



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Titulación: GRADO EN ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Título: REVASCULARIZACIÓN PULPAR EN
DIENTES PERMANENTES INMADUROS**

Alumno: Eric Funes Gómez

Tutor: D. Ignacio Barbero Navarro

Curso 2020/2021

Sevilla

A mis padres, a mis hermanos y a toda mi familia, gracias a quienes soy quien soy y hacia quienes sólo puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica que hoy culmina.

A Ignacio Barbero Navarro, por su entrega desde tercer curso, por su esfuerzo, apoyo y serenidad, sin el este trabajo nunca habría sido posible

A mis compañeros y compañeras con las que tantos momentos he compartido.

Gracias



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DR/DRA. IGNACIO BARBERO NAVARRO, PROFESOR/A VINCULADO ADSCRITO AL DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA, COMO DIRECTOR/A DEL TRABAJO FIN DE GRADO.

CERTIFICA: QUE EL PRESENTE TRABAJO TITULADO:

“REVASCULARIZACIÓN PULPAR EN DIENTES PERMANENTES INMADUROS”

HA SIDO REALIZADO POR **ERIC FUNES GÓMEZ** BAJO MI DIRECCIÓN Y CUMPLE A MI JUICIO, TODOS LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA SER PRESENTADO Y DEFENDIDO COMO TRABAJO DE FIN DE GRADO.

Y PARA QUE ASI CONSTE Y A LOS EFECTOS OPORTUNOS, FIRMO EL PRESENTE CERTIFICADO, EN SEVILLA A DÍA 31 DE MAYO DE 2021.

D/D^a IGNACIO BARBERO NAVARRO

TUTOR/A



Facultad de Odontología



D/Dña. (Apellidos y Nombre)

ERIC FUNES GOMEZ con DNI **48121610-K** alumno/a del Grado en Odontología de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autor/a del Trabajo Fin de Grado titulado:

REVASCULARIZACIÓN PULPAR EN DIENTES PERMANENTES INMADUROS

DECLARO:

Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el Curso **2020-2021**, es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de Marzo de 2019)

APERCIBIMIENTO:

Quedo advertido/a de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de **NO APTO** y que **asumo las consecuencias legales** que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla 31 de Mayo de 2021

(Firma del interesado)

Fdo.: Eric Funes Gómez

RESUMEN

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar el papel de la revascularización pulpar y sus principios básicos, así como los factores que influyen en ella constatando que es una alternativa real al tratamiento de conductos convencional, teniendo en cuenta las innovaciones producidas en los últimos cinco años en cuanto a los distintos procedimientos clínicos y materiales incluyendo su tasa de éxito, realizándose una doble búsqueda de las publicaciones existentes en PubMed, siendo seleccionados 14 artículos, de su estudio y análisis se colige que dichas innovaciones favorecen la revascularización pulpar en dientes permanentes inmaduros

Palabras clave: pulpa, "pulpa dental", regeneración, "regeneración pulpar", revitalización, revascularización, "reparación periapical", "periodontitis apical", "dientes inmaduros", apexificación, "endodoncia regenerativa", "revascularización pulpar", "revascularización pulpar dental", "regeneración endodóntica.

ABSTRACT

This literature review aims to analyse the role of pulp revascularisation and its basic principles, as well as the factors that influence it, confirming that it is a real alternative to conventional root canal treatment, taking into account the innovations produced in the last five years in terms of the different clinical procedures and materials, including their success rate. A double search of the existing publications in PubMed was carried out, and 14 articles were selected, from their study and analysis it is clear that these innovations favour pulp revascularisation in immature permanent teeth.

Keywords: pulp, "dental pulp", regeneration, "pulp regeneration", revitalisation, revascularisation, "periapical repair", "apical periodontitis", "immature teeth", apexification, "regenerative endodontics", "pulp revascularisation", "dental pulp revascularisation", "endodontic regeneration".

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCION

1.1. LA ENDODONCIA

1.2. LA PULPA DENTARIA

1.2.1. Células de la pulpa

1.2.2. Vascularización de la pulpa

1.2.3. Inervación de la pulpa

1.2.4. Funciones de la pulpa

1.2.5. Patología de la pulpa

1.3. LA REVASCULARIZACION PULPAR

1.3.1. Principios

1.3.2. Bases biológicas

1.3.3. Eficacia

1.3.4. Técnica

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGIA DE LA BUSQUEDA

4. RESULTADOS DE LA REVISION

5. DISCUSION

6. CONCLUSIONES

7. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

1.1. LA ENDODONCIA

La endodoncia como tratamiento tiene el objetivo de estudiar la estructura, morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares, aglutina las ciencias básicas y clínicas que se encargan de la biología de la pulpa, etiopatogenia, diagnóstico, prevención y tratamiento de las patologías pulpares y perirradiculares. (1)

El ámbito de la endodoncia incluye:

- 1) Diagnóstico y tratamiento del dolor orofacial-pulpoperiapical.**
- 2) Tratamientos para mantener la vitalidad pulpar (endodoncia preventiva).**
 - a. Recubrimiento pulpar directo.
 - b. Recubrimiento pulpar indirecto.
 - c. Pulpotomías.
- 3) Tratamientos de conductos radiculares**
 - a. Biopulpectomía (pulpa viva).
 - b. Necropulpectomía I (Pulpa necrótica sin lesión periapical).
 - c. Necropulpectomía II (Pulpa necrótica y afectación periapical).
 - d. Apicogénesis/ Apicoformación (Dientes con ápice abierto).
- 4) Tratamientos quirúrgicos**
 - a. Apicectomía.
 - b. Hemisección radicular.
 - c. Radicectomía.
- 5) Blanqueamiento de dientes no vitales.**
- 6) Restauración de dientes endodonciados.**
- 7) Tratamiento de traumatismos dentarios, reimplantes y autotrasplantes.**
- 8) Endodoncia regenerativa. Revascularización / Regeneración pulpar.**

Tras el desarrollo científico y técnico de la endodoncia (1940-1990), aparece el concepto de Triada Endodóntica, compuesta por tres principios básicos: asepsia, preparación biomecánica y sellado apical y que tiene como objetivos, eliminar la pulpa, la pulpa enferma, esterilizar y sellar el conducto preservando el diente en la cavidad oral. Para poder lograr el éxito en la endodoncia es imprescindible eliminar los

microorganismos durante los procedimientos de limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares.(2)

El tratamiento endodóncico está muy tecnificado, utilizando diverso instrumental y gran número de aparatos como son localizadores de ápice, contraángulos reductores y limas para rotación horaria continua. También se utilizan sistemas de agitación mecanizada del irrigante como los cepillos rotatorios o vibratorios, el Endodontic Microbrush de Ruddle o el canal brush, además de otro sistema de irrigación continua durante la instrumentación rotaria como es el Quantec-E. Debemos incluir los sistemas de agitación y activación del irrigante, los sistemas sónicos o ultrasónicos y la irrigación sónica o subsónica: EndoactivatorSystem (Ruddle), sin olvidarnos de citar las técnicas de irrigación ultrasónica, que son la instrumentación e irrigación ultrasónica simultanea (UI), la irrigación pasiva ultrasónica (PUI) y la irrigación continua por ultrasonidos (CUI) (3)

1.2. LA PULPA DENTARIA

La pulpa dentaria es tejido dentario no mineralizado formado por tejido conectivo laxo rico en vasos sanguíneos y linfáticos y en nervios. El 75-80% de su peso / volumen es agua. El 25% restante es de materia orgánica compuesto por células (dentinoblastos, fibroblastos, fibrocitos, macrófagos/histiocitos, células dendríticas, linfocitos, células mesenquimales indiferenciadas y mastocitos), fibras (colágenas, reticulares y de oxitalan) y sustancia fundamental (glucoaminoglicanos, proteoglucanos, colágeno, elástica, interleucina-I y fibronectina) (4)

1.2.1. CÉLULAS DE LA PULPA

Las células que componen el tejido pulpar son las siguientes:

ODONTOBLASTOS: Son células pulpares muy diferenciadas, su principal función es la dentinogénesis, es decir la producción de dentina. También tienen la capacidad de síntesis con respecto al colágeno tipo I, proteoglucanos, fosfoproteína y fosfatasa alcalina. (4)

Según la región tienen distinta morfología, en la zona coronal de la pulpa son mas columnares y elaboran dentina primaria con túbulos normales, en la parte media el número de túbulos es menor y son menos regulares. Por último en la región apical se ven menos diferenciados y gestan una dentina menos tubular y más amorfa. (4)

FIBROBLASTOS: Son las células más abundantes que forman la pulpa, intervienen en la elaboración del colágeno tipo I y III. Se encuentran por toda la zona de la pulpa, pero especialmente en la zona rica en células. (4)

MACRÓFAGOS: En el tejido extravascular encontramos los monocitos de la sangre, presentan gran competencia para la endocitosis y la fagocitosis, actúan en las reacciones inmunológicas como procesadores del antígeno y lo ofrecen a los linfocitos (4)

CÉLULAS DENDRÍTICAS: En la capa de dentinoblastos nos encontramos con estas células, estas son poco fagocitarias y actúan en la respuesta inmunológica de la pulpa por tener antígenos clase II en su superficie (4)

LINFOCITOS: La mayoría de los que se encuentran en la pulpa son los tipo T8. (4)

CÉLULAS MESENQUIMATOSAS: Se debate si se encuentran en la pulpa o en otro lugar del organismo. En la actualidad se estima que los nuevos dentinoblastos se producen de los fibroblastos maduros (4)

MASTOCITOS: Se localizan en tejidos con inflamación crónica, aunque también se encuentran en pulpa normal (4)

1.2.2. VASCULARIZACIÓN DE LA PULPA

Por las foraminas apicales penetran las arteriolas y en el centro de la pulpa se crea un amplio plexo del que salen vasos más pequeños hacia el exterior formando el plexo capilar subdentinoblástico. Su capa muscular es más delgada que las localizadas en otras regiones. (4)

Acompañando a los capilares hallamos las vénulas con un diámetro más amplio; hay anastomosis directa con las arteriolas sin interposición capilar. (4)

Encontramos vasos linfáticos que nacen en el centro de la pulpa y se alejan por el foramen apical. (4)

1.2.3. INERVACIÓN DE LA PULPA.

Con una alta inervación sus fibras nerviosas pueden entrar por el foramen apical o por los conductos accesorios. Tenemos las fibras tipo C que son amielínicas, ramas del ganglio cervical superior, simpáticas, que se encargan del control del flujo vascular. Por otra parte nos encontramos con las fibras A δ , que son fibras nerviosas mielínicas, las cuales constituyen el plexo subdentinoblástico de Raschkow, el plexo dentinoblástico y las ramificaciones en el interior de los túbulos dentinarios. Son las encargadas de captar los movimientos de fluidos en la dentina. (4)

1.2.4. FUNCIONES DE LA PULPA.

Formativa: Durante toda la vida del diente contemplaremos esta función, ya que forma la dentina secundaria fisiológica y cuando esta presenta alguna patología tiene una función reparativa o terciaria. (4)

Nutritiva: La pulpa se nutre por los vasos sanguíneos propios y por los que penetran en mayor número por el foramen apical. (4)

Sensitiva: Incumbe a los tres posibles mecanismos sensitivos de la dentina que estimulan las fibras A-d y C de la pulpa. (4)

Defensa: Es capaz de formar dentina terciaria y sellar los conductos con riesgo de infección o exposición directa al ambiente, además también tiene la capacidad de inducir respuesta de defensa localizada. (4)

1.2.5. PATOLOGIA DE LA PULPA.

Clasificación y diagnóstico.

PULPAR	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS	CARACTERÍSTICAS RADIOGRÁFICAS
PULPA NORMAL	<ul style="list-style-type: none">Clínicamente está libre de síntomas y responde positivamente dentro de parámetros normales a las pruebas de sensibilidad.	<ul style="list-style-type: none">Sin alteración periapical
PULPITIS REVERSIBLE	<ul style="list-style-type: none">Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos en donde la pulpa vital inflamada retornara a la normalidad.No existen antecedentes de dolor espontáneo.Dolor transitorio de leve a moderado provocado por estímulos: frío, calor, dulce.Pruebas de sensibilidad positivas, térmicas y eléctricas.Etiología: Obturaciones fracturadas o desadaptadas o caries.	<ul style="list-style-type: none">No presenta cambios.
PULPITIS IRREVERSIBLE SINTOMÁTICA	<ul style="list-style-type: none">Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos indicando que la pulpa vital inflamada es incapaz de recuperarse.Dolor a los cambios térmicos.Dolor referido, espontáneo de moderado a severo.Dolor que disminuye con el frío y aumenta con el calor.Pruebas de sensibilidad positivas térmicas y eléctricas.	<ul style="list-style-type: none">Posible ensanchamiento del espacio del ligamento Periodontal.Zona Radiolúcida de la corona compatible con caries.Imagen Radiopaca compatible con restauraciones profundas.

	<ul style="list-style-type: none"> • El dolor permanece después de retirado el estímulo. • Dolor a la percusión. • Puede presentar caries. 	
PULPITIS IRREVERSIBLE ASINTOMÁTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos indicando que la pulpa vital inflamada es incapaz de repararse. • No hay síntomas clínicos. La inflamación es producida por caries, trauma. • Exposición pulpar por caries, fractura coronal complicada sin tratamiento. • Pruebas de sensibilidad (+) con respuesta anormal prolongada, en ocasiones retardadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin alteración periapical. Posible engrosamiento del espacio del ligamento. Periodontal. • Zona radiolúcida en la corona compatible asociada a caries.
NECROSIS PULPAR	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico clínico que indica muerte pulpar. • Usualmente no responde a las pruebas de sensibilidad (-) puede dar falsos (+) en dientes multirradiculares donde no hay necrosis total de todos los conductos. • Cambio de color coronal que puede ser de matiz pardo, verdoso o gris. • Presenta pérdida de la translucidez y la opacidad se extiende a la corona. • Puede presentar movilidad y dolor a la percusión. • Posibilidad de comunicación del conducto con la cavidad oral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ligero ensanchamiento del espacio del ligamento Periodontal. • Radilucidez de la corona compatible con caries. • Radiopacidad compatible con restauraciones profundas.
PREVIAMENTE TRATADO	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico clínico indicando que el diente ha sido endodónticamente tratado. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existen cambios en los tejidos de soporte circundante. • Conducto radicular obturado en calidad y longitud con diferentes materiales.
PREVIAMENTE INICIADO	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico clínico que indica que el diente ha sido previamente iniciado como una pulpectomía o pulpotomía. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existen cambios en los tejidos de soporte.

AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. Journal of Endodontics. Vol 35, # 12. 2009, pág. 1634 (5)

También debemos de mencionar los tipos de patología periapical que al estar relacionada con la patología pulpar, presentamos la siguiente clasificación y diagnóstico

PERIAPICAL	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS	CARACTERÍSTICAS RADIOGRÁFICAS
TEJIDOS APICALES SANOS	<ul style="list-style-type: none"> • Periodonto perirradicular sano. • Negativo a palpación y percusión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio del ligamento periodontal uniforme. • Lámina intacta.
PERIODONTITIS APICAL SINTOMÁTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor espontáneo o severo • Dolor localizado persistente y continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden o no observar cambios en los tejidos de soporte circundante.

PERIODONTITIS APICAL ASINTOMÁTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor tan severo que puede interrumpir actividades cotidianas. • Dolor a la percusión y palpación. • Sensación de presión en la zona apical del diente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede observarse ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal. • Puede o no estar asociado a radiolucidez apical.
	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente asintomática o asociada a molestia leve. • Tejidos circundantes dentro de parámetros normales. • Respuesta positiva o percusión. • Sensibilidad a la palpación, si existe compromiso de la tabla o sea vestibular. • Pruebas de sensibilidad y eléctricas negativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona radiolúcida apical de origen pulpar.
ABSCESO APICAL AGUDO	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso infeccioso por una necrosis pulpar como etiología. • De comienzo rápido. • Dolor espontáneo, Dolor a la presión, percusión y palpación. • Exudado purulento. • Inflamación intra o extraoral. • Dolor localizado o persistente. • Dolor constante y/o pulsátil. • Dolor a la presión (sensación de diente extruido) • Dolor localizado o difuso de tejidos blandos intraorales. • Movilidad aumentada. • Dolor a la percusión. • Malestar general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede o no revelar cambios en el tejido circundante periapical. • Puede observarse ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal o una zona de reabsorción ósea apical, asociada a una periodontitis apical asintomática.
ABSCESO APICAL CRÓNICO	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso infeccioso por una necrosis pulpar caracterizado por un comienzo gradual. • Ligera sensibilidad. • Presencia de fístula. • Asintomática. • Pruebas de sensibilidad negativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona radiolúcida apical. • Se debe realizar una fistulografía con cono de gutapercha..
OSTEITIS CONDENSANTE	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso inflamatorio crónico de baja intensidad. • Puede o no responder a pruebas de sensibilidad. • Puede o no ser sensible a palpación y/o percusión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de una zona radiopaca apical difusa concéntrica alrededor del tercio apical radicular.

AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. Journal of Endodontics. Vol 35, # 12. 2009, pág. 1634 (5)

1.3. REVASCULARIZACION PULPAR

Es un tratamiento regenerativo alternativo que intenta preservar las células madre pulpares/ papilares para lograr el desarrollo radicular en dientes inmaduros que han sufrido necrosis pulpar por caries o trauma. Tiene como objetivo recuperar la vitalidad pulpar del diente para que este continúe con su desarrollo radicular y finalmente se forme una raíz y un ápice de forma natural. (6)

1.3.1. PREMISAS FUNDAMENTALES.

La revascularización pulpar tiene como premisas fundamentales la desinfección de los conductos radiculares, sin realizar la instrumentación de los mismos. Además, también requiere un entorno adecuado para que el andamio biológico soporte los tejidos en crecimiento, así como un sellado hermético que eluda la entrada de bacterias al conducto radicular. (7)

1.3.2. BASES BIOLÓGICAS

Los procedimientos de regeneración biológica en la revascularización pulpar consisten en restaurar la función de la pulpa dañada a través de la estimulación de células madres o troncales que se encuentran en el conducto radicular o bien por la introducción y estimulación de nuevas células madre bajo condiciones favorables para su diferenciación, que permiten reemplazar estructuras dañadas de la raíz y células del complejo dentino-pulpar (8). Esto lo logramos a través del desbridamiento endodóntico y una combinación de medicamentos que disminuyen la infección para fomentar la reparación. (6), (9),(10).

Al no poder determinar radiográficamente la regeneración debemos hacer su planteamiento a través de la observación histológica. La naturaleza del tejido formada en el conducto es especulativa porque la presencia de estudios histológicos es ocasional. En 2012, Shimizu procedió a revascularizar un incisivo central superior, que posteriormente debido a una fractura fue exodonciada. A este diente le fue realizado un estudio por medio de técnica histológica e inmunohistoquímica, presentando tejido conectivo laxo con escasas fibras colágenas, ausencia de células inflamatorias y presencia de fibroblastos jóvenes en el conducto y en el periápice. El tejido laxo era similar a un tejido pulpar inmaduro. (11)

En 2013, Martin, en un primer molar inferior exodonciado por una fractura después de dos años de la revascularización, encontró histológicamente en sus conductos

un tejido mineralizado de naturaleza cementoide u osteoide, sin apreciar tejido pulpar caracterizado por la presencia de células odontoblásticas polarizadas a lo largo de dicho tejido. (12)

1.3.3. EFICACIA.

Ventajas:

a). La regeneración del tejido en el conducto radicular con células sanguíneas propias del paciente elude la posibilidad de rechazo inmunológico y la potencial transmisión de patógenos a partir de la sustitución de la pulpa. (8)

b). Los medicamentos necesarios para la desinfección del conducto radicular se pueden adquirir fácilmente y se pueden introducir por medio de instrumentos endodónticos convencionales. (13)

c). Evidencia radiográfica del desarrollo radicular continuo y del fortalecimiento de la raíz como resultado del refuerzo de las paredes dentinarias. (14), (15), (16)

Inconvenientes:

a). Los resultados clínicos a largo plazo aún son debatibles con potenciales complicaciones, como la falta de continuidad significativa del desarrollo radicular, la ausencia de cierre apical o la calcificación del conducto. (9), (17)

b) Se desconoce si la naturaleza del tejido que forma la pared del conducto se compone realmente de dentina. (11), (12)

c). Posibles complicaciones como la pigmentación coronaria, desarrollo de cepas bacterianas resistentes y reacciones alérgicas a la medicación intraconducto al usar la pasta triantibiótica. (18),(19), (20)

d). No existe un protocolo universal descrito en la literatura. (20)

e). Se han recomendado periodos de seguimiento que van desde 6 y 36 meses hasta los cinco años, lo cual en muchos casos es poco factible. (14), (15), (16)

1.3.4. TECNICA

La revascularización pulpar es un tratamiento que presenta una alta complejidad, por lo que se tiene que realizar en dos visitas como mínimo, la primera visita consiste en realizar una desinfección del conducto radicular y en la segunda promovemos la creación del coagulo. (21)

Primera visita

- 1.- Diagnóstico clínico.
- 2.- Tartrectomia, anestesia local (opcional), aislamiento del diente y desinfección.
- 3.- Preparación de la cavidad de acceso.
- 4.- Eliminación del tejido pulpar necrótico con instrumentos de endodoncia idóneos, eluyendo la instrumentación mecánica de las paredes del conducto radicular.
- 5.- Irrigación con hipoclorito sódico al 1,5 - 3 % (20 ml, 5 min), utilizando aguja de salida lateral hasta 2 mm del tejido vital (controlado con microscopio quirúrgico o cuando el paciente informe dolor). La elección de la concentración de hipoclorito de sodio refleja la necesidad de un equilibrio entre una desinfección suficiente y la preservación del tejido. Además, un sangrado o exudado pueden requerir una mayor irrigación.
- 6.- Irrigar con solución salina fisiológica estéril (5 ml) para disminuir los efectos citotóxicos del hipoclorito sódico en los tejidos vitales.
- 7.- Secar con puntas de papel.
- 8.- Irrigar con 20 ml de EDTA al 17%.
- 9.- Rellenar el conducto radicular, de forma densa y homogénea, con pasta de hidróxido de calcio no decolorante el cual actúa como desinfectante.
- 10.- Restaurar con una obturación provisional directamente sobre el apósito intraconducto con un espesor mínimo según el material elegido.

(21)

Segunda visita (2-4 semanas después).

- 1.- Si la inflamación no ha disminuido, sustituir el hidróxido de calcio. Si el paciente presenta alteración general de la salud, como fiebre o disfagia, puede requerirse la administración de antibióticos sistémicos, según las recomendaciones de la European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD).
- 2.- Limpieza, anestesia, aislamiento y desinfección del campo operatorio. La anestesia elegida debe tener una adecuada penetración ósea. Actualmente se recomienda específicamente el uso de anestésicos sin vasoconstrictor, sin embargo, la creación de un coágulo de sangre se ve principalmente limitada por la sensación de dolor del paciente, y la evidencia de un mejor sangrado sin utilización de vasoconstrictor es escasa. Hay que valorar la experiencia de la primera visita con respecto al cumplimiento del paciente, la ansiedad y el control del dolor.

- 3.- Eliminar el material de sellado temporal.
 - 4.- Irrigar con EDTA al 17 % (20ml, 5 min), utilizando aguja de salida lateral hasta 2 mm del tejido vital.
 - 5.- Irrigar con solución salina estéril (5 ml) para reducir los efectos adversos de los irrigantes en las células diana.
 - 6.- Eliminar el exceso de líquido con puntas de papel.
 - 7.- Inducir una hemorragia por irritación mecánica del tejido periapical, mediante el movimiento rotacional de una lima precurvada apicalmente.
 - 8.- Permitir que el conducto se llene de sangre hasta 2-3 mm apical al margen gingival, y esperar la formación de un coágulo de sangre durante 15 minutos.
 - 9.- Colocar una matriz de colágeno con un diámetro mayor que el tercio coronal del conducto radicular y una altura de 2-3 mm sobre la parte superior del coágulo de sangre, y permitir que la matriz absorba fluido para evitar la formación de un espacio vacío.
 - 10.- Colocar una capa fina y homogénea de cemento biocerámico (MTA, Biodentine) sobre la matriz de colágeno unos 2 mm por debajo de la unión amelo-cementaria, prestando atención a la posible decoloración tras el contacto del material con sangre.
 - 11.- Aplicar ionómero de vidrio fraguable o cemento de hidróxido de calcio.
 - 12.- Limpiar las paredes de la cavidad con una fresa de diamante o mediante chorreado con óxido de aluminio.
 - 13.- Sellar con restauración adhesiva.
- (21)

Seguimiento

El seguimiento será semestral en los primeros dos años y anual durante los cinco años posteriores. Es aconsejable en casos de infección de larga duración, continuación de inflamación, presencia de reabsorción radicular inflamatoria o cuando haya opción de un tratamiento alternativo, realizar un seguimiento a los tres meses. (21)

Puesto que los dientes tratados con una revascularización pulpar son susceptibles a presentar inflamación y reabsorción radicular apical, debemos planificar los tratamientos de ortodoncia para cuando la cicatrización ósea sea efectiva y ver su viabilidad o su exclusión. (21)

2. OBJETIVOS

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar el papel de la revascularización pulpar y sus principios básicos, así como los factores que influyen en ella constatando que es una alternativa real al tratamiento de conductos convencional.

3. METODOLOGIA DE LA BUSQUEDA

El material científico se obtuvo de la base de datos, PubMed, ofrecidas por el portal web de la Biblioteca de Centros de la Salud de la Universidad de Sevilla.

Para la identificación de los artículos de interés, se ha realizado una primera búsqueda en PubMed utilizando los términos MESH y aplicando los criterios de inclusión y exclusión que se muestran a continuación.

	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Fecha de publicación	Últimos 5 años	Anterior a los últimos 5 años
Estudio realizado en	Humanos	Animales
Idiomas	Español e inglés	Otro idioma
Tipo de artículo	Artículos en los que se puede acceder al texto completo	Artículos que no se pueden acceder al texto completo o la universidad no estaba suscrita a la revista

A partir de los distintos criterios de inclusión y exclusión utilizados para la limitación de resultados relacionados con el tema tratado de este trabajo, ha sido posible la selección de los artículos considerados de mayor utilidad en referencia a la revascularización pulpar.

Las palabras claves que se utilizaron para realizar la búsqueda fueron las siguientes: pulp, “dental pulp”, regeneration, “pulp regeneration”, revitalization, revascularization, “periapical repair”, “apical periodontitis”, “immature teeth”, apexification, “regenerative endodontic”, “pulp revascularization”, “dental pulp revascularization”, “Endodontic regeneration”.

Los operadores booleanos utilizados para una segunda búsqueda han sido “AND” y “OR”. Se han combinado las palabras claves con los conectores para poder encontrar artículos de interés para el trabajo.

Se detalla a continuación el proceso de búsqueda de artículos a través de una tabla donde recogemos las palabras clave y los conectores utilizados, junto con el número de artículos resultantes y los seleccionados.

PRIMERA BUSQUEDA	TOTAL ARTICULOS
Pulp	1338
“Dental pulp”	931
Regeneration	14975
“Pulp regeneration”	35
Revitalization	163
Revascularization	4389
“Periapical repair”	1
“Apical periodontitis”	99
“Immature teeth”	23
Apexification	19
“Regenerative endodontic”	24
“Regenerative endodontics”	41
“Pulp revascularization”	4
“Dental pulp revascularization”	1
“Endodontic regeneration”	4
“Pulp revascularization”	4

SEGUNDA BUSQUEDA	TOTAL DE ARTICULOS	ARTICULOS SELECCIONADOS
Revitalization AND Pulp	3	1
Regeneration AND Pulp	234	3
Regeneration AND “dental pulp”	212	2
Revascularization AND “periapical repair”	1	1
Revascularization AND “apical periodontitis”	3	1
Regeneration AND “immature teeth”	7	2
(pulp OR “dental pulp” OR “dental pulps”) AND revascularization	18	2
(“regenerative endodontic” OR “regenerative endodontics” OR “endodontic regeneration”)	57	2

4. RESULTADOS DE LA REVISIÓN

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
A prospective clinical study of regenerative endodontic treatment of traumatized immature teeth with necrotic pulps using bi-antibiotic paste. (22)	Nazzal H, Kenny K, Altimimi A, Kang J, Duggal MS	International Endodontic Journal. 2018	Evaluar los resultados del tratamiento de una técnica endodóntica de revitalización (RET) para el tratamiento de dientes inmaduros traumatizados con pulpas necróticas en niños.	La fiabilidad de las mediciones entre operadores fue consistentemente fuerte para todas las mediciones. No hubo diferencias significativas en las longitudes de las raíces o en las anchuras de las paredes de dentina de las raíces después de la técnica endodóntica de revitalización. Se observó diferencia significativa en las anchuras de los forámenes apicales después de 2 años ($P = 0,013$) con la resolución de los signos clínicos de infección en todos los casos. A pesar de omitir la minociclina y utilizar cemento Portland (que no contiene bismuto), se registró un cambio de color de la corona notable (más amarillo, más rojo y más claro), medido por un sistema de medición del color objetivo con $\Delta E = 7,39$. No obstante, la mayoría de los pacientes quedaron satisfechos con el resultado estético.
Treatment of Necrotic Teeth by Apical Revascularization: Meta-analysis. (23)	He L, Zhong J, Gong Q, Kim SG, Zeichner SJ, Xiang L, Ye L, Zhou X, Zheng J, Liu Y, Guan C, Cheng B, Ling J, Mao JJ.	International Journal of Scientific Reports. 2017	Realizar un metanálisis sobre la revascularización apical.	Después de la revascularización apical con recordatorios de 6 a 66 meses, los ápices radiculares permanecieron abiertos en el 13,9% de los casos (tipos I), mientras que se formó un puente de calcificación apical en el 47,2% (tipo II) y un cierre apical (tipo III) en el 38,9% de los casos. Las longitudes diente-raíz carecían de una ganancia postoperatoria significativa entre todos los sujetos ($p = 0,3472$) o en los subgrupos. El área radicular-dentinaria mostró un aumento significativo en los casos de tipo III, pero no en los de tipo I o II. Los ápices radiculares se estrecharon significativamente en los tipos II y III, pero no en los pacientes del tipo I
Regenerative Endodontic Procedures: An Umbrella Review. (24)	Lopes LB, Neves JA, Botelho J, Machado V, Mendes JJ	International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021	Revisión que tiene como objetivo evaluar críticamente las revisiones sistemáticas disponibles sobre el procedimiento endodóntico regenerativo	La calidad de las pruebas no fue favorable, se justifican futuras revisiones sistemáticas de alto nivel y ensayos clínicos bien diseñados para aclarar mejor los protocolos clínicos y los resultados de éxito del procedimiento endodóntico regenerativo

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
<p>Advanced Scaffolds for Dental Pulp and Periodontal Regeneration. (25)</p>	<p>Bottino MC, Pankajakshan D, Nör JE</p>	<p>Dental Clinics of North America. 2017</p>	<p>Revisión en dos partes que ofrece una actualización de los avances relacionados con los biomateriales avanzados para la regeneración de la pulpa y el periodonto. En la primera parte se exponen brevemente los antecedentes de la estrategia del sangrado evocado, la importancia de una desinfección biocompatible y los aspectos más destacados del uso de andamios, células madre y factores de crecimiento en la regeneración de la pulpa dental. La segunda parte destacan los últimos avances en el desarrollo de membranas con propiedades terapéuticas y tecnologías, como la fabricación aditiva, para diseñar membranas/andamios específicos para cada paciente con el fin de ampliar la regeneración periodontal de los tejidos duros y blandos.</p>	<p>No existe ninguna terapia actual que promueva la desinfección del conducto radicular y la regeneración del complejo pulpar-dentinario en casos de necrosis pulpar.</p> <p>Se ha demostrado que las pastas antibióticas utilizadas para erradicar la infección del conducto afectan negativamente a la supervivencia de las células madre.</p> <p>Las nanofibras tridimensionales de fácil colocación que liberan antibióticos, combinadas con andamios inyectables, enriquecidos o no con células madre y/o factores de crecimiento (GF), pueden aumentar la probabilidad de lograr una regeneración pulpar dental predecible en humanos.</p> <p>Se presentan los últimos avances relacionados con la biomodificación de las membranas para dotarlas de las funcionalidades necesarias (capacidad antimicrobiana) y las tecnologías (fabricación aditiva) para diseñar membranas/construcciones específicas para el paciente con el fin de amplificar la regeneración periodontal de los tejidos duros y blandos.</p>

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
Effects of the nitric oxide releasing biomimetic nanomatrix gel on pulp-dentin regeneration: Pilot study (27)	Moon CY, Nam OH, Kim M, Lee HS, Kaushik SN, Cruz Walma DA, Jun HW, Cheon K, Choi SC	Plos One. 2018	Evaluación de los efectos antibacterianos de un gel de nanomatriz biomimética liberadora de antibióticos y óxido nítrico sobre bacterias endodónticas de varias especies	Los resultados de este estudio apoyan la noción de que los antibióticos y el óxido nítrico fueron liberados del gel de la nanomatriz por degradación enzimática y demuestran efectos antibacterianos compatibles con concentraciones óptimas. El óxido nítrico no interfiere con el efecto antibacteriano de los antibióticos y puede eliminar los antibióticos en el régimen de tratamiento en el futuro. Del estudio piloto in vivo propuesto, los resultados de la revascularización mediante el gel de nanomatriz promovieron una maduración radicular favorable con potencial de revascularización en comparación con el procedimiento de endodoncia regenerativa convencional. Se requiere más investigación con un tamaño de muestra mayor, variando los marcadores de diferenciación y los factores de crecimiento para desarrollar un protocolo clínico sólido antes de los ensayos en humanos
A scoping review of root canal revascularization: relevant aspects for clinical success and tissue formation. (33)	Conde MCM, Chisini LA, Sarkis-Onofre R, Schuch HS, Nör JE, Demarco FF	International Endodontic Journal. 2017	Evaluar la tasa de supervivencia y la naturaleza del tejido formado en el interior de los conductos radiculares de dientes permanentes inmaduros con pulpa necrótica (NIPT) bajo revascularización del conducto radicular (RCR)	La mayoría de los estudios incluidos informaron de un aumento significativo tanto de la longitud como de la anchura de la raíz. Sin embargo, como la mayoría de estos datos procedían de informes de casos, deben interpretarse con cuidado, ya que la mayoría se centraban en los éxitos del tratamiento (no en los fracasos). Por lo tanto, se necesitan ensayos controlados aleatorios bien diseñados que comparen la revascularización del conducto radicular con los tratamientos de apexificación disponibles para abordar esta laguna en la literatura.

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
Clinical Evidence for Regenerative Endodontic Procedures: Immediate versus Delayed Induction? (28)	Tatiana M Botero, Xianli Tang, Richard Gardner, Jan C C Hu, James R Boynton, G Rex Holland	Journal of Endodontics. 2017	Ensayo clínico en que se plantea la hipótesis de que no hay diferencia de éxito entre los protocolos de inducción inmediata o retardada	Actualmente, de los 25 pacientes reclutados (28 dientes), 19 han completado su seguimiento a los 12 meses. El grupo con inducción retardada tuvo una tasa de éxito del 71%, y el grupo con inducción inmediata tuvo una tasa de éxito del 33%. En la mayoría de los casos (79%), la etiología fue un traumatismo. Todos los casos con éxito se iniciaron en el estadio 9 de desarrollo radicular (Nolla), y la mayoría mostraron una cicatrización de tipo 2. La determinación del estadio de formación de la raíz y la etiología son posibles factores críticos para cualquier decisión terapéutica. En resumen, es pronto para concluir o sugerir alguno de los protocolos. Está claro que se necesitan muchos más datos antes de poder cumplir los requisitos de tamaño de la muestra.
Radiographic outcome of necrotic immature teeth treated with two endodontic techniques: A retrospective analysis.(29)	Chen SJ, Chen LP	Biomedical Journal. 2016	Ensayo clínico que compara el tratamiento endodóntico regenerativo con la apexificación en dientes con periodontitis apical y raíces inmaduras	No hubo diferencias estadísticas entre los dos tratamientos respecto a las puntuaciones del índice periapical en el seguimiento de 1, 3, 6 y 12 meses ($p > 0,05$). Además, los diferentes operadores y los distintos estadios de desarrollo radicular de ambas técnicas no mostraron diferencias estadísticas significativas en los resultados finales del tratamiento
GelMA-Encapsulated hDPSCs and HUVECs for Dental Pulp Regeneration. (32)	Khayat A, Monteiro N, Smith EE, Pagni S, Zhang W, Khademhosseini A, Yelick PC	Journal of Dental Research. 2017	Definir métodos fiables para regenerar los tejidos pulpaes en los segmentos radiculares de los dientes (SR)	Identifican el hidrogel de metacrilato de gelatina combinado con células madre de la pulpa dental humana y células endoteliales de la vena umbilical humana como un nuevo y prometedor tratamiento de revascularización pulpar clínicamente relevante para regenerar los tejidos de la pulpa dental humana

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
Regenerative Endodontic Therapy in the Management of Nonvital Immature Permanent Teeth: A Systematic Review-Outcome Evaluation and Meta-analysis (34)	Tong HJ, Rajan S, Bhujel N, Kang J, Duggal M, Nazzal H	Journal of Endodontics. 2017	Resumir y evaluar cuantitativamente los resultados de los dientes permanentes inmaduros no vitales tratados mediante la técnica de endodoncia regenerativa (RET), así como valorar críticamente el nivel y la calidad de las pruebas de las publicaciones existentes.	Todavía existen muchas lagunas de conocimiento en los estudios publicados. Las pruebas actuales publicadas no pueden proporcionar conclusiones definitivas sobre la previsibilidad de los resultados de la técnica de endodoncia regenerativa
Clindamycin-modified Triple Antibiotic Nanofibers: A Stain-free Antimicrobial Intracanal Drug Delivery System. (35)	Karczewski A, Feitosa SA, Hamer EI, Pankajakshan D, Gregory RL, Spolnik KJ, Bottino MC	Journal of Endodontics. 2018	Este estudio pretendía sintetizar nanofibras de polímero (polidioxanona [PDS]) modificadas con clindamicina y determinar in vitro sus propiedades antimicrobianas, la compatibilidad celular y la decoloración de la dentina	El diámetro medio de las fibras de las nanofibras que contienen CLIN osciló entre 352 ± 128 nm y 349 ± 128 nm y fue significativamente menor que el de las fibras de polidioxanona. El análisis de la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier confirmó la presencia de antibióticos en las nanofibras. Las nanofibras modificadas con triple antibiótico CLIN-m (sin minociclina) hidratadas mostraron una resistencia a la tracción similar a la de las nanofibras sin antibióticos (PDS). Todas las nanofibras que contenían CLIN y las alícuotas demostraron una pronunciada actividad antimicrobiana contra todas las bacterias. Las alícuotas que contenían antibióticos provocaron una ligera reducción de la viabilidad de las células madre de la pulpa dental, pero no se consideraron tóxicas. No se observó ninguna decoloración visible de la dentina tras la exposición de las nanofibras que contienen CLIN. Por lo que las nanofibras antibióticas triples CLIN-m podrían ser una alternativa viable a las pastas antibióticas basadas en minociclinas

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
Effects of Stem Cell Factor on Cell Homing During Functional Pulp Regeneration in Human Immature Teeth. (31)	Ruangsawasdi N, Zehnder M, Patcas R, Ghayor C, Siegenthaler B, Gjoksi B, Weber FE	Tissue Engineering Part A. 2017	Se investiga si el factor de células madres podría facilitar la localización de las células en el conducto radicular inmaduro sin pulpa y promover la regeneración de una pulpa funcional	In vitro, se expusieron células madre mesenquimales humanas (hMSCs) al factor de células madre en varias concentraciones para evaluar la migración celular, la proliferación y la diferenciación hacia odonto/osteoblastos mediante portaobjetos de quimiotaxis 3D, el ensayo WST-1 y la actividad de la fosfatasa alcalina, respectivamente. Se utilizaron geles de fibrina para administrar 15 µg/mL de factor de células madre para los experimentos in vivo. Se evaluó la cinética de liberación de factor de células madre in vitro. Se colocaron dos premolares inmaduros humanos correspondientes, con o sin factor de células madre, en calvarios de rata durante 6 y 12 semanas. Todos los especímenes dentales fueron analizados histológicamente y se determinó el porcentaje de crecimiento tisular o se extrajeron las células del espacio pulpar, y se evaluó el nivel de ARNm de DMP1, DSPP, Col1, NGF y VEGF mediante la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa. En presencia de factor de células madre, se observó un aumento de la migración direccional, la proliferación y la diferenciación odonto/osteogénica de las hMSC. El factor de células madre también aumentó la extensión del crecimiento tisular a las 6 semanas, pero no a las 12 semanas. Sin embargo, en este punto de tiempo, el tejido formado parecía más maduro en las muestras con factor de células madre. En cuanto a la transcripción de genes, DMP1, Col1 y VEGF fueron los genes significativamente regulados al alza, mientras que DSPP y NGF no se vieron afectados

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
<p>Pulp regeneration with hemostatic matrices as a scaffold in an immature tooth minipig model. (26)</p>	<p>Jang JH, Moon JH, Kim SG, Kim SY</p>	<p>International Journal of Scientific Reports. 2020</p>	<p>Investigación sobre los efectos del uso de hidrogeles hemostáticos a base de gelatina y fibrina como andamio en la regeneración pulpar en un modelo de minipig</p>	<p>Los andamios a base de gelatina mostraron una viabilidad celular significativamente mayor que los andamios a base de fibrina después de 15 días ($P < 0,05$). Los grupos con un coagulo de sangre autologa y andamio de matriz a base de gelatina mostraron un desarrollo radicular favorable sin inflamación y tejido recién mineralizado depositado en el sistema de canales radiculares, mientras que el grupo del andamio de matriz a base de fibrina presentó cambios inflamatorios con la continuación del desarrollo radicular. El grupo sin la inserción de un andamio presentó reabsorción radicular interna con lesiones periapicales. La aplicación de andamio de matriz a base de gelatina en la terapia endodóntica regenerativa condujo a resultados clínicos favorables de desarrollo radicular sin cambios inflamatorios en comparación con la terapia endodóntica convencional. Estos resultados sugieren que el andamio de matriz a base de gelatina puede servir como un andamio regenerativo viable para la regeneración pulpar.</p>

TITULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	OBJETIVOS	RESULTADOS
<p>The potential application of concentrated growth factor in pulp regeneration: an in vitro and in vivo study.(30)</p>	<p>Xu F, Qiao L, Zhao Y, Chen W, Hong S, Pan J, Jiang B</p>	<p>Stem Cell Research and Therapy. 2019</p>	<p>Investigar el factor de crecimiento concentrado en la proliferación, migración y diferenciación de las células pulpares madre dentales humanas expuesta al lipopolisacárido in vitro y su potencial papel en la regeneración pulpar en los dientes inmaduros in vivo</p>	<p>Las células cultivadas mostraron las características de las células madre mesenquimales. El tratamiento de lipopolisacáridos aumentó significativamente la expresión de TNF-α, IL-1β, IL-6 e IL-8 en las células pulpares madre dentales humanas, y el factor de crecimiento concentrado inhibió la expresión de mRNA de IL-8 en las células pulpares madre dentales humanas estimuladas por lipopolisacárido. Los valores de proliferación del grupo del factor de crecimiento concentrado en las células pulpares madre dentales humanas estimuladas por lipopolisacáridos fueron significativamente mayores que los del grupo de control desde el día 3 hasta el día 7 ($P < 0,05$). Además, el número de células migratorias del grupo del factor de crecimiento concentrado fue mayor que el del grupo de control a las 24 h con o sin tratamiento de lipopolisacáridos. Las actividades de la fosfatasa alcalina aumentaron gradualmente en ambos grupos desde el día 4 hasta el día 7. Los nódulos mineralizados y la expresión de los genes relacionados con la odontogénesis de la proteína de la matriz de la dentina 1 y la sialofosfoproteína de la dentina, y de los genes relacionados con la osteogénesis que son la osteopontina, el factor de transcripción con Runt 2 y la osteocalcina fueron dramáticamente mejorados por el factor de crecimiento concentrado en las células pulpares madre dentales humanas estimuladas por lipopolisacáridos en los días 21 y 28.</p> <p>Experimento in vivo: En el grupo tratado con factor de crecimiento concentrado, los resultados de la radiografía, técnica de hematoxilina-eosina, y la tinción de tricrómico de Masson mostraron un diente de desarrollo continuo de los dientes inmaduros en los perros beagle (es decir, el crecimiento de los tejidos blandos en el canal de la raíz, las paredes internas de la dentina de la raíz engrosada, y el ápice cerrado), que se asemejó al desarrollo normal del diente en el grupo de control positivo. La tinción inmunohistoquímica mostró que el factor de crecimiento endotelial vascular y la Nestina se expresaban moderadamente en los tejidos pulpares regenerados, lo que indicaba la vascularización y la inervación</p>

5. DISCUSIÓN

El tratamiento endodóntico regenerativo puede convertirse en una alternativa de tratamiento para los dientes con periodontitis apical y raíces inmaduras, Chen SJ y Chen LP recogieron datos clínicos y radiográficos de 38 dientes tratados con endodoncia (21 de apexificación y 17 de regeneración). Midiendo el resultado radiográfico cuantificando la lesión apical, no hubo diferencias estadísticas entre los dos tratamientos respecto a las puntuaciones del índice periapical. (29)

Al no existir directrices basadas en la evidencia adecuada para apoyar un protocolo único para los estudios publicados anteriormente Tong HJ, Rajan S, Bhujel N, Kang J, Duggal M, Nazzal H, realizaron un metaanálisis pretendiendo resumir y evaluar cuantitativamente los resultados de los dientes permanentes inmaduros no vitales tratados mediante la técnica de endodoncia regenerativa, así como la valoración crítica del nivel y las calidades de las pruebas de las publicaciones existentes, se realizó la evaluación del riesgo del sesgo y la clasificación del nivel de evidencia de los estudios incluidos teniendo como resultado las tasas de éxito para la supervivencia de los dientes y la resolución de la patología periapical fué excelente, sin embargo, los resultados para el cierre apical y el desarrollo radicular continuado fueron inconsistentes habiendo pocos informes sobre los resultados a largo plazo y los efectos tardíos, ningún estudio evaluó los resultados económicos en materia de salud y las mejoras en la calidad de vida de los pacientes. (34)

Simultáneamente, Conde MCM, Chisini LA, Sarkis-Onofre R, Schuch HS, Nör JE, Demarco FF, realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la tasa de supervivencia y la naturaleza del tejido formado en el interior de los conductos radiculares de dientes permanentes inmaduros humanos con pulpa necrótica bajo revascularización del conducto radicular, este estudio incluyó un total de 367 dientes permanentes inmaduros con pulpa necrótica que fueron sometidos a la revascularización del conducto radicular, de los cuales solo 21 necesitaron tratamiento endodóntico adicional por reinfección del conducto radicular. (33)

Respecto a la desinfección del conducto radicular y la regeneración del complejo pulpar dentinario en los casos de necrosis pulpar, Bottino MC, Pankajakshan D, Nör JE, demostraron que las pastas antibióticas utilizadas para erradicar la infección del conducto afectan negativamente a la supervivencia de las células madre, presentando los últimos avances en la biomodificación de membranas para dotarlas de las funcionalidades necesarias y las tecnologías para diseñar membranas/construcciones específicas para cada paciente con el fin de amplificar la regeneración periodontal. (25).

Sin embargo, en septiembre de 2017, un estudio demostró que la aplicación de la pasta antibiótica triple fue tan eficaz como el Ca(OH)₂ como medicamento intracanal. (33).

Nazzal H, Kenny K, Altimimi A, Kang J, Duggal MS, hicieron un estudio prospectivo clínico en el que evaluaban la técnica endodóntica de revitalización con pasta bi-antibiótica, en el cual no hubo diferencias significativas en las longitudes de las raíces o en las anchuras de las paredes dentinales de las raíces después de la técnica de endodoncia regenerativa, pero si hubo diferencia en las anchuras de los forámenes apicales después de 2 años, observándose un cambio de color en la corona notable aunque los pacientes quedaron satisfechos con el resultado estético. (22)

Para promover la erradicación bacteriana dentro del sistema de conductos radiculares tras la necrosis pulpar, Karczewski A, Feitosa SA, Hamer EI, Pankajakshan D, Gregory RL, Spolnik KJ, Bottino MC, realizan un estudio que pretendía sintetizar nanofibras de polímero modificadas con clindamicina y determinar sus propiedades antimicrobianas, compatibilidad celular y decoloración de la dentina, se procesaron nanofibras de solo clindamicina (CLIN) y nanofibras modificadas con triple antibiótico (CLIN-m, sin minociclina) mediante electrospinning, como resultado el diámetro medio de las fibras de las nanofibras que contenían CLIN fue significativamente menor que el de las fibras de las nanofibras de polímero. Todas las nanofibras que contenían CLIN y las alícuotas demostraron una pronunciada actividad antimicrobiana contra todas las bacterias sin poderse considerar tóxicas hacia las células madre de la pulpa dental y sin producir ninguna decoloración visible de la dentina tras la exposición de las nanofibras que contienen CLIN. (35)

Moon CY, Nam OH, Kim M, Lee HS, Kaushik SN, Cruz Walma DA, Jun HW, Cheon K, Choi SC, realizaron un estudio para mejorar el actual procedimiento de endodoncia regenerativa en el que se analiza el desarrollo de un gel de nanomatriz biomimética liberador de antibióticos y óxido nítrico, según este estudio los antibióticos y óxido nítrico fueron liberados del gel de la nanomatriz por degradación enzimática y demuestran efectos antibacterianos compatibles con concentraciones óptimas, de este estudio se colige que el gel de nanomatriz promovió una maduración radicular favorable con potencial de revascularización en comparación con el procedimiento de endodoncia regenerativa convencional (27).

Tatiana M Botero, Xianli Tang, Richard Gardner, Jan C C Hu, James R Boynton, G Rex Holland, realizan un ensayo clínico en el que plantea la hipótesis de que no hay diferencia de éxito entre los protocolos de inducción inmediata o retardada del coágulo sanguíneo, la tasa de éxito (71%) en el grupo de inducción retardada fue considerablemente mayor en el que se realizó la inducción inmediata (33%). (28)

Ruangasawasdi N, Zehnder M, Patcas R, Ghayor C, Siegenthaler B, Gjoksi B, Weber FE, investigaron si el factor de células madre (SCF) podría facilitar la localización de las células en el conducto radicular inmaduro sin pulpa y promover la regeneración de una pulpa funcional, sus resultados sugieren que el SCF puede acelerar la localización de las células y la maduración del complejo pulpo dentinario en los dientes inmaduros humanos. (31)

Khayat A, Monteiro N, Smith EE, Pagni S, Zhang W, Khademhosseini A, Yelick PC, se fijaron como objetivo definir métodos fiables para regenerar los tejidos pulpares en los segmentos radiculares de los dientes, obteniendo el resultado de que el hidrogel de metacrilato de gelatina combinado con células madre de la pulpa dental humana y células endoteliales de la vena umbilical humana como un nuevo y prometedor tratamiento de revascularización pulpar clínicamente relevante para regenerar los tejidos de la pulpa dental humana. (32)

A la hora de investigar los efectos del factor de crecimiento concentrado (CGF) en la proliferación migratoria y diferenciación de las células madres dentales humanas expuesta al liposacarido in vitro y su potencial papel en la regeneración pulpar de los dientes inmaduros in vivo. Xu F, Qiao L, Zhao Y, Chen W, Hong S, Pan J, Jiang B, demostraron que este factor tiene un efecto positivo en la proliferación, migración y diferenciación de las células madres dentales humanas expuestas a liposacaridos in vitro, y promover la regeneración del complejo dentina-pulpa en los dientes inmaduros en los perros Beagle in vivo. (30)

Jang JH, Moon JH, Kim SG, Kim SY, investigaron los efectos del uso de hidrogeles hemostáticos a base de gelatina y fibrina como andamio en la regeneración pulpar en un modelo de minipig, demostrando que la matriz a base de gelatina presenta buena viabilidad celular de la diferenciación odontoblastica de las células madre de la pulpa dental en cultivos tridimensionales in vitro y resultados favorables en la terapia de endodoncia regenerativa con desarrollo radicular y sin cambios inflamatorios en los dientes inmaduros de un modelo de minipig in vivo. (26)

He L, Zhong J, Gong Q, Kim SG, Zeichner SJ, Xiang L, Ye L, Zhou X, Zheng J, Liu Y, Guan C, Cheng B, Ling J, Mao JJ, efectuan un metaanálisis sobre la revascularización apical, en niños y adolescentes, obteniendo como resultados que la revascularización apical favorece el desarrollo de la raíz del diente pero carece de consistencia para promover el alargamiento, ensanchamiento o el cierre apical de la raíz. (23)

El procedimiento endodóntico regenerativo es un método de base biológica en el que se sustituye un complejo pulpar dentinario dañado por un nuevo tejido vital, Lopes LB, Neves JA, Botelho J, Machado V, Mendes JJ, realizaron una revisión general que tenía como objetivo evaluar críticamente las revisiones sistemáticas sobre el procedimiento endodóntico regenerativo, con el resultado de que la calidad de las pruebas producidas por las revisiones sistemáticas disponibles no fue favorable. (24)

6. CONCLUSIONES

- I.** El hidrogel de metacrilato de gelatina combinado con células madre de la pulpa dental y células endoteliales de la vena umbilical humana es un nuevo y prometedor tratamiento de revascularización pulpar clínicamente relevante para la regeneración de los tejidos de la pulpa dental humana.
- II.** La inducción del coagulo sanguíneo es más efectiva cuando realizamos una inducción retardada que cuando realizamos una inducción inmediata.
- III.** Las nanofibras antibióticas triples de clindamicina sin minociclina es una alternativa viable a las pastas antibióticas basadas en minociclinas.
- IV.** Los dientes inmaduros traumatizados con pulpa necrótica tratados con la técnica de revitalización no demostraron la continuación del desarrollo radicular ni la formación de dentina, sin embargo, se observó el cierre apical y la curación periodontal.
- V.** Los antibióticos y óxido nítrico que fueron liberados por el gel de la nanomatriz por degradación enzimática demuestran efectos antibacterianos compatibles con concentraciones óptimas.
- VI.** El factor de crecimiento concentrado podría ser un biomaterial alternativo prometedor en la endodoncia regenerativa.
- VII.** La matriz hemostática comercializada a base de gelatina puede servir como andamio endodóntico regenerativo viable para la ingeniería de tejidos en la endodoncia regenerativa.

7. BIBLIOGRAFIA

1. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. 7th ed. Chicago: AAE; 2003
2. Taylor G. Técnicas avanzadas para la preparación y obturación intracanalicular en la terapéutica endodóncica sistemática. En Clínicas Odontológicas de Norteamérica, Ed. Interamericana. Vol. 4, 1984. Págs. 811-812.
3. Mario Roberto Leonardo, Renato de Toledo Leonardo. Sistemas Rotarios En Endodoncia Instrumentos De Niquel- Titanio. Editorial Médica Panamericana S.A. (1 enero 2019)
4. Carlos Canalda Sahli. Esteban Brau Aguadé. Endodoncia Tecnicas Clinicas y Bases Cientificas 3ª Edicion, Ed Elsevier Masson.
5. AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. Journal of Endodontics. Vol 35, # 12. 2009, pág. 1634
6. Huang, GT, Sonoyama W, Liu Y, Liu H, Wang S, Shi S. The hidden treasure in apical papilla: the potencial role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. J Endod. 2008; 34 (6): 645-651
7. Verónica Méndez González, Keilla Cristell Madrid Aispuro, Edith Araceli Amador Lizardi, Daniel Silva-Herzog Flores, Ricardo Oliva Rodríguez. Revascularización en dientes permanentes con ápice inmaduro y necrosis pulpar: Revision bibliográfica. Revista ADM 2014; 71 (3): 110-114
8. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. J Endod. 2007; 33: 377-390
9. Chen MY, Chen KL, Chen CA et al. Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. Int Endod J. 2012; 45: 294-305
10. Huang GT. A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. J Dent. 2008; 36: 379-386
11. Shimizu E, Jong G, Partridge N, Rosenberg PA, Lin LM. Histologic observation of a human immature permanent tooth with irreversible pulpitis after revascularization/regeneration procedure. J Endod. 2012; 38 (9): 1293-1297
12. Martin G, Ricucci D, Gibbs JL, Lin LM. Histological findings of revascularized/revitalized immature permanent molar with apical periodontitis using platelet-rich plasma. J Endod. 2013; 39 (1): 138-144

13. Thibodeau B, Trope M. Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. *Pediatric Dent.* 2007; 29: 47-50.
14. Huang, GT, Sonoyama W, Liu Y, Liu H, Wang S, Shi S. The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *J Endod.* 2008; 34 (6): 645-651
15. waya SI, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol.* 2001; 17: 185-187
16. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004; 30: 196-200.
17. Cotti E, Mereu M, Lusso D. Regenerative treatment of an immature, traumatized tooth with apical periodontitis: Report of a case. *J Endod.* 2008; 34 (5): 611-616.
18. Ding RY, Cheung GS, Chen J, Yi XZ, Wang QQ, Zhang CF. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *J Endod.* 2009; 35 (5): 745-749
19. Kim JH, Kim Y, Shin Sj et al. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod.* 2010, 36 (6): 1086-1091.
20. Wingler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N. Revascularization: A treatment for permanent teeth with necrotic pulp an incomplete root development. *J Endod.* 2013; 39 (3): 319-26.
21. Daniel Cabanillas-Balsera, Jenifer Martín-González y Juan J. Segura-Egea. Revascularización pulpar: una alternativa terapéutica en dientes inmaduros necróticos. *Endodoncia* 2018; 36: 50-54.
22. Nazzal H, Kenny K, Altimimi A, Kang J, Duggal MS. A prospective clinical study of regenerative endodontic treatment of traumatized immature teeth with necrotic pulps using bi-antibiotic paste. *Int Endod J.* 2018 Apr;51 Suppl 3:e204-e215.
23. He L, Zhong J, Gong Q, Kim SG, Zeichner SJ, Xiang L, Ye L, Zhou X, Zheng J, Liu Y, Guan C, Cheng B, Ling J, Mao JJ. Treatment of Necrotic Teeth by Apical Revascularization: Meta-analysis. *Sci Rep.* 2017 Oct 24;7(1):13941
24. Lopes LB, Neves JA, Botelho J, Machado V, Mendes JJ. Regenerative Endodontic Procedures: An Umbrella Review. *JJ.Int J Environ Res Public Health.* 2021 Jan 17;18(2):754
25. Bottino MC, Pankajakshan D, Nör JE. Advanced Scaffolds for Dental Pulp and Periodontal Regeneration. *JE.Dent Clin North Am.* 2017 Oct;61(4):689-711.

26. Jang JH, Moon JH, Kim SG, Kim SY. Pulp regeneration with hemostatic matrices as a scaffold in an immature tooth minipig model. *Sci Rep.* 2020 Jul 27;10(1):12536
27. Moon CY, Nam OH, Kim M, Lee HS, Kaushik SN, Cruz Walma DA, Jun HW, Cheon K, Choi SC. Effects of the nitric oxide releasing biomimetic nanomatrix gel on pulp-dentin regeneration: Pilot study. *PLoS One.* 2018 Oct 11;13(10):e0205534
28. Tatiana M Botero , Xianli Tang , Richard Gardner , Jan C C Hu , James R Boynton , G Rex Holland Clinical Evidence for Regenerative Endodontic Procedures: Immediate versus Delayed Induction? *J Endod.* 2017 Sep;43(9S):S75-S81
29. Chen SJ, Chen LP. Radiographic outcome of necrotic immature teeth treated with two endodontic techniques: A retrospective analysis. *Biomed J.* 2016 Oct;39(5):366-371
30. Xu F, Qiao L, Zhao Y, Chen W, Hong S, Pan J, Jiang B. The potential application of concentrated growth factor in pulp regeneration: an in vitro and in vivo study. *Stem Cell Res Ther.* 2019 May 20;10(1):134
31. Ruangsawasdi N, Zehnder M, Patcas R, Ghayor C, Siegenthaler B, Gjoksi B, Weber FE. Effects of Stem Cell Factor on Cell Homing During Functional Pulp Regeneration in Human Immature Teeth. *Tissue Eng Part A.* 2017 Feb;23(3-4):115-123
32. Khayat A, Monteiro N, Smith EE, Pagni S, Zhang W, Khademhosseini A, Yelick PC. GelMA-Encapsulated hDPSCs and HUVECs for Dental Pulp Regeneration. *J Dent Res.* 2017 Feb;96(2):192-199.
33. Conde MCM, Chisini LA, Sarkis-Onofre R, Schuch HS, Nör JE, Demarco FF. A scoping review of root canal revascularization: relevant aspects for clinical success and tissue formation. *Int Endod J.* 2017 Sep;50(9):860-874
34. Tong HJ, Rajan S, Bhujel N, Kang J, Duggal M, Nazzal H. Regenerative Endodontic Therapy in the Management of Nonvital Immature Permanent Teeth: A Systematic Review-Outcome Evaluation and Meta-analysis. *J Endod.* 2017 Sep;43(9):1453-1464.
35. Karczewski A, Feitosa SA, Hamer EI, Pankajakshan D, Gregory RL, Spolnik KJ, Bottino MC. Clindamycin-modified Triple Antibiotic Nanofibers: A Stain-free Antimicrobial Intracanal Drug Delivery System. *J Endod.* 2018 Jan;44(1):155-162