 139 y 140 del reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como jurados designados por el consejo de Postgrado de la Facultad de Odontología, de acuerdo a lo previsto en el artículo 136 del citado Reglamento, para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado:

"PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLES E IRREVERSIBLE. (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)"

Presentada para optar el grado de Especialista en Endodencia, por el aspirante **ANDRÉS EDUARDO HERNÁNDEZ CHAPARRO**, titular de la cédula de identidad N° V- 20.577.104, realizado bajo la tutoría de el Prof. Francisco Farias titular de la cédula de identidad N° V- 3.637.864 habiendo examinado el trabajo presentado, se dice que el mismo está **APROBADO**.

En Bárbula a los 24 días del mes de noviembre del 2022.

Jurado Evaluador:

Prof. Andreina Curiel
Ci: 18.747.585



Prof. Francisco Farias
Ci: 3.637.864

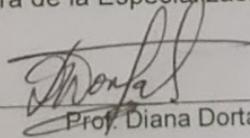
Prof. Maria Gabriela Avendaño
Ci: 17.777.225

ACTA DE APROBACIÓN

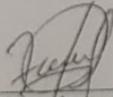
La Comisión Coordinadora del Programa de Especialización en Endodoncia, es uso de sus atribuciones que le confiere el Artículo 126 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo y en concordancia con el Documento del Rediseño Curricular en la Especialización de Endodoncia expresa que una vez evaluado el proyecto del Trabajo Especial de Grado titulado: **"PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE"**; presentado por el Odontólogo **ANDRÉS EDUARDO HERNÁNDEZ CHAPARRO**, portador (a) de la documento de identidad **N° V- 20.577.104**; considera que el mismo, de acuerdo a los objetivos planteados en el mencionado proyecto, cumple con los requisitos de Adscripción a las Líneas de Investigación, Normas de Bioética y Bioseguridad de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo y en consecuencia se considera **APROBADO**.

En Valencia a los 11 días del mes de noviembre de 2022.

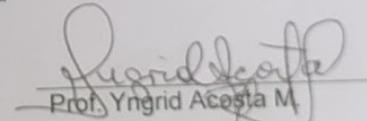
Por la Comisión Coordinadora de la Especialización en Endodoncia.



Prof. Diana Dorta
Coordinador del Programa



Prof. Francisco Farías
Miembro



Prof. Yngrid Acosta M.
Miembro

cj.-



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA**

VEREDICTO

Quienes suscribimos, miembros del Jurado designado para la evaluación de Trabajo de Grado titulado: “ **PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE**”; presentado por el Odontólogo Andrés Eduardo Hernández Chaparro, portador del documento de identidad V-20.577.104 para optar al título de Especialista en Endodoncia, estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como: Mérito de Grado en el programa de la especialidad de Endodoncia.

Nombre Apellido C.I Firma

En Valencia a los ___ días del mes de _____ del año 2022



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

CONSTANCIA DE CULMINACIÓN DE TUTOR DE CONTENIDO

En mi carácter de tutor de contenido del trabajo especial de grado titulado **PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE**, presentado por la Od Andrés Eduardo Hernández Chaparro Cédula de Identidad 20.577.104 como requerimiento para optar al título de Especialista en Endodóncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo, considero que dicho trabajo fue realizado bajo el rigor metodológico y reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a consideración, presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Valencia, a los 5 días del mes de Noviembre, del año 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Farias', is positioned above the typed name.

Dr. Francisco Farias
C.I.: 3.637.864
Especialista en Endodóncia

DEDICATORIA

A mis Profesores del Postgrado por su invaluable compromiso y dedicación.

A mi familia por ser el más grande apoyo, demostrarme amor sincero y motivarme
constantemente durante esta aventura.

ADRADECIMIENTOS

A mi mamá por siempre apoyarme y darme su amor incondicional, por haberme educado y hacer de mí la persona que hoy soy.

A mi esposa por motivarme siempre en este camino de formación

A mis hermanas por demostrarme siempre su cariño y animarme en esta etapa.

A todos mis profesores por compartir su tiempo y conocimiento, especialmente a la profesora Diana Dorta por su manera de transmitir con empatía toda su experiencia. A las profesoras Liliana, Patricia, Marietta y Ludymila por contribuir en mi formación, siempre las recordaré con mucho cariño.

A la Dra. Gabriela Vidal por apadrinarme y apoyarme en este proyecto

A mi estimado Profesor Francisco Farías por su humildad y dedicación, gracias por acompañarme en esta investigación.

A mis amigos de Postgrado, Mari, Juan, Rebe, Carle, Nelsin, Gigi y Luisa, por formar un excelente grupo y crear lazos de amistad para toda la vida.

A mi compañera Rebeca, por abrirme las puertas de su casa como uno más de su familia.

A mi querida Lucy por siempre apoyarnos con una sonrisa

Al Postgrado de Odontología de la Universidad de Carabobo, su personal docente, administrativo y obrero, orgullosa de pertenecer a esta casa de estudio.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA**

**PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO DE PULPOTOMÍAS EN DIENTES PERMANENTES
MADUROS DIAGNOSTICADOS CON PULPITIS REVERSIBLE O IRREVERSIBLE. (Revisión
Bibliográfica)**

Línea de Investigación: Rehabilitación del Sistema Estomatognático

Temática: Rehabilitación Anatómico Funcional

Subtemática: Rehabilitación en Odontología (Endodoncia)

Fecha: Noviembre, 2022

Autor: Andrés Hernández

Tutor: Francisco Farías

Resumen

La Terapia pulpar Vital (TPV) se basa en un concepto de mínima invasión donde se aplican distintas estrategias de tratamiento con la finalidad de preservar el tejido pulpar luego de un proceso inflamatorio. Dentro de estas estrategias mencionadas, incluyen la pulpotomía parcial y total, proceso en el cual se extrae el tejido pulpar coronal enfermo/inflamado para luego colocar un biomaterial de recubrimiento y la restauración coronal definitiva. Tradicionalmente, las pulpotomías se limitaban al tratamiento en dientes temporales cariados y traumatizados. Sin embargo, actualmente existen diferentes ensayos clínicos que han probado que la pulpotomía en dientes permanentes maduros es una alternativa predecible, aun en casos diagnosticados con pulpitis irreversible. La presente investigación documental de diseño bibliográfico tuvo como objetivo analizar el pronóstico de la pulpotomía en dientes diagnosticados con pulpitis reversible o irreversible, a través del análisis de la evidencia científica publicada hasta la fecha y la descripción de los factores determinantes para que se de la reparación pulpar. Se realizó una búsqueda de artículos de revistas científicas indexadas, a través de la búsqueda electrónica en PubMed, Sciencedirect, Medline, y Google Académico. Conclusiones: La tasa de éxito de la pulpotomía varía entre 75-96% mostrando ser una alternativa de tratamiento en el manejo de la inflamación pulpar por caries, trauma o procedimientos restaurativos. En comparación al tratamiento endodóntico, la pulpotomía representa una opción menos invasiva de tratamiento, técnicamente más fácil de ejecutar y consume menos tiempo operatorio.

Palabras clave: Pulpotomía, terapia pulpar vital, pulpitis, tratamiento endodóntico no quirúrgico, dientes permanentes maduros.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA**

PROGNOSIS OF PULPOTOMY TREATMENT IN MATURE PERMANENT TEETH DIAGNOSED WITH REVERSIBLE OR IRREVERSIBLE PULPITIS. (Bibliographic review)

Research Line: Stomatognathic System Rehabilitation

Theme: Functional Anatomy Rehabilitation

Subtheme: Rehabilitation in Dentistry (Endodontics)

Date: November, 2022

Author: Andrés Hernández

Tutor: Francisco Farías

Abstract

Vital Pulp Therapy (VPT) is based on a concept of minimal invasion where different treatment strategies are applied in order to preserve the pulp tissue after an inflammatory process. Within these mentioned strategies, they include partial and total pulpotomy, a process in which the diseased/inflamed coronal pulp tissue is extracted to later place a biomaterial covering and then the definitive coronal restoration. Traditionally, pulpotomies were limited to the treatment of decayed and traumatized primary teeth. However, there are currently different clinical trials that have proven that pulpotomy in mature permanent teeth is a predictable alternative, even in cases diagnosed with irreversible pulpitis. The present documentary research of bibliographic design aimed to analyze the prognosis of pulpotomy in teeth diagnosed with reversible or irreversible pulpitis, through the analysis of the scientific evidence published to date and the description of the determining factors for the repair to take place. pulp. A search of articles from indexed scientific journals was carried out, through the electronic search in PubMed, Sciencedirect, Medline, Scielo and Google Scholar. Conclusions: The success rate of pulpotomy varies between 75-96% showing that it is an alternative treatment in the management of pulpal inflammation due to caries, trauma or restorative procedures. Compared to endodontic treatment, pulpotomy represents a less invasive treatment option, technically easier to perform and consumes less operative time.

Keywords: Pulpotomy, vital pulp therapy, pulpitis, non-surgical endodontic treatment, mature permanent teeth.

Índice General

	Pag
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	12
Revisión Bibliográfica	21
Fisiología del complejo Dentino-Pulpar.....	21
Etiopatogenia de la enfermedad pulpar.....	22
Respuesta de la pulpa a los procedimientos restaurativos.....	23
Respuesta de la pulpa a traumatismos.....	24
Respuesta de la pulpa a la caries.....	25
Clasificación de las patologías pulpares	27
Correlación del diagnóstico clínico con el histopatológico	29
Terapia pulpar vital: fundamentos y objetivos.....	31
Tipos de terapia pulpar vital y manejo clínico: recubrimiento directo, indirecto, pulpotomía total y parcial.....	32
Factores a considerar en la terapia pulpar vital.....	35
Discusión.....	45
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

INTRODUCCIÓN

La caries dental en los dientes permanentes representa la enfermedad más prevalente en todo el mundo. La caries no tratada puede progresar e inducir una inflamación severa en la pulpa dental, lo que resulta en dolor, necrosis pulpar y formación de abscesos¹. La pulpa dental responde a la caries mediante una compleja respuesta inflamatoria que actualmente se describe de forma simple dicotómica como pulpitis reversible o irreversible.

En dicho sentido, vale recordar, que la pulpitis reversible es un diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos que indican que la inflamación debe resolverse siguiendo el manejo apropiado de la etiología. La pulpitis irreversible, por otro lado, indica una pulpa severamente afectada que es incapaz de retornar a la normalidad histofisiológica y para la cual está indicado, usualmente, su extirpación total, es decir, un tratamiento de conducto.

Ahora bien, este tratamiento generalmente tiene una alta tasa de éxito pero puede resultar destructivo, costoso, técnicamente desafiante y requiere mucho tiempo. La extracción del tejido pulpar también puede debilitar

estructuralmente el diente, haciéndolo más susceptible a fracturas, infecciones y caries¹. Estos problemas resaltan la importancia de mantener la vitalidad pulpar para la salud del diente y demuestran la necesidad clínica de desarrollar soluciones mínimamente invasivas de base biológica en la odontología restauradora.

En dicho orden de ideas, la terapia vital pulpar (TVP) es el tratamiento de la pulpa inflamada de un diente con el objetivo de preservar el tejido pulpar sano y libre de infección². Este procedimiento está indicado en dientes que han sido afectados por caries, traumatismos o procedimientos de restauración. Los diferentes tipos de TVP se pueden clasificar en recubrimiento pulpar indirecto, directo, pulpotomía parcial y pulpotomía completa^{1,2}.

La pulpotomía es entonces, un procedimiento mínimamente invasivo mediante el cual el tejido pulpar inflamado / enfermo se remueve de la cámara pulpar del diente dejando tejido pulpar sano que, posteriormente se cubre con un biomaterial que mantiene la vitalidad pulpar y promueve la reparación¹. El procedimiento puede ser parcial (mediante el cual se remueve 2-3 mm de la pulpa coronal) o pulpotomía completa (en la que se remueve toda la pulpa coronal)¹.

A través de la revisión de algunos estudios recientes^{1,2,3}, se ha evidenciado, que en dientes permanentes maduros, la pulpotomía coronal es efectiva como un procedimiento de alivio del dolor de emergencia antes del

tratamiento de conducto. Igualmente, con el desarrollo de materiales bioactivos y la mejora de la biocompatibilidad, la pulpotomía se ha vuelto a investigar como tratamiento definitivo de los dientes permanentes con pulpitis.

En tal sentido, y tras la observación de algunas revisiones sistemáticas^{1,3,4} se muestra que las tasas de éxito de los tratamientos de conducto, no han mejorado en las últimas cinco décadas, siendo los molares los que reportan peores tasas de supervivencia.⁴

Se ha observado igualmente, que los dientes permanentes con pulpa cariosamente expuesta o pulpitis irreversible, pueden ser tratados con éxito con pulpotomía. La implementación de tal procedimiento, parece ser biológica, conservadora, económica y un método relativamente simple, con una tasa de éxito más favorable^{1,4}. Es lógico pensar que para lograr el éxito en este tipo de procedimiento, se requiere un cuidadoso y acertado diagnóstico del grado de afección pulpar, pudiéndose por tanto, evitar la pérdida prematura de órganos dentales, así como también el costoso y largo tratamiento endodóntico, entre otros beneficios a discutir.

La pulpa dental responde al avance de la caries mediante una respuesta que al principio se nota como la activación de los odontoblastos de la zona afectada para generar dentina reparativa o terciaria, pero luego, se puede generar una severa respuesta inflamatoria, que actualmente se describe de forma simple dicotómica como pulpitis reversible o irreversible.

De acuerdo con la clasificación de la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE por su traducción en inglés), la pulpitis reversible es un diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos que indican que la inflamación debe resolverse siguiendo el manejo apropiado de la etiología. Por su parte, la pulpitis irreversible, se trata de una pulpa inflamada que es incapaz de curar ¹.

En tal sentido, vale recordar que la pulpa dental es un elemento integral de la estructura del diente, siendo uno de los responsables de la defensa del órgano dental. Así, la vitalidad de la pulpa es esencial para mantener la vascularización y nutrición del diente ⁵, así como para mantener su dureza, resistencia, el tono y el matiz. De modo que el diagnóstico y tratamiento de pulpas dentales infectadas, expuestas debido a caries en molares permanentes resulta, además de un desafío para los profesionales tratantes, un problema de salud pública.

Así mismo, la definición actual de pulpitis irreversible implica la presencia de un proceso degenerativo severo que no cura y que, si no se trata, provocará necrosis pulpar seguida de periodontitis apical. Sin embargo, diferenciar entre una pulpitis reversible e irreversible, se lleva a cabo en gran medida sobre una base empírica ⁶, en parte tal vez, debido a que, la respuesta de las pulpas dentales a las exposiciones cariosas, difiere entre sujetos y puede depender de factores genéticos, las defensas naturales, los factores nutricionales, entre otros ^{2,5}. Por ejemplo, el factor inherente a la subjetividad del diagnóstico, y tener presente que de las pulpas dentales a las

exposiciones cariosas no necesariamente tienen correlación con la respuesta dolorosa.

De esta manera, estudios histológicos y microbiológicos han demostrado que la inflamación y presencia microbiana en dientes diagnosticados tradicionalmente con enfermedad pulpar irreversible, se limita al tejido pulpar coronal y que existe ausencia de invasión bacteriana e inflamación en la pulpa radicular ¹. Estos hallazgos han llevado a cuestionar las clasificaciones establecidas, y a la introducción de nuevos términos de diagnóstico y estrategias de manejo; en cuyo sentido, la pulpotomía es un procedimiento mínimamente invasivo mediante el cual el tejido pulpar inflamado / enfermo se extrae de la cámara pulpar del diente dejando tejido pulpar sano que se reviste con un biomaterial dental que mantiene la vitalidad pulpar y promueve la reparación ¹.

Sin embargo, según la AAE, la pulpotomía total no es considerada un tratamiento final en dientes permanentes maduros (a excepción de la Pulpotomía de Cvek (casos por trauma)². La pulpitis irreversible se trata tradicionalmente con pulpectomía y tratamiento de conducto. Este tratamiento generalmente es exitoso si se realiza adecuadamente, pero es costoso, técnicamente desafiante y requiere mucho tiempo.

Así, la extracción del tejido pulpar también puede debilitar estructuralmente el diente, haciéndolo más susceptible a fracturas, infecciones y caries ¹. Estos problemas resaltan la importancia de mantener la vitalidad pulpar para la

salud del diente y demuestran la necesidad clínica de desarrollar soluciones mínimamente invasivas de base biológica en la odontología restauradora.

Ahora bien, si fundamentalmente se ha propuesto que la pulpectomía puede no ser necesaria después de la exposición a caries en casos con signos o síntomas indicativos de pulpitis irreversible debe tenerse en cuenta que en la actualidad estas nuevas estrategias de manejo no están suficientemente respaldadas por ensayos clínicos aleatorios sólidos ^{1,2,5}, sin embargo, en dientes permanentes maduros, la pulpotomía parcial o total se ha reportado con éxito en diferentes estudios, mostrando resultados prometedores^{7,8,9}. Igualmente, con el desarrollo de materiales bioactivos y la mejora de la biocompatibilidad, la pulpotomía se ha vuelto a investigar como tratamiento definitivo de los dientes permanentes con pulpitis. Si bien durante años el material de elección para el manejo de exposiciones pulpares era el hidróxido de calcio debido a sus propiedades antimicrobianas y pH alcalino, con el tiempo diversos estudios han mostrado desventajas como su alta solubilidad, pobre sellado coronal y riesgo de disolución en el tiempo, afectado así los resultados a largo plazo de este tipo de tratamientos¹⁰. Por estas razones los tratamientos de recubrimientos pulpares directos y/o pulpotomías en dientes permanentes carecían de “popularidad” debido a poca predictibilidad y baja tasa de éxito¹¹. Es hasta la incorporación del MTA por el Dr. Torabinejad donde clínicos e investigadores sugieren el uso de este material como alternativa para manejo en exposiciones pulpares. El Mineral de Trióxido Agregado (MTA) es un polvo con partículas hidrofílicas derivado del cemento

portland, compuesto principalmente por partículas de Silicato tricálcico, silicato dicálcico, Aluminato tricálcico, aluminato férrico tetracálcico (cita) Entre sus propiedades, destacan su alta alcalinidad, baja solubilidad, biocompatibilidad y excelente sellado. Pitts Ford & Cols ¹² demostraron en un estudio histológico ex vivo que el MTA funcionó mejor que el Ca(OH)_2 al momento de mantener la integridad de la pulpa dental libre de inflamación, mostrando además un puente dentinario más homogéneo y con mayor calcificación que el grupo con Ca(OH)_2 ¹². Okiji & Yoshiba¹³ sugirieron que debido a la mayor biocompatibilidad que existe en el MTA y el tejido pulpar en comparación a otros materiales (Ca(OH)_2 , Super EBA, Amalgama) permite que haya una mayor viabilidad y proliferación celular para que ocurra la dentinogénesis reparativa necesaria para lograr éxito clínico en las terapias de pulpotomía parcial y total.* En los últimos años se han agregado nuevas fórmulas de biomateriales a base de Silicatos Tricálcicos mostrando también resultados favorables en el pronóstico de pulpotomías y mejorando aspectos con respecto al MTA como tiempo de fraguado menor, mayor facilidad para manipulación y menor incidencia de decoloraciones^{13,14}.

Pese a lo anterior, vale mencionar, que recientemente, varios estudios con muestras pequeñas o reducidas ^{1,5,6} han propuesto que los dientes expuestos por caries con signos y síntomas de pulpitis irreversible pueden tratarse con éxito con procedimientos de pulpotomía. Por tanto, en las revisiones mencionadas sobre los diversos ensayos clínicos descritos, se comparó el tratamiento de conducto radicular con la pulpotomía concluyendo

que la pulpotomía es alternativa predecible al tratamiento del conducto radicular en los molares permanentes maduros con pulpitis irreversible¹.

De esta manera, en vista del creciente interés en la odontología mínimamente invasiva y el desafío al diagnóstico y tratamiento existentes de la pulpitis, se hace necesario ahondar en la semiología de las manifestaciones clínicas y evidencias radiográficas de estas patologías, sean reversibles o irreversibles, así como también evaluar y valorar críticamente la literatura emergente para actualizar la más adecuada y recomendable toma de decisiones clínicas en los casos mencionados.

Con el desarrollo de la presente investigación se buscó establecer un precedente a nivel nacional y regional, en principio documental, sobre el manejo de la terapia pulpar vital, específicamente los tratamientos de pulpotomía. A su vez, este estudio proporcionó un aporte de gran relevancia científica y académica a odontólogos, especialistas y residentes del área de postgrado de endodoncia, estimulando la generación de nuevas líneas de investigación vanguardistas. Asimismo, suministró bases científicas actuales que permitieron establecer cuál es el pronóstico actual de las pulpotomías en el manejo de las pulpitis, las diferentes ventajas que tiene aplicar este tipo de terapias; para de esta manera incentivar la profundización de este tópico y a su vez promover su aplicación clínica.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el analizar el pronóstico del tratamiento de pulpotomías en dientes diagnosticados con pulpitis,

mediante la descripción de la importancia que tiene cada uno los de factores determinantes para que se dé la reparación pulpar, así como también exponer las tasas de éxito descritas hasta ahora en la literatura.

Para tal fin, se realizó una revisión sistemática, enmarcada como una investigación cualitativa de tipo documental y diseño bibliográfico, bajo la modalidad de monografía, en forma de texto expositivo, de trama argumentativa, predominantemente informativo; organizado con la información rigurosamente seleccionada, la cual ha sido objeto de un profundo análisis crítico y reflexivo sobre la temática.

Esta investigación se encuentra adscrita en UNIMPA, bajo la línea de investigación Rehabilitación del Sistema Estomatognático, temática de investigación: Rehabilitación Anatómico Funcional, Subtemática: Rehabilitación en Odontología (Endodoncia), de igual forma está sometida a las consideraciones éticas del comité de bioética de la facultad de odontología de la Universidad de Carabobo.

Revisión Bibliográfica

Fisiología del complejo Dentino-Pulpar

Desde el periodo de formación y desarrollo del diente, la pulpa y la dentina funcionan como un complejo que está íntimamente relacionado y donde el odontoblasto es el elemento básico de este sistema. A pesar de las diferencias en estructura y composición, la pulpa y la dentina están integralmente conectadas de manera que las reacciones fisiológicas y patológicas en uno de los tejidos también afectarán al otro²⁸. Esta estrecha asociación incluye reacciones a la caries y procedimientos clínicos comunes, como procedimientos restaurativos o tallados de coronas. Ambos tejidos no sólo tienen un origen embrionario común, sino que también mantienen una relación íntima a lo largo de la vida del diente vital. Cualquier cosa que afecte a la dentina afectará a la pulpa y viceversa. Por lo tanto, la definición de complejo pulpo-dentinario está bien fundamentada y generalmente reconocida en la comunidad científica²⁹.

Cuando la dentina se encuentra cubierta/protegida periféricamente por esmalte en las superficies coronales y cemento en las superficies radiculares, la pulpa dental generalmente permanecerá saludable de por vida. La mayoría de las patologías pulpares se desarrollan inicialmente con la eliminación de una o ambas de estas barreras protectoras a través de caries, fracturas o abrasión. Pashley en un trabajo clásico de la literatura realizado en animales, demostró que cuando los túbulos dentinarios eran expuestos, las moléculas

en contacto con la dentina podían viajar a través de los túbulos hasta llegar a la pulpa, probando de esta manera la permeabilidad dentinaria y su relación con la clínica ante estímulos agresores²⁶.

Es sumamente importante comprender la implicación clínica de la permeabilidad dentinaria. Se ha encontrado un aumento a medida que la dentina se expone a profundidades crecientes por procedimientos de restauración, atrición o enfermedad, la dentina restante se vuelve cada vez más permeable^{26,27}. Por lo tanto, la eliminación de la dentina hace que la pulpa sea más susceptible a la irritación química o bacteriana.

Etiopatogenia de la enfermedad pulpar

El tejido pulpar cumple varias funciones importantes como la defensa del órgano dentario, su nutrición, la dentinogénesis y el reconocimiento propioceptivo. El tejido pulpar sano puede generar dentina secundaria y peritubular en respuesta a diversos estímulos biológicos y patológicos³⁰. El mantenimiento de la vitalidad de la pulpa dental, por lo tanto, es esencial para la supervivencia a largo plazo y el funcionamiento normal del diente³¹.

Sin embargo, durante la vida de un diente, una variedad de agresiones externas puede desafiar el estado de salud de la pulpa dental. Las lesiones mecánicas y químicas, por procedimientos restaurativos o traumas, así como los de origen microbiano, son amenazas que pueden causar daño a la pulpa. En ocasiones, la pulpa puede realizar respuestas efectivas que dan como resultado su supervivencia con solo consecuencias transitorias^{30,31}.

Respuesta de la pulpa a Procedimientos Restaurativos

Paradójicamente, el mismo tratamiento dental diseñado para reparar el diente puede dañar la pulpa dental. La preparación de la cavidad es una causa común de inflamación pulpar. Sin embargo, esta inflamación suele ser transitoria siempre que se realice de una manera adecuada. El enfriamiento adecuado de las fresas es esencial para evitar lesiones en la dentina y también en la capa odontoblástica de la pulpa. El rociado de agua debe llegar al sitio de corte y fresado. La presión ligera con enfriamiento intermitente puede minimizar el aumento de temperatura.

Murray & Cols^{32,33}, evaluaron algunos efectos pulpares de los procedimientos restaurativos. Las variables más influyentes en términos de causar lesión pulpar fueron el espesor o puente de dentina remanente de la cavidad y la preparación de la cavidad en ausencia de refrigerante. Diferentes autores a su vez, han sugerido que la inflamación pulpar generada durante la preparación de la cavidad está determinada por la velocidad de rotación de la fresa, por el tamaño de la cavidad, o la cantidad de presión ejercida sobre la pieza de mano^{34,35,36}. El calor de fricción generado durante el tallado de la cavidad produce la evaporación y expansión del líquido tisular en la dentina. Estos fenómenos sugieren una pérdida de líquido tisular en la superficie de la dentina expuesta y un flujo capilar hacia afuera³⁶.

Una preparación de cavidad seca que dure solo unos segundos o la aplicación directa de aire por más de 20 segundos puede inducir un

desplazamiento significativo del núcleo odontoblástico, generando una respuesta inflamatoria de la pulpa, e incluso áreas de necrosis relacionadas con las áreas de desecación³⁷.

Otras fuentes potenciales de inflamación pulpar durante los procedimientos restaurativos son el acondicionamiento de la cavidad con grabadores ácidos³⁸. Se ha reportado que el uso de grabado con ácido fosfórico en procedimientos restaurativos de dientes vitales aumenta la permeabilidad de la dentina y genera una vasodilatación en la pulpa dental, pudiendo relacionarse con sensibilidad postoperatoria. Sin embargo, esta sensibilidad ha mostrado ser transitoria siempre que se logre un buen sellado marginal de la restauración^{38,39}.

Respuesta de la pulpa a Traumatismos

La pulpa dental a menudo puede verse afectada debido a un traumatismo dentario. El alcance de la afectación pulpar está relacionado al tipo de trauma. Los escenarios principales donde la pulpa dental puede verse comprometida pueden dividirse en dos. El primero es la exposición de la pulpa a las bacterias del medio bucal a través de los túbulos dentinarios expuestos en fracturas coronarias no complicadas o bien, a través de la exposición directa del tejido pulpar en fracturas coronarias o coronario-radicales complicadas. Diferentes autores han demostrado que, en ausencia de bacterias, la pulpa es capaz de reparar^{40,41}. En el segundo escenario, la pulpa puede sufrir inflamación, y posterior necrosis, debido a la

invasión bacteriana, lo que pone en comunicación a la cavidad bucal, con múltiple variedad microbiana, con el hueso alveolar; o puede ser que desarrolle una necrosis aséptica, debido a la ruptura del paquete vasculonervioso que da suministro a la pulpa a través del foramen apical^{42,43}. Este tipo de lesiones se suelen asociar a luxaciones y avulsiones.

Respuesta de la pulpa a la Caries

Los cambios tisulares inflamatorios, así como los fenómenos de reparación, pueden observarse en la pulpa en todas las etapas de una lesión cariosa activa. De hecho, se han observado respuestas tisulares en etapas muy tempranas, incluso cuando la lesión de caries se limita únicamente al esmalte. La desmineralización del esmalte, causada por metabolitos ácidos de poblaciones bacterianas específicas, conduce a la ruptura de la barrera protectora del órgano dental, a la cavitación y a la degradación de la dentina por bacterias Gram-positivas, incluidos Streptococcus, Lactobacillus y Actinomyces que dominan en gran medida la microbiota⁴⁴. Como tanto el diámetro como la densidad de los túbulos que permiten la penetración bacteriana aumentan con la mayor proximidad a la pulpa, este proceso se acelera con el aumento de la profundidad de la lesión⁴⁵.

La respuesta inmunitaria inicial de la pulpa a la caries, es activada por las toxinas, enzimas y ácidos bacterianos, los componentes de la pared celular como el lipopolisacárido, que es una endotoxina, y los productos metabólicos de las bacterias en la placa soluble, que se difunden hacia la pulpa⁴⁶. Esto

incluye un aumento de la actividad secretora por parte del odontoblasto para generar dentina terciaria, lo que deriva en una reducción de la permeabilidad dentinaria así como de la luz del conducto⁴⁷.

La desmineralización de la dentina también permite la liberación de moléculas bioactivas de la matriz dentinaria⁴⁸. El reconocimiento de los componentes bacterianos por parte del odontoblasto desencadena procesos defensivos del huésped que incluyen respuestas inmunitarias antibacterianas e inflamatorias. A su vez, varios tipos de células de la pulpa reaccionan inmunológicamente a la lesión de caries como los fibroblastos, células madre (CS) y células inmunes. De acuerdo a la severidad del estímulo irritante o patogenicidad de las bacterias del proceso de caries, se generará una respuesta determinada en el odontoblasto. Cuando el estímulo nocivo es leve induce un aumento de la actividad de los odontoblastos para formar dentina reactiva, mientras que los estímulos de mayor intensidad provocan la muerte del odontoblasto y el inicio de un proceso complejo que implica el reclutamiento, migración y diferenciación celular por parte de células madre de la pulpa, formando o convirtiéndose en células similares al odontoblasto para así formar dentina reparadora⁴⁹. Conforme avanza la caries, dentro de la pulpa dental se genera una reacción inflamatoria localizada en proximidad a la noxa derivando en un aumento del número de células para generar una respuesta defensiva efectiva. Las células dendríticas pulpares se agregan inicialmente en regiones odontoblásticas subyacentes, para extenderse y migrar hasta la entrada de los túbulos dentinarios, en la unión dentino-pulpar.

Las células dendríticas son responsables de la presentación del antígeno y de la estimulación de los linfocitos T. Las altas concentraciones de macrófagos y algunos neutrófilos polimorfonucleares representan un rasgo característico debajo de los túbulos dentinarios afectados en lesiones cariosas profundas. Estas células casi borran la morfología pulpar habitual^{48,50}.

Clasificación de la enfermedad pulpar (Tabla AAE)

El correcto diagnóstico es clave para el éxito de cualquier tratamiento en odontología. Sin embargo, identificar el estado histopatológico de la enfermedad pulpar no es tarea sencilla. Históricamente han sido propuestas distintas terminologías, para establecer la patología pulpar y periapical^{51,52}. Aun así, la evidencia científica ha mostrado que existe una pobre correlación entre el diagnóstico clínico y la condición histológica real de la pulpa. Con la tecnología actual es imposible realizar una evaluación histológica del estado pulpar sin extraer y evaluar microscópicamente el órgano dentario. Debido a esto, la tendencia ha sido alejarse de las clasificaciones utilizadas anteriormente. La Asociación Americana de Endodoncia, junto a la Junta Estadounidense de Endodoncia, publicaron un consenso en la terminología de la patología pulpar y periapical, en el año 2009 manteniéndose vigente hasta la fecha. Esta nueva terminología se basa en diagnosticar a partir de los signos y síntomas del paciente y está orientado hacia el enfoque del tratamiento más apropiado para cada condición¹⁵.

Pulpa Sana: Se considera una categoría de diagnóstico clínico en la que la pulpa no presenta ningún síntoma y, a la vez, responde normalmente a las pruebas de sensibilidad pulpar (da como resultado una respuesta leve o transitoria a la prueba de frío, que no dura más de uno o dos segundos después de que se retira el estímulo¹⁵).

Pulpitis Reversible: Implica que la pulpa se encuentra inflamada, pero es capaz de recuperarse y volver a un estado de normalidad, si la etiología de la inflamación es tratada adecuadamente. Esta categoría de diagnóstico se manifiesta clínicamente con dolor provocado a estímulos como el frío, y los síntomas cesan a los pocos segundos de retirar el estímulo¹⁵.

Pulpitis Irreversible Sintomática: Este término implica que la pulpa aún está vital, sin embargo, debido al grado de inflamación, no podrá curarse, incluso si se elimina la causa de los síntomas. Por lo tanto, es necesaria la pulpectomía y realizar el tratamiento de conducto. Este es un diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos, donde el paciente suele referir dolor espontáneo, o bien, dolor provocado que se mantiene luego de retirar el estímulo. También puede manifestarse como un dolor nocturno o al cambio postural¹⁵.

Pulpitis Irreversible Asintomática: Este diagnóstico clínico se basa en hallazgos subjetivos y objetivos, que indican que la pulpa vital, pero inflamada, es incapaz de cicatrizar debido a la exposición prolongada a bacterias y subproductos bacterianos. Los estudios histológicos, han

mostrado que la enfermedad pulpar puede progresar a una necrosis parcial sin manifestar dolor^{53,54}. El paciente suele responder de manera normal a las pruebas de sensibilidad pulpar, aunque por lo general se asocian a traumas o lesiones de caries profunda que derivan en una exposición. El tratamiento de elección debe ser el tratamiento endodóntico no quirúrgico¹⁵.

Necrosis Pulpar: Esta categoría de diagnóstico clínico sugiere una necrosis del tejido pulpar. El paciente no manifiesta ningún síntoma y no responde a las pruebas de sensibilidad pulpar¹⁵.

Correlación del diagnóstico clínico con el histopatológico

El correcto diagnóstico del estado pulpar es imperativo para una correcta planificación del tratamiento. El clínico cuenta con procedimientos de diagnóstico los cuales incluyen el historial de dolor o malestar del paciente, la experiencia de traumatismos o procedimientos restaurativo, exámenes clínicos, resultados de pruebas clínicas (pruebas térmicas, eléctricas, oximetría y laser doppler) y exámenes radiográficos de los dientes y los tejidos circundantes.

Las pruebas de sensibilidad pulpar y eléctricas producen sensaciones de dolor por la estimulación de las terminaciones nerviosas pulpares. Ambas técnicas han mostrado una alta fiabilidad a la hora de diagnosticar si la pulpa está vital o necrosada⁵⁵. También se ha sugerido que la combinación de ambos métodos aumenta la especificidad del examen pulpar^{19, 56}. Sin embargo, cuando se trata de diagnosticar la severidad de la inflamación

pulpar, ninguna de estas técnicas ha demostrado tener una fuerte correlación con el escenario histopatológico real⁵⁷. Esto ha llevado a que los investigadores cuestionan la terminología actual consensuada por la AAE entre pulpitis reversible e irreversible, ya que la evidencia ha mostrado que no es posible determinar, de forma clínica, la extensión y severidad de la enfermedad pulpar a través de los métodos actuales. Además, sugieren que no existe un consenso de las características histológicas de una pulpitis para considerarse irreversible o incapaz de reparar¹⁶. Más recientemente se han sugerido otros métodos alternativos para el diagnóstico de la condición pulpar como la pulsioximetría y el láser doppler. La flujometría láser Doppler (LDF) se ha desarrollado para evaluar el flujo sanguíneo en el sistema microvascular. Mediante el uso de un láser de diodo que suministre un haz de luz infrarroja a través de la corona del diente, para permitir la lectura de flujometría y así medir la vascularidad de la pulpa dental. Pese a que ha mostrado resultados prometedores, demanda de una tecnología de alto costo y requiere un largo tiempo para su aplicación⁵⁸. Aún requiere de más investigaciones y desarrollo suficiente para aplicar este método diagnóstico de manera rutinaria. Por otra parte, el pulsioxímetro es un dispositivo no invasivo, ampliamente utilizado en medicina para medir la concentración de oxígeno en la sangre y la frecuencia del pulso. Funciona por transmisión de dos longitudes de onda de luz, roja e infrarroja, a través de una parte translúcida del cuerpo del paciente. Una de sus principales ventajas es que los resultados obtenidos mediante esta técnica son datos objetivos, a diferencia de las pruebas de sensibilidad térmica⁵⁹.

Terapia pulpar vital: fundamentos y objetivos.

Terapia Pulpar Vital (TPV) abarca toda estrategia de mínima invasión que tiene por finalidad preservar la pulpa dental luego de ser expuesta a una agresión, como por ejemplo caries dental, traumatismos o procedimientos restaurativos^{16,20}. Luego de eliminar/tratar la etiología de la pulpitis, se establece un entorno favorable para que se produzca la cicatrización de la herida de la pulpa. Dentro de los objetivos biológicos de esta terapia, fundamentalmente destaca la formación de una capa de dentina terciaria que permita proteger la pulpa en la zona afectada^{60, 61}.

La formación de dicha capa mineralizada estará dirigida por la liberación de citoquinas capaces de promover la migración celular de las células mesenquimales indiferenciadas de la pulpa. Acompañado de esto, las células inmuno-inflamatorias disminuirán gradualmente debido a la apoptosis, hasta completar el proceso reparativo⁶².

Tipos de terapia pulpar vital y manejo clínico: recubrimiento directo, indirecto, pulpotomía total y parcial

Recientemente la Asociación Europea de Endodoncia⁴⁹, publicó su posición consensuada con respecto al manejo de caries profunda y exposición pulpar. En ella, clasificó las distintas alternativas en la Terapia pulpar Vital:

Tabla 1 Terminología aprobada por la Sociedad Europea de Endodoncia (2019)

Tratamiento	
Recubrimiento Pulpar Indirecto	Aplicación de un biomaterial sobre una fina barrera de dentina en una técnica de eliminación selectiva de caries en una etapa.
Excavación escalonada	Aplicación de un biomaterial sobre una fina barrera de dentina en una técnica de eliminación selectiva de caries en dos tiempos, con reingreso después de 6-12 meses. La primera etapa involucra la remoción selectiva de caries a dentina blanda y la segunda etapa a dentina firme.
Recubrimiento Pulpar Directo	<p>Aplicación de un biomaterial directamente sobre la pulpa expuesta. Clase I: Sin presencia preoperatoria de una lesión cariosa profunda. La exposición de la pulpa se consideró clínicamente a través de la dentina sana (exposición iatrogénica).</p> <p>Clase II: Presencia preoperatoria de una lesión cariosa profunda. La exposición de la pulpa se consideró clínicamente a través de una zona de posible contaminación bacteriana. Se recomienda un protocolo quirúrgico mejorado.</p>
Mini-Pulpotomía	Eliminación de la capa superficial de la pulpa coronal después de la exposición pulpar, aplicación de un biomaterial directamente sobre el tejido pulpar expuesto.
Pulpotomía Parcial	Extracción de los 2-4 mm coronales de tejido pulpar después de la exposición y aplicación de un biomaterial directamente sobre el tejido pulpar expuesto.
Pulpotomía Total	Extirpación completa de la pulpa coronal y aplicación de un biomaterial directamente sobre el tejido pulpar a nivel de los orificios del conducto radicular.

Factores a considerar en la terapia pulpar vital:

A. Aislamiento y control de asepsia

El control de la infección es un aspecto clave en todo tratamiento en odontología. Se ha demostrado que la pulpa dental es capaz de reparar luego de una agresión, siempre y cuando se encuentre libre de microorganismos⁴⁰. Por este motivo, el uso de dique de goma y la esterilización de todo el instrumental y material utilizados durante la terapia endodóntica, han sido incorporados como un estándar de atención^{63, 64}.

El uso de dique de goma reduce significativamente el contenido microbiano en los aerosoles cuando utilizamos turbinas de aire, disminuyendo así el riesgo de contaminación cruzada en la práctica odontológica⁶⁵. Además, funciona como barrera mecánica para impedir que las bacterias del medio bucal puedan contaminar el campo operatorio durante el procedimiento. Otra de sus ventajas es que permite proteger al paciente de la posible aspiración o deglución de instrumentos, medicamentos, soluciones de irrigación⁶⁶.

B. Magnificación

El uso de dispositivos de magnificación en odontología es cada vez más común, con el objetivo de mejorar la calidad del tratamiento. A partir de 1997 se recomendó el uso de dispositivos de aumento e iluminación bien enfocados como estándar de atención en el tratamiento de endodoncia ⁶⁷.

Se han publicado numerosos estudios que muestran que los dispositivos de magnificación como el microscopio, permiten identificar microestructuras no visibles a simple vista ^{68, 69, 70}. Como consecuencia natural, se ha sugerido que tales dispositivos pueden ser útiles para mejorar los resultados clínicos ya que permiten al operador realizar cada paso del tratamiento con una mayor precisión, más aún deben ser publicados una mayor cantidad de estudios clínicos para sustentar esta teoría.

Recientemente, **Ricucci & Cols (2019)**²⁰ publicaron una guía para el manejo clínico en la terapia pulpar vital donde los autores sugieren que el clínico debe inspeccionar bajo magnificación y, de acuerdo a las características observadas, podrá estimar con mayor precisión la localización del frente de avance de la infección, tanto en la dentina como en la pulpa subyacente (en casos de exposición pulpar).

C. Condición del tejido pulpar

Evaluar las condiciones del tejido pulpar y la dentina, al momento de realizar cualquier Terapia Pulpar Vital, es fundamental. El objetivo en los procedimientos de pulpotomía parcial o total, será eliminar todo tejido infectado, para luego proteger la herida de la pulpa no infectada con materiales dentales biocompatibles y potencialmente bioactivos. No se espera que ocurra una reparación de los tejidos, bajo la presencia de irritantes bacterianos.

Ricucci²⁰ sugirió que, para realizar una pulpotomía, las siguientes condiciones intra-operatorias deben alcanzarse:

- La dentina que rodea la zona de exposición pulpar debe ser dura, caracterizada por producir el grito dentinario al utilizar la cucharita de dentina. La AAE sugirió el uso de detectores de caries para crear un estándar objetivo durante la eliminación de caries sin depender de la filosofía clínica o el juicio subjetivo.
- La herida pulpar debe ser roja, homogénea, sin líneas amarillentas ni zonas oscuras sin sangrado. Dentro de esta herida o tejido pulpar expuesto, no deben quedar fragmentos de dentina de la excavación.

● La hemostasia debe lograrse en un tiempo no mayor a 3 minutos posteriores al enjuague con el agente irrigante de elección seguido de la aplicación de una bolita de algodón estéril sobre la herida quirúrgica. Por su parte, la ASE sugiere que este tiempo puede llegar a ser de hasta 10 min, dependiendo del irrigante utilizado. En los casos en los que no se logre detener el sangrado más allá de 10 min, se debe extirpar más tejido pulpar (pulpotomía parcial o total).

Si bien estos lineamientos funcionan como guía para los tratamientos de pulpa vital, deben probarse en ensayos clínicos aleatorizados para verificar la efectividad de estas propuestas.

D. Acondicionantes del tejido

Diferentes soluciones han sido recomendadas para lograr la desafección y hemostasia luego de una exposición pulpar sangrante. Entre las soluciones propuestas, destacan principalmente el hipoclorito de sodio, usado en distintas concentraciones; clorhexidina al 2% y solución salina esteril. Sin embargo, el hipoclorito de sodio es considerado actualmente como la solución hemostática más eficaz, con gran capacidad de desinfección, segura y económica para los procedimientos de pulpotomía parcial y total^{20,71,72}. Inicialmente propuesto por Coolidge para su uso en endodoncia en 1919, el hipoclorito de sodio se convirtió en un valioso agente antimicrobiano, capaz de inhibir las enzimas bacterianas que conducen a una oxidación

irreversible del grupo *sulfhidrilo* de las enzimas bacterianas esenciales, además proporciona hemostasia y desinfección de la interfaz dentina-pulpa, amputación química coágulos y fibrina, y eliminación de células dañadas en el sitio de exposición ⁷³.

Recientemente un ensayo aleatorizado⁷⁴ demostró que el uso de hipoclorito de sodio al 2,5% en TPV redujo la incidencia de dolor postoperatorio comparado con el grupo donde se utilizó solución salina. Los autores proponen que esto puede deberse a que la aplicación de NaOCl en el tejido pulpar expuesto provoque la citotoxicidad de los sensores neurogénicos, lo que podría explicar la reducción del dolor evidente en comparación con la irrigación bajo solución salina. Este estudio sumaría otra ventaja adicional a las mencionadas anteriormente, con respecto al uso del hipoclorito de sodio en la Terapia Pulpar Vital.

E. Biomateriales (material ideal, propiedades, mecanismo de acción, ventajas y desventajas)

El uso de materiales utilizados en TPV para recubrir directamente la pulpa expuesta, es uno de los aspectos más investigados. Se ha demostrado que la elección de este material tiene influencia sobre el éxito del tratamiento⁷⁵. El medicamento ideal debe ser no tóxico, tener actividad antimicrobiana y antiinflamatoria, inducir la mineralización y establecer un sello hermético de la restauración para prevenir la reintroducción bacteriana.

El Hidróxido de calcio por años ha sido considerado el material de elección para realizar procedimientos de pulpa vital. Fue propuesto inicialmente en odontología en 1920 por el Dr. Hermann.

El hidróxido de calcio es una sal básica altamente alcalina (pH = 12.5 a 12.8), que se disocia en iones de calcio e hidroxilo en solución. Se utiliza tanto en cementos de éster de salicilato de fraguado duro (Ej. Dycal), como en forma de pasta (suspensión acuosa) en VPT ⁷⁶. Las ventajas del Ca(OH)_2 son sus excelentes propiedades antibacterianas y la capacidad de inducir la formación de puentes reparadores cuando se aplica a los tejidos pulpaes ⁷⁷. Los iones de hidroxilo tienen efectos fatales en las células bacterianas. Pueden dañar la membrana citoplasmática de las bacterias, desnaturalizar sus proteínas y dañar su ADN. El pH elevado del Ca(OH)_2 altera la integridad de la membrana citoplasmática por lesión química de los componentes orgánicos y por destrucción de fosfolípidos o ácidos grasos insaturados de la membrana citoplasmática. La capacidad de inducir una capa mineralizada está asociada a la alcalinidad del Ca(OH)_2 lo que permite la activación de fosfatasas alcalinas, que juegan un papel importante en la formación de tejido duro, así como la neutralización del ácido láctico de los osteoclastos para evitar la disolución de los componentes minerales de la dentina ^{77,78}.

Entre sus principales desventajas se ha reportado que el uso del Hidróxido de Calcio en TPV deriva en la producción de un puente dentinario que contiene múltiples defectos y porosidades, además carece de cualidades

adhesivas inherentes y, tiende a diluirse con el tiempo comprometiendo así el sellado contra la microfiltración bacteriana ^{79, 80, 81}.

A mediados de la década de 1990, el agregado de trióxido mineral (MTA por sus siglas en inglés) fue introducido como material de recubrimiento pulpar por el Dr. Torabinejad y colaboradores. El MTA se compone de silicato tricálcico, óxido tricálcico, aluminato tricálcico, óxido de silicato y óxidos de bismuto agregados para la radiopacidad. Después de la hidratación del polvo, se forma un gel coloidal, que está compuesto por cristales de óxido de calcio en una estructura amorfa. Durante el proceso de fraguado, la liberación gradual de iones de calcio, fomenta condiciones físico-químicas favorables para la dentinogénesis reparadora al promover moléculas de señalización, como el factor de crecimiento del endotelio vascular (VEGF), el factor estimulante de colonias de macrófagos (MCSF), el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β) y las interleucinas IL-1 β . e IL-1 α y otras ⁸².

Muchas de las ventajas del MTA son comparables a las del Ca(OH)₂, incluido su alta biocompatibilidad, su pH alcalino (pH 12,5), sus propiedades antibacterianas, la radiopacidad y su capacidad para estimular la liberación de proteínas bioactivas de la matriz dentinaria. Sin embargo, a diferencia del hidróxido de calcio, este material tiene una solubilidad muy baja y mantiene su integridad física después de su colocación. Estudios histológicos han mostrado que el MTA posee una capacidad superior para mantener la

integridad del tejido pulpar y produce un puente dentinario más grueso y menos poroso a un ritmo más rápido. Además, el MTA es capaz de disminuir la inflamación de la pulpa, y presenta una toxicidad significativamente menor en comparación con el Ca(OH)_2 en las evaluaciones histológicas^{83,84, 85}.

Sin embargo, inicialmente MTA mostró inconvenientes relacionados con su largo tiempo de fraguado (2 h 45 min), difícil manejo, y capacidad de pigmentar el diente cuando era usado a nivel coronal⁸⁸. Desde entonces distintas casas comerciales han realizado modificaciones a la fórmula inicial del MTA. La incorporación de carbonato de calcio permite que las presentaciones actuales de MTA tengan un tiempo de fraguado más corto (20 min). Sin embargo, su complicada manipulación y la pigmentación coronal siguen siendo sus principales desventajas^{88, 81}.

Otro de los biomateriales ampliamente estudiado es el Biodentine. Fabricado en 2010 por Septodont, Francia, Biodentine es un material compuesto principalmente de silicatos tricálcicos y silicatos dicálcicos. Posee una actividad antimicrobiana, capacidad de sellado y biocompatibilidad similar al MTA. No obstante, el Biodentine mejora las propiedades mecánicas del MTA al utilizar un tamaño de partículas más fino, permitiendo de esa manera que sea utilizado como sustituto dentinario. También posee un tiempo fraguado reducido (12 min) debido a la adición de cloruro de calcio como acelerador^{88,89}.

El Biodentine posee una radiopacidad menor al MTA y similar a la dentina, lo que en ocasiones puede ser un inconveniente a la hora de identificarlo radiográficamente. Al igual que el MTA, también se han reportado cambios de coloración luego del uso del biodentine a nivel coronal. Pese a esto los estudios clínicos muestran que la incidencia de pigmentación es menor utilizando biodentine ²⁵.

Otros biomateriales como: cemento mixto enriquecido con calcio, Endosequence, Bioaggregate, entre otros, también han sido utilizados en TPV mostrando altas tasas de éxito clínico ^{3, 4, 90, 91}.

Esta nueva generación de cementos a base de silicato de calcio ha demostrado un éxito consistente cuando se utiliza como agente terapéutico en las terapias de pulpa vital y las investigaciones actuales parecen respaldar el potencial futuro de estos materiales ⁹².

Seguimiento y Pronóstico

Los procedimientos de TPV deben contar con una evaluación de control idealmente realizada a los 6 meses, 12 meses después del procedimiento y, posteriormente en intervalos anuales durante los 4 años ^{49, 86}. El paciente debe estar asintomático, en ausencia de periodontitis apical y signos de reabsorción radicular, además el diente debe responder de manera positiva a las pruebas de sensibilidad pulpar dentro de los parámetros de una pulpa

sana. Es importante destacar que existe la posibilidad que los dientes no respondan a las pruebas de sensibilidad pulpar en casos de pacientes con edad avanzada, pulpotomías total o parcial, dientes con restauraciones de cerámica o composite en varias superficies ⁸⁶. En lo que refiere al pronóstico de las TPV una revisión sistemática y metanálisis reciente mostró una tasa de éxito del 93%, incluyendo dientes diagnosticados con pulpitis irreversible con un seguimiento promedio de 18 meses ²⁷. Factores como la edad del paciente parecen no tener una implicación con el éxito posterior de la TPV, si bien se ha sugerido que los pacientes jóvenes se consideran buenos candidatos para la TVP debido al excelente suministro sanguíneo pulpar, ápices radiculares abiertos y pulpas libres de cambios relacionados con la edad ⁸⁷, varios estudios clínicos han mostrado altas tasas de éxito independientemente de la edad de los pacientes ^{23,4}. Santos & Cols, publicaron recientemente una revisión sistemática y metanálisis incluyendo únicamente dientes diagnosticados con pulpitis irreversibles, mostrando una tasa de éxito entre 75-90% con un seguimiento de 1-5 años ⁸.

Discusión

A partir de un mejor entendimiento de los procesos de inflamación y reparación pulpar, así como también a la introducción de nuevos biomateriales bioactivos superiores, la pulpotomía ha resurgido como una potencial alternativa, incluso en dientes con signos y síntomas indicativos de pulpitis irreversible^{22, 84, 97}.

En los escenarios donde el proceso de inflamación pulpar se encuentra confinado a la cámara pulpar, es posible extirpar quirúrgicamente la pulpa coronal hasta un nivel en el que el tejido subyacente no está inflamado o lo está de forma reversible, con la intención de preservar la vitalidad de los tejidos pulpares radiculares o coronales residuales. De esta manera, la pulpa remanente puede reparar y recuperarse luego de un adecuado sellado coronal y bajo materiales amigables en contacto directo con el tejido pulpar⁸⁶. Podría suponerse que la pulpotomía total contempla una alternativa más predecible comparado con la pulpotomía parcial, ya que eliminará todo el tejido cameral inflamado; sin embargo, distintos autores han sugerido que la pulpotomía parcial tiene varias ventajas en comparación con la pulpotomía total, como la preservación del tejido pulpar coronal rico en células, además de permitir que continúe el proceso de formación fisiológica de dentina secundaria a nivel de la cámara pulpar^{98,99}.

El manejo de la pulpa inflamada mediante una pulpotomía se considera enormemente ventajoso en comparación con la pulpectomía y tratamiento endodóntico no quirúrgico posterior¹⁰⁰. Además de reducir la agresividad de la intervención, este concepto biológico incluye una práctica odontológica de mínima invasión en donde se mantiene funciones de desarrollo pulpar, defensivas y propioceptivas. No obstante, se considera técnicamente más fácil de ejecutar, consume menos tiempo y es más rentable en comparación al tratamiento endodóntico no quirúrgico^{86,49}.

Si bien las tasas de éxito de la pulpotomía son bastante altas (75-93 %) ¹⁰⁰, la evidencia actual que compara la TPV y el Tratamiento endodóntico no quirúrgico es limitada. Un reciente ensayo clínico aleatorizado con una muestra importante y dos años de seguimiento mostró tasas de éxito comparables entre la pulpotomía (98% de éxito clínico y radiografico) en comparación al tratamiento endodóntico no quirúrgico (97% de éxito) ¹⁰¹.

Paralelamente, Tomson y colaboradores, publicaron un metanálisis donde encontraron que la pulpotomía tiene una tasa de éxito a largo plazo similar al tratamiento endodóntico, y también ha mostrado ser efectiva para el manejo del dolor postoperatorio ¹⁰².

En una revisión sistemática, la pulpotomía completa en dientes que presentaban signos y síntomas de pulpitis irreversible¹⁰⁴ se asoció con una tasa de éxito clínico del 97,4 % (sin dolor espontáneo, sin sensibilidad a la

percusión y/o sin inflamación o sinusitis) y un Tasa de éxito radiográfico del 95,4 % (sin alteraciones que sugieran periodontitis apical) a los 12 meses de seguimiento, mientras que se ha reportado que la pulpotomía parcial tiene una tasa de éxito del 90% después de dos años de seguimiento, en dientes con pulpitis y exposición pulpar por caries ¹⁰³.

Según los hallazgos de esta revisión bibliográfica, la pulpotomía parcial y total ha demostrado ser una alternativa de tratamiento adecuada para los dientes permanentes maduros, diagnosticados con pulpitis reversible o irreversible. Sin embargo, actualmente no existe un consenso de la comunidad científica sobre los criterios para definir un procedimiento de pulpotomía como exitoso. Cushley & Colaboradores ¹⁰⁴ en una reciente revisión sistemática encontraron discrepancias en la manera de evaluar el pronóstico en tratamientos de TPV en los distintos ensayos clínicos incluidos en el estudio. Generalmente, el éxito posterior al tratamiento de una pulpotomía es una combinación entre la historia del paciente y el examen clínico, aplicando pruebas complementarias como test de sensibilidad pulpar y el examen radiográfico. Se recomienda que los procedimientos de pulpotomía se evalúen a los 6 y 12 meses y en intervalos anuales posteriores ⁸⁶. El análisis clínico y los exámenes complementarios son fundamentales para identificar el motivo del fracaso en las pulpotomías (sensibilidad, dolor, signos de infección, reabsorción interna, radiolucidez apical emergente) ⁹⁷.

Bjørndal - 2019 clasificó los fracasos luego de realizar una TPV según el tiempo postoperatorio de su detección en fallas tempranas o tardías. Los fracasos tempranos se asocian a un diagnóstico erróneo de la severidad del proceso infeccioso-inflamatorio de la pulpa, mientras que los fracasos tardíos se relacionan a un comprometimiento del proceso de reparación pulpar por contaminación microbiana, como resultado a una falla en el protocolo de asepsia durante el procedimiento clínico o por una falla en el sellado coronal por deficiencias en la restauración final ⁴⁹.

Existe cierta controversia sobre si el diente debe responder positivamente al test de sensibilidad pulpar, específicamente a las pruebas térmicas, luego de realizado el procedimiento de pulpotomía. Aranvid & colaboradores¹⁰⁶ observaron que los dientes sometidos a pulpotomías mostraron un umbral más alto de respuesta al test eléctrico en comparación al test al frío, sugiriendo que para lograr el flujo hidrodinámico que estimula o excita a las fibras A- δ , es necesario que la capa odontoblástica se encuentre intacta.

Es evidente que para definir como exitoso el tratamiento, el paciente no debe tener ningún síntoma y mostrar además ausencia de signos de necrosis pulpar clínica. En lo que respecta la evaluación radiográfica debemos observar ausencia de signos de reabsorción radicular interna y periodontitis apical para que el tratamiento pueda considerarse exitoso¹⁰⁵.

Otro de los factores a considerar al momento de hablar de éxito en luego de una TPV es la calcificación cameral irregular y/o la obliteración del espacio pulpar radicular. La dentinogénesis terciaria y la esclerosis reflejan la respuesta defensiva natural del tejido pulpar inflamado en la cámara pulpar o dentro del sistema de conductos radiculares y, se ha asociado, de manera positiva, a la capacidad inductora de los biomateriales utilizados hoy en día, sin embargo, es un aspecto que desde una perspectiva clínica, puede ser preocupante ya que puede dificultar el reingreso al sistema de conductos radiculares en aquellos casos de fracaso. Actualmente se desconoce la prevalencia de la esclerosis del conducto radicular posterior a un procedimiento de pulpotomía y, por ahora no ha representado un factor negativo en relación al pronóstico del tratamiento ⁹⁹.

Conclusiones

1. La evidencia sugiere una alta tasa general de éxito que oscila entre el 75 % y el 95 % para la pulpotomía en tratamientos de exposición pulpar traumática y por lesiones cariosas, luego de un año de seguimiento.
2. En base a los artículos publicados hasta la actualidad podemos establecer que la TPV realizada con las técnicas y materiales adecuados, es una alternativa de tratamiento predecible para los pacientes, incluso con síntomas de pulpitis irreversible.
3. La selección de materiales bioactivos a base de silicatos de calcio es un factor determinante a considerar en las TPV.
4. El uso de dique de goma, apoyado en las técnicas de desinfección y asepsia juegan un papel importante en el pronóstico de las TPV.
5. El futuro en Terapia pulpar Vital es realmente prometedor debido a mejor entendimiento del proceso inflamatorio pulpar y gracias a los nuevos avances en biomateriales.

6. La edad y género del paciente, ha mostrado no ser un factor importante en el pronóstico del tratamiento de pulpotomías en dientes maduros permanentes.

7. Hasta ahora, no se ha demostrado que exista una relación entre el tiempo de sangrado luego de una exposición pulpar, con el pronóstico del tratamiento de pulpotomía.

8. El tipo de diente en la arcada no ha evidenciado ser un factor relevante en el pronóstico de la terapia pulpar vital.

9. En general los profesionales de la odontología en el mundo, se encuentran poco entrenados en lo que respecta al manejo de la terapia pulpar vital, específicamente los tratamientos de pulpotomias en dientes permanentes.

Recomendaciones

- Modificar la terminología actual del diagnóstico pulpar a uno que se relacione mejor a la fisiopatología del complejo dentinopulpar.
- Realizar ensayos clínicos aleatorizados que permitan evaluar la incidencia de distintos factores, como por ejemplo el uso de la magnificación, en el éxito final del tratamiento.
- Incorporar los tratamientos de pulpa vital dentro de los requisitos clínicos del postgrado.
- Establecer métodos de diagnóstico aplicables en la clínica, que nos aporten una mayor información sobre el estado pulpar y su capacidad de reparación.
- Crear jornadas de actualización continua para educar a los profesionales de la odontología en el manejo actual de la terapia pulpar vital, y la pulpotomía en dientes permanentes
- Documentar y redactar reportes de casos que puedan ayudar a fomentar una práctica conservadora en el manejo de las exposiciones pulpares.

- Desarrollar un protocolo clínico detallado, para facilitar la práctica profesional de los nuevos residentes y que a su vez simplifique lograr resultados predecibles en la clínica.

Referencias Bibliográficas

1. Cushley S., Duncan H., Lappin M., Tomson P., Lundy F., Cooper P., Clarke M., El Karim I. Pulpotomy for mature carious teeth with symptoms of irreversible pulpitis: A systematic review. *Journal of Dentistry* · 2019 DOI: 10.1016/j.jdent.2019.06.005.
2. Munir A., Zehnder M., Rechenberg D. Wound Lavage in Studies on Vital Pulp Therapy of Permanent Teeth with Carious Exposures: A Qualitative Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2020, 9, 984; doi:10.3390/jcm9040984.
3. Asgary S. Eghbal M. Ghoddusi M. Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Invest* 2017. DOI 10.1007/s00784-013-1003-6.
4. Asgary S. Eghbal M. Ghoddusi J. Yazdani S. One-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter, randomized, non-inferiority clinical trial. *Clin Oral Invest* (2013) 17:431–439 DOI 10.1007/s00784-012-0712-6.

5. Alqaderi H., Al-Mutawa S., Qudeimat M. MTA pulpotomy as an alternative to root canal treatment in children's permanent teeth in a dental public health setting. *Journal of dentistry* 42 (2014) 1390 – 1395.
6. Qudeimat M., Alyahya A., Hasan Mineral trioxide aggregate pulpotomy for permanent molars with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: a preliminary study. *Int Endod J.* 2017 Feb;50(2):126-134.doi: 10.1111/iej.12614. Epub 2016 Feb 22.
7. Iaculli, F., Rodríguez-Lozano, F. J., Briseño-Marroquín, B., Wolf, T. G., Spagnuolo, G., & Rengo, S. (2022). Vital Pulp Therapy of Permanent Teeth with Reversible or Irreversible Pulpitis: An Overview of the Literature. *Journal of clinical medicine*, 11(14), 4016.
8. Santos, J. M., Pereira, J. F., Marques, A., Sequeira, D. B., & Friedman, S. (2021). Vital pulp therapy in permanent mature posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review of treatment outcomes. *Medicina*, 57(6), 573.
9. Leong, D. J. X., & Yap, A. U. (2021). Vital pulp therapy in carious pulp-exposed permanent teeth: an umbrella review. *Clinical Oral Investigations*, 25(12), 6743-6756.

10. Mostafa, N. M., & Moussa, S. A. (2018). Mineral trioxide aggregate (MTA) vs calcium hydroxide in direct pulp capping—literature review. *On J Dent & Oral Health*, 1(2).
11. Barthel, C. R., Rosenkranz, B., Leuenberg, A., & Roulet, J. F. (2000). Pulp capping of carious exposures: treatment outcome after 5 and 10 years: a retrospective study. *Journal of Endodontics*, 26(9), 525-528
12. FORD, T. R. P., Torabinejad, M., Abedi, H. R., Bakland, L. K., & KARIYAWASAM, S. P. (1996). Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *The Journal of the American Dental Association*, 127(10), 1491-1494.
13. Okiji, T., & Yoshiba, K. (2009). Reparative dentinogenesis induced by mineral trioxide aggregate: a review from the biological and physicochemical points of view. *International journal of dentistry*, 2009.
14. Guimaraes, B. M., Vivan, R. R., Piazza, B., Alcalde, M. P., Bramante, C. M., & Duarte, M. A. H. (2017). Chemical-physical properties and apatite-forming ability of mineral trioxide aggregate flow. *Journal of endodontics*, 43(10), 1692-1696.
15. Glickman GN. AAE consensus conference on diagnostic terminology: background and perspectives. *J Endod* 2009;35:1619.

16. Lin, L. M., Ricucci, D., Saoud, T. M., Sigurdsson, A., & Kahler, B. (2020). Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. *Australian Endodontic Journal*, 46(1), 154-166.
17. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL et al. Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int End J* 2017; 50: 825–9.
18. Mejàre IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: A systematic review. *Int Endod J*. 2012;45:597–613.
19. Seltzer S, Bender I, Ziontz M. The dynamics of pulp inflammation: Correlations between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1963;16:846–71.
20. Ricucci D., Siqueira F., Yuanyuan Jr. Tayd F, Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *Journal of Dentistry* 86 (2019) 41–52
21. Galani, M., Tewari, S., Sangwan, P., Mittal, S., Kumar, V., Duhan, J. Comparative Evaluation of Postoperative Pain and Success Rate after

Pulpotomy and Root Canal Treatment in Cariously Exposed Mature Permanent Molars: A Randomized Controlled Trial. 2017 American Association of Endodontists. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.007>

22. Taha N., Khazali M., Partial Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Clinical Signs Indicative of Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. 2017 American Association of Endodontists. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.033>

23. Taha NA, Abdelkhader SZ. Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis. *International Endodontic Journal*, 51, 819–828, 2018.

24. Awawdeh L., Al-Qudah A., Hamouri H., R Chakra, Lin L., Ricucci D., Saoud T., Sigurdsson A., Kahler B., Outcomes of Vital Pulp Therapy Using Mineral Trioxide Aggregate or Biodentine: A Prospective Randomized Clinical Trial. *Aust Endod Journal* 2018 doi: 10.1111/aej.12392.

25. Uesrichai N, Nirunsittirat A, Chuveera P, Srisuwan T, Sastraruji T, Chompu-inwai P. Partial pulpotomy with two bioactive cements in permanent teeth of 6- to 18year-old patients with signs and symptoms indicative of irreversible pulpitis: a noninferiority randomized controlled trial. *International Endodontic Journal*, 52, 749–759, 2019.

26. Tan S., Hoon Yu V., Lim C., Tan B., Shen L., Messer H., Long-term Pulpal and Restorative Outcomes of Pulpotomy in Mature Permanent Teeth. *Clinical Research American Association of Endodontists*. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.11.009>
27. Sabeti, M., Huang, Y., Chung, Y. J., & Azarpazhooh, A. (2021). Prognosis of vital pulp therapy on permanent dentition: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Endodontics*, 47(11), 1683-1695.
28. Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2020). *Cohen's pathways of the pulp-e-book*. Elsevier Health Sciences.
29. Hargreaves, K. M., Goodis, H. E., & Tay, F. R. (Eds.). (2012). *Seltzer and Bender's dental pulp*. Quintessence Pub..
30. Bergenholtz G. Inflammatory responses of the dental pulp to bacterial irritation. *J Endod* 1981;7:100-104.
31. Stockton, L. W. (1999). Factors affecting retention of post systems: a literature review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 81(4), 380-385.
32. Murray PE, Lumley PJ, Ross HF, Smith AJ (2000c). Tooth slice organ culture for cytotoxicity assessment of dental materials. *Biomaterials* 21:1711–1721.

33. Murray, P., Hafez, A., Smith, A., & Cox, CF. (2002). Hierarchy of pulp capping and repair activities responsible for dentin bridge formation. *American Journal of Dentistry*, 15, 236-243.
34. Hatton JF, Holtzmann DJ, Ferrillo PJ Jr, Stewart GP (1994). Effect of handpiece pressure and speed on intrapulpal temperature rise. *Am J Dent Res* 7:108–110
35. Ohmoto K, Taira M, Shintani H, Yamaki M (1994). Studies on dental high-speed cutting with carbide burs used on bovine dentin. *J Prosthet Dent* 71:319–323
36. Lloyd BA, Rich JA, Brown WS (1978). Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high-speed dental drills. *J Dent Res* 57:675–684
37. Cotton, W. R. (1967). Pulp response to an airstream directed into human cavity preparations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 24(1), 78-88.
38. Murray PE, Smyth TW, About I, Remusat R, Franquin J-C, Smith AJ (2002a). The effect of etching on bacterial micoleakage of an adhesive composite restoration. *J Dent* 30:29–36.

39. Kispelyi, B., Fejerdy, L., Iványi, I., Rosivall, L., & Nyarasdy, I. (2002). Dentin Sealers' Effect on the Diameter of Pulpal Microvessels: A Comparative Vitalmicroscopic Study. *Operative dentistry*, 27(6), 587-592.
40. Kakehashi, S., Stanley, H. R., & Fitzgerald, R. (1969). The exposed germ-free pulp: effects of topical corticosteroid medication and restoration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 27(1), 60-67.
41. Cvek, M. (1978). A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *Journal of endodontics*, 4(8), 232-237.
42. Sundqvist G: Bacteriological studies of necrotic dental pulps, Sweden, 1976, Dissertation Umea.
43. Sundqvist G: Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root conducto ora, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 78:522, 1994.
44. Smith AJ: Pulpal responses to caries and dental repair, *Caries Res* 36:223, 2002.
45. Schmalz, G., Hiller, K. A., Nunez, L. J., Stoll, J., & Weis, K. (2001). Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *Journal of endodontics*, 27(1), 23-30.

46. Hahn, C. L., & Liewehr, F. R. (2007). Innate immune responses of the dental pulp to caries. *Journal of endodontics*, 33(6), 643-651.
47. Smith AJ , Cassidy N. , Perry H. , Begue-Kirn C. , Ruch JV , Lesot H. (1995). Reactionary dentinogenesis. *Int J Dev Biol* 39 :273-280.
48. Farges, J. C., Alliot-Licht, B., Renard, E., Ducret, M., Gaudin, A., Smith, A. J., & Cooper, P. R. (2015). Dental pulp defence and repair mechanisms in dental caries. *Mediators of inflammation*, 2015.
49. Bjørndal, L., Simon, S., Tomson, P. L., & Duncan, H. F. (2019). Management of deep caries and the exposed pulp. *International endodontic journal*, 52(7), 949-973.
50. Galler, K. M., Weber, M., Korkmaz, Y., Widbiller, M., & Feuerer, M. (2021). Inflammatory response mechanisms of the dentine–pulp complex and the periapical tissues. *International journal of molecular sciences*, 22(3), 1480.
51. Morse DR, Seltzer S, Sinai I, Biron G (1977) Endodontic classification. *J Am Dent Assoc* 94, 685– 9.
52. Baume, L. J. (1970). Diagnosis of diseases of the pulp. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 29(1), 102-116.

53. Barbakow, F. H., Cleaton-Jones, P. E., & Friedman, D. (1981). Endodontic treatment of teeth with periapical radiolucent areas in a general dental practice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 51(5), 552-559.
54. Michaelson, P. L., & Holland, G. R. (2002). Is pulpitis painful?. *International Endodontic Journal*, 35(10), 829-832.
55. Gopikrishna, V., Tinagupta, K., & Kandaswamy, D. (2007). Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. *Journal of endodontics*, 33(5), 531-535.
56. Weisleder, R., Yamauchi, S., Caplan, D. J., Trope, M., & Teixeira, F. B. (2009). The validity of pulp testing: a clinical study. *The Journal of the American Dental Association*, 140(8), 1013-1017.
57. Naseri, M., Khayat, A., Zamaheni, S., & Shojaeian, S. (2017). Correlation between histological status of the pulp and its response to sensibility tests. *Iranian Endodontic Journal*, 12(1), 20.
58. Roeykens, H., Van Maele, G., De Moor, R., & Martens, L. (1999). Reliability of laser Doppler flowmetry in a 2-probe assessment of pulpal blood flow. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 87(6), 742-748.

59. Schnettler JM, Wallace JA: Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulp vitality, J Endod 17:488, 1991.
60. Goldberg, M., Farges, J. C., Lacerda-Pinheiro, S., Six, N., Jegat, N., Decup, F., ... & Poliard, A. (2008). Inflammatory and immunological aspects of dental pulp repair. Pharmacological research, 58(2), 137-147.
61. Imai, M., & Hayashi, Y. (1993). Ultrastructure of wound healing following direct pulp capping with calcium- β -glycerophosphate (Ca-BGP). Journal of oral pathology & medicine, 22(9), 411-417.
62. Tjäderhane, L. (2002). The mechanism of pulpal wound healing. Australian Endodontic Journal, 28(2), 68-74.
63. American Association of Endodontists. AAE Position Statement. 2010. Available at: http://www.aae.org/uploadedfiles/publications_and_research/guidelines_and_position_statements/dentaldamstatement.pdf (accessed January 2017).
64. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J 2006; 39: 921–930.

65. Ahmad, I. A. (2009). Rubber dam usage for endodontic treatment: a review. *International endodontic journal*, 42(11), 963-972.
66. Webber, J. (2017). Endodontics: No rubber dam, no root canal. *British Dental Journal*, 222(3), 142-142.
67. Kim, S., & Baek, S. (2004). The microscope and endodontics. *Dental Clinics*, 48(1), 11-18.
68. de Carvalho, M. C. C., & Zuolo, M. L. (2000). Orifice locating with a microscope. *Journal of endodontics*, 26(9), 532-534.
69. Görduysus, M. Ö., Görduysus, M., & Friedman, S. (2001). Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *Journal of Endodontics*, 27(11), 683-686.
70. Slaton, C. C., Loushine, R. J., Weller, R. N., Parker, M. H., Kimbrough, W. F., & Pashley, D. H. (2003). Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *Journal of endodontics*, 29(8), 519-522.
71. Witherspoon D. Vital Pulp Therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives—Permanent Teeth. doi:10.1016/j.joen.2008.02.030

72. Haghighoo R, Abbasi F: A histopathological comparison of pulpotomy with sodium hypochlorite and formocresol, *Iran Endod J* 7:60, 2012.
73. Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*, 58(6), 329-341.
74. Karataş, E., Kirici, D. Ö., & Arslan, H. (2021). Postoperative pain after the use of sodium hypochlorite gel and solution forms: a randomized clinical study. *European Endodontic Journal*, 6(1), 34.
75. Mass, E., & Zilberman, D. U. (1993). Clinical and radiographic evaluation of partial in carious exposure of permanent molars. *Pediatric dentistry*, 15(4), 257.
76. Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*, 44(8), 697-730.
77. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe O Jr (1995) Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Brazilian Dental Journal* 6, 85–90

78. Estrela C, Pimenta FC, Ito IY, Bammann LL (1999) Antimicrobial evaluation of calcium hydroxide in infected dentinal tubules. *Journal of Endodontics* 25, 416–8.
79. Hörsted-Bindslev, P., Vilkinis, V., & Sidlauskas, A. (2003). Direct capping of human pulps with a dentin bonding system or with calcium hydroxide cement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(5), 591-600.
80. Dominguez, M. S., Witherspoon, D. E., Gutmann, J. L., & Opperman, L. A. (2003). Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *Journal of Endodontics*, 29(5), 324-333.
81. Akhlaghi, N., & Khademi, A. (2015). Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dental research journal*, 12(5), 406.
82. Matsumoto, S., Hayashi, M., Suzuki, Y., Suzuki, N., Maeno, M., & Ogiso, B. (2013). Calcium ions released from mineral trioxide aggregate convert the differentiation pathway of C2C12 cells into osteoblast lineage. *Journal of endodontics*, 39(1), 68-75.

83. Aeinehchi, M., Eslami, B., Ghanbariha, M., & Saffar, A. S. (2003). Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *International endodontic journal*, 36(3), 225-235.
84. Nair, P. N. R., Duncan, H. F., Pitt Ford, T. R., & Luder, H. U. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *International endodontic journal*, 41(2), 128-150.
85. Jabbarifar, E., Razavi, S. M., & Ahmadi, N. (2008). Histopathologic responses of dog's dental pulp to mineral trioxide aggregate, bio active glass, formocresol, hydroxyapatite. *Dental research journal*, 4(2), 83-87.
86. European Society of Endodontology (ESE). European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *International Endodontic Journal* 52.7 (2019): 923-934.
87. Goodis HE, Kahn A, Simon S (2012) Aging and the pulp. In: Hargreaves K, Goodis HE, Tay F, eds. *Seltzer and Bender's Dental Pulp*, 2nd edn; Berlin, Germany: Quintessenz.
88. About, I. (2018). Recent trends in tricalcium silicates for vital pulp therapy. *Current Oral Health Reports*, 5, 178-185.

89. Rajasekharan, S., Martens, L. C., Cauwels, R. G. E. C., & Verbeeck, R. M. H. (2014). Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *European archives of paediatric dentistry*, 15(3), 147-158.
90. Bayram, E., & Bayram, H. M. (2016). Fracture resistance of immature teeth filled with mineral trioxide aggregate, bioaggregate, and biodentine. *European journal of dentistry*, 10(02), 220-224.
91. Mahgoub, N., Alqadasi, B., Aldhorae, K., Assiry, A., Altawili, Z. M., & Hong, T. (2019). Comparison between iRoot BP Plus (EndoSequence Root Repair Material) and mineral trioxide aggregate as pulp-capping agents: a systematic review. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 9(6), 542.
92. American Association Endodontics AAE Position Statement on Vital Pulp Therapy. Guía 2021.
93. Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta.* Fideas G. Arias Odón.
94. Tamayo, M. (2007). *Metodología de la Investigación. México: Limusa.*

95. Garberoglio, R., & Brännström, M. (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of oral biology*, 21(6), 355-362.
96. Pashley, D. H. (1994). Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. *Archives of oral biology*, 39, S73-S80
97. Careddu, R., & Duncan, H. F. (2021). A prospective clinical study investigating the effectiveness of partial pulpotomy after relating preoperative symptoms to a new and established classification of pulpitis. *International Endodontic Journal*, 54(12), 2156-2172.
98. Ramani, A., Sangwan, P., Tewari, S., Duhan, J., Mittal, S., & Kumar, V. (2022). Comparative evaluation of complete and partial pulpotomy in mature permanent teeth with symptomatic irreversible pulpitis: A randomized clinical trial. *International Endodontic Journal*, 55(5), 430-440.
99. Chailertvanitkul, P., Paphangkorakit, J., Sooksantisakoonchai, N., Pumas, N., Pairojamornyoot, W., Leela-Apiradee, N., & Abbott, P. V. (2014). Randomized control trial comparing calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate for partial pulpotomies in cariously exposed pulps of permanent molars. *International endodontic journal*, 47(9), 835-842.

100. Duncan, H. F., Elkarim, I., Dummer, P. M., Whitworth, J., & Nagendrababu, V. (2022). Factors that influence the outcome of pulpotomy in permanent teeth. *International Endodontic Journal*.
101. Asgary, S., Eghbal, M. J., Shahravan, A., Saberi, E., Baghban, A. A., & Parhizkar, A. (2022). Outcomes of root canal therapy or full pulpotomy using two endodontic biomaterials in mature permanent teeth: a randomized controlled trial. *Clinical Oral Investigations*, 26(3), 3287-3297.
102. Tomson, P. L., Vilela Bastos, J., Jacimovic, J., Jakovljevic, A., Jacob Pulikkotil, S., & Nagendrababu, V. (2022). Effectiveness of pulpotomy compared with root canal treatment in managing non-traumatic pulpitis associated with spontaneous pain: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*.
103. Albaiti, S. S., Albishri, R. F., Alhowig, M. T., Tayyar, W. I., Alqurashi, N. F., & Alghamdi, F. T. (2022). Partial Pulpotomy as an Applicable Treatment Option for Cariously Exposed Posterior Permanent Teeth: A Systematic Review of Randomized Clinical Trials. *Cureus*, 14(7).
104. Cushley, S., Duncan, H. F., Lundy, F. T., Nagendrababu, V., Clarke, M., & El Karim, I. (2022). Outcomes reporting in systematic reviews on vital pulp treatment: A scoping review for the development of a core outcome set. *International endodontic journal*, 55(9), 891-909.

105. Ather, A., Gelfond, J. A., & Ruparel, N. B. (2022). Outcome of Pulpotomy in Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis: A Systematic Review and Meta-Analysis.

106. Aravind, A., Rechithra, R., Sharma, R., Rana, A., Sharma, S., Kumar, V., ... & Logani, A. (2022). Response to Pulp Sensibility Tests after Full Pulpotomy in Permanent Mandibular Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis: A Retrospective Data Analysis. *Journal of Endodontics*, 48(1), 80-86.