

**ABORDAJE DE REABSORCIONES RADICULARES
INTERNAS Y EXTERNAS CON
PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS ENDODÓNTICOS
(Revisión bibliográfica)**



República Bolivariana de Venezuela.

Universidad de Carabobo.

Facultad de Odontología.

Dirección de Estudio Para Graduados.

Postgrado de Endodoncia



**ABORDAJE DE REABSORCIONES RADICULARES INTERNAS Y
EXTERNAS CON PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS
ENDODÓNTICOS
(Revisión Bibliográfica)**

AUTOR:

GINA MARIÑO C.I: 21.653.817

TUTOR DE CONTENIDO:

IVETTE TERAN C.I: 8.849.954

Valencia, octubre de 2022



República Bolivariana de Venezuela.
Universidad de Carabobo.
Facultad de Odontología.
Dirección de Estudio Para Graduados.
Postgrado de Endodoncia



**ABORDAJE DE REABSORCIONES RADICULARES INTERNAS Y
EXTERNAS CON PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS
ENDODONTICOS
(Revisión Bibliográfica)**

Proyecto de investigación presentado por Od. GINA PAOLA MARIÑO
LÓPEZ, CI 21.653.817; como credencial de mérito para optar al título de
Especialista en Endodoncia

AUTOR: GINA MARIÑO

TUTOR DE CONTENIDO: IVETTE TERÁN

Valencia, octubre de 2022

Índice General

Acta de Aprobación.....	III
Constancia de Culminación del Tutor de Contenido.....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimientos.....	VII
Resumen.....	VIII
Abstract.....	.IX
Introduccion.....	1
Revisión Bibliográfica.....	7
Reabsorciones dentales.....	7
Clasificación de la reabsorción dental.....	9
a.- Reabsorción dental interna.....	10
Reabsorción dental inflamatoria interna transitoria.....	11
Reabsorción dental inflamatoria interna progresiva.....	11
Reabsorción cervical invasiva.....	12
Reabsorción dental de reemplazo interna.....	13
Características radiográficas de las reabsorciones dentales internas.....	14
b.- Reabsorción dental externa.....	15

Reabsorción de la superficie externa.....	15
Características radiograficas.....	15
Reabsorción inflamatoria externa.....	16
Características clínicas de las reabsorciones inflamatorias externas.....	17
Características radiograficas.....	18
Reabsorción por sustitución externa.....	19
Anquilosis y reabsorción por sustitución externa.....	20
Reabsorción por sustitución transitoria externa.....	21
Reabsorción por sustitución progresiva externa.....	22
Características radiográficas.....	22
Manejo de las reabsorciones por sustitución	23
c.-Reabsorción invasiva externa.....	24
d.-Reabsorción de presión externa.....	24
e.-Reabsorción ortodóntica.....	26
f.- Reabsorción fisiológica.....	28
Relación de la lesión traumática con las reabsorciones	28
Características radiográficas.....	29
Mecanismo de acción.....	30
Factores etiológicos de la reabsorción dental.....	34

Manejo de las reabsorciones.....	35
Manejo de las reabsorciones dentales internas.....	36
Manejo de las reabsorciones relacionadas con la infección externa.....	38
Revitalización una alternativa de tratamiento.....	40
Efecto del hidróxido de calcio sobre a reabsorción dental.....	42
Procedimientos de endodoncia regenerativa.....	45
Protocolo clínico de terapia endodoncia regenerativa.....	47
Tabla comparativa del protocolo de AAE y AEE.....	49
Criterio de selección de casos para la endodoncia regenerativa.....	54
Estudio de casos previos.....	59
Discusión.....	68
Conclusión	79
Recomendaciones.....	80
Referencias bibliográficas.....	81



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:

“ABORDAJE DE REABSORCONES RADICULARES INTERNAS Y EXTERNAS CON PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS ENDODÓNTICOS (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)”

Presentada para optar el grado de Especialista en Endodoncia, por el aspirante **GINA PAOLA MARIÑO LÓPEZ**, titular de la cédula de identidad N° V- **21.653.817**, realizado bajo la tutoría de la **Profa. Ivette Terán** titular de la cédula de identidad N° V- **8.849.954** 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:

Profa. Laura Vigas
Ci: 14.186.919



Prof. Ivette Terán
Ci: 8.849.954

Profa. Adriana Bermúdez
Ci: 13.489.450



República Bolivariana de Venezuela.

Universidad de Carabobo.

Facultad de Odontología.

Dirección de Estudio Para Graduados.

Postgrado de Endodoncia



Constancia de Culminación

En mi carácter de tutor de contenido del trabajo especial de grado Titulado ABORDAJE DE REABSORCIONES RADICULARES INTERNAS Y EXTERNAS CON PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS ENDODONTICOS (Revisión Bibliográfica), presentado por la ciudadana Gina P Mariño L., titular de la C.I.:21.653.817 , como requerimiento para optar al título de Especialista en Endodoncia, considero que dicho trabajo fue realizado bajo 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. En la ciudad de Valencia, a los 8 días del mes de marzo 2022.

Od. Esp. Ivette Terán

C.I. 8.849.954

DEDICATORIA:

A mis padres por siempre apoyarme en mis proyectos y estar allí para brindarme esa mano que me resuelve todo.

A mis hijos por su paciencia y entender que mama está ocupada pero siempre pendiente de ellos, porque todo es en beneficio de la familia.

A todos los que me apoyaron para llegar a la meta.

A mis alumnos y colegas que siempre me impulsan a querer saber más.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por darme la determinación para lograr las metas y objetivos.

A mi familia ser el motor que me mueve y en especial a mis hijos por su
paciencia.

A la profesora Ivette Terán por dedicarme su tiempo de enseñanza.

A la profesora Liliana Jiménez por impulsarme a la excelencia.

A la profesora Diana Dorta por ser una gran docente, esa mano que me
ayudo a culminar esta etapa y un gran ejemplo a seguir.

Al profesor Francisco Farias, a las profesoras Patricia Fernández y Marieta
Alvares y demás docentes por sus enseñanzas y tiempo de dedicación para
ser mejores profesionales.

A la facultad de odontología por mantener y creer en la academia a pesar de
los tiempos difíciles vividos en nuestro país y la pandemia.

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

**Abordaje de reabsorciones radiculares internas y externas con
procedimientos regenerativos endodónticos (Revisión Bibliográfica)**

Línea de Investigación: Rehabilitación del Sistema Estomatognático,
Temática Rehabilitación Anatomo Funcional
Subtemática: Técnicas de restauración y de rehabilitación en endodoncia, Biología Humana.

Fecha: julio 2022

Autor: Gina Paola Mariño López

Tutor de contenido: Ivette Terán

RESUMEN

La reabsorción radicular es un proceso fisiológico o patológico que da como resultado la pérdida de tejidos duros del diente, es decir, dentina, cemento y/o hueso circundante. Revela una etiología multifactorial que, dependiendo de la capa afectada, odontoblástica o precemental, devendrá en una reabsorción radicular interna o externa; que en muchas ocasiones son asintomáticas y pasan desapercibidas hasta percatarse de un cambio de coloración a nivel coronal o a través de un examen radiográfico y/o tomográfico. Diversos abordajes han sido propuestos, sin embargo, dependiendo de la ubicación y extensión del defecto, puede comprometer la estructura dentaria haciéndola susceptible a la fractura, es por ello que los procedimientos regenerativos endodónticos (PRE) se introducen como una alternativa para el manejo dinámico de estos casos, proporcionando resultados favorables a largo plazo. La presente investigación tuvo por objeto describir la realización de PRE para el manejo más adecuado de reabsorciones internas progresivas y externas inflamatorias. Se hizo una revisión de artículos en revistas científicas indexadas, a través de la búsqueda electrónica en PubMed, Sciencedirect y Google Académico; se consideró que dentro de los PRE se manejan protocolos diferentes. Conclusiones: Los PRE ofrecen una gran oportunidad para la curación de estas lesiones, manteniendo la estructura dental funcional y libre de signos y síntomas. Consiguiendo eliminar la necesidad de abordajes más complejos como la extracción o el reemplazo mediante implantes. No obstante, son necesarios más estudios, reportes de caso y ensayos clínicos aleatorizados que avalen esta posición.

Palabras Clave: Regeneración pulpar, reabsorción radicular traumatismo revascularización, revitalización

ABSTRACT

Root resorption is a physiological or pathological process that results in the loss of hard tissues of the tooth, that is, dentin, cementum and/or surrounding bone. It reveals a multifactorial etiology, which depending on the affected layer, odontoblastic or precemental, will result in internal or external root resorption; that in many occasions are asymptomatic and go unnoticed until a change in color is noticed at the coronal level or through a radiographic and/or tomographic examination. Various approaches have been proposed, however, depending on the location and extension of the defect, it can damage the tooth structure making it susceptible to fracture, which is why regenerative endodontic procedures (ERP) are introduced as an alternative for the dynamic management of these cases, favorable long-term results. The purpose of this research was to describe the performance of ERP for the most appropriate management of progressive internal and external inflammatory resorptions. A review of articles in indexed scientific journals was made, through the electronic search in PubMed, Sciencedirect and Google Scholar; it is anticipated that different protocols are handled within the PRE. Conclusions: ERPs offer a great opportunity to heal these lesions, keeping the dental structure functional and free of signs and symptoms. Managing to eliminate the need for more complex approaches such as extraction or replacement with implants. However, more studies, case reports and randomized clinical trials are needed to support this position.

Keywords: Pulp regeneration, root resorption, trauma, revascularization, revitalization.

INTRODUCCIÓN

El concepto de endodoncia regenerativa (ER) se basa en procedimientos de base biológica diseñados para reemplazar fisiológicamente las estructuras dentales dañadas, incluidas la dentina y las estructuras radiculares, así como las células del complejo pulpa-dentina.^{1 2 3}

El objetivo de ER es la restauración de la función natural de la pulpa dental, incluida la detección de estímulos exógenos, la activación de reacciones de defensa y la formación de dentina reparadora, que contribuye a la conservación a largo plazo de los dientes y la dentición natural.²

Desde el primer informe de un procedimiento de revitalización o revascularización en un diente permanente inmaduro con periodontitis apical y trayecto sinusal realizado por Iwaya et al. en el 2001, los procedimientos de revitalización se han empleado ampliamente en la práctica clínica.^{3, 4}

Los procedimientos de revitalización ahora también se utilizan para dientes maduros con el objetivo de ampliar la gama de dientes a tratar e incluso para tratar las reabsorciones. Desde entonces, los investigadores continúan descubriendo sus beneficios, que originalmente era exclusivo para los dientes inmaduros, con ápices abiertos para promover el desarrollo radicular y engrosamiento de las paredes.⁵

Recientemente estos procedimientos regenerativos se están utilizando en la reabsorción radicular (RR).

La RR son un proceso fisiológico o patológico destructivo de los tejidos duros del diente, producido por lesiones e irritaciones del ligamento periodontal y/o pulpa dental. Los cuales pueden surgir como secuela de traumatismos dentales, movimientos de ortodoncia, infecciones pulpares crónicas o estructuras periodontales.⁶

Si no se trata, la RR eventualmente causará necrosis del tejido pulpar apical a la lesión de reabsorción, lo que conducirá a patologías periapicales y falla de la resistencia de la estructura dentaria lo que concluiría con la pérdida de la misma, sí el proceso reabsortivo no es detenido.^{5, 6}

Anteriormente el tratamiento de este tipo de patología incluía diferentes opciones que van desde el tratamiento apexificaciones con recambio periódico de hidróxido de calcio hidroxido de calcio o colocación de mta hasta la cirugía endodóntica, los cuales detiene el proceso de reabsorción, pero no le devuelven la estructura.⁷

La innovación más reciente para el tratamiento de la RR son los procedimientos regenerativos con la resolución de signos y síntomas. La presente revisión tiene como objetivo describir los procedimientos regenerativos como una opción de tratamiento para la RR. Se ha realizado una búsqueda exhaustiva de datos recientes disponibles sobre este tipo de tratamiento⁶

Se sabe que los resultados son variables para estos objetivos, no lográndose una verdadera regeneración del complejo pulpa/dentina, aunque se ha demostrado histológicamente, que la reparación deriva principalmente de los tejidos periodontales y óseos ⁵

La ciencia endodóntica ha avanzado en el campo de biología pulpar, ampliando así el concepto de tratamiento de la enfermedad pulpar y periapical, con procedimientos de tratamiento de base biológica, que podrían promover la regeneración o reparación del complejo dentina-pulpar, el cual ha sido destruido por infección o trauma. ⁸

Este avance surge como consecuencia de la búsqueda de un tratamiento alternativo a el tratamiento endodóntico no quirúrgico, con la cual se elimina completamente el tejido inflamado o infectado y se sustituye por un material inerte (gutapercha) que permite recuperar algunas de las funciones en el diente dañado, como la estética, masticación, fonación y deglución, con los procedimientos regenerativos, se pretende regenerar el tejido pulpar, la dentina y el cemento para recuperar además otras propiedades perdidas como la sensibilidad, defensa y vitalidad. ^{9, 10, 11}

De acuerdo al Glosario de Términos Endodónticos, los procedimientos regenerativos endodónticos (PRE) se definen como procedimientos de base biológica diseñados para reemplazar de forma fisiológica las estructuras dentales dañadas, incluyendo la dentina y estructuras radiculares, así como las células del complejo dentino-pulpar¹², lo que permite la inhibición del

proceso reabsortivo, curación de la lesión perirradicular¹¹, el desarrollo radicular continuo y del tejido circundante, e involucra componentes que incluyen células madre, factores de crecimiento y andamiajes¹³, cuyas consideraciones clínicas son la desinfección del sistema de conductos radiculares, en algunos casos la laceración del tejido periapical para inducir un coágulo de sangre, y un sellado coronal adecuado para prevenir reinfecciones.¹⁴

Por lo anteriormente expuesto, es importante resaltar que hay tres factores que contribuyen al éxito de la PRE: el primero es la existencia de células madre capaces de diferenciarse en células similares a los odontoblastos o neododontoblastos; el segundo, la presencia de moléculas mediadoras en la estimulación celular, en su proliferación y en su diferenciación, así como en la revascularización y la formación de tejidos calcificados, y el tercero, la existencia de una matriz que pueda controlar la diferenciación celular, unir y organizar la formación hística, la migración y adhesión celulares; contener en su interior factores de crecimiento y degradarse con el tiempo.^{10 15}

Ahora bien, Factores etiológicos como traumatismos dentoalveolares, movimientos ortodónticos, alteraciones parafuncionales, infecciones pulpares o de las estructuras periodontales, blanqueamientos; entre otros, son desencadenantes de RR y dependiendo de la capa afectada, odontoblástica o precemental, devendrá en una reabsorción radicular interna o externa, que en muchas ocasiones son asintomáticas y pasan desapercibidas hasta

percatarse de un cambio de coloración a nivel coronal o a través de un examen radiográfico y/o tomográfico.¹⁶

Diversos abordajes han sido propuestos, sin embargo, dependiendo de la ubicación y extensión del defecto reabsortivo, puede comprometer la estructura dentaria haciéndola susceptible a la fractura, es por ello que los PRE se introducen como una alternativa que está generando un marcado interés en el área de endodoncia.¹⁷

Por su parte, las reabsorciones radiculares son afecciones asociadas a un proceso fisiológico o patológico que resulta en una pérdida de dentina, cemento y/o hueso.¹² Exhibiendo una compleja interacción entre las células inflamatorias, las células reabsorbentes y las estructuras de tejido duro. Estando involucradas principalmente las células de tipo clástico, que incluyen osteoclastos y odontoclastos.¹⁶

Con el fin de detener las reabsorciones radiculares internas y externas, y de esta forma evitar la pérdida temprana de la unidad dentaria se propone en el presente estudio el abordaje a través de PRE.

El campo de la ER sigue siendo un territorio desconocido en la práctica clínica, aunque los procedimientos regenerativos están ganando aceptación lentamente en las universidades, la información sobre las opiniones de los odontólogos sobre los procedimientos regenerativos es escasa pero esencial para la práctica generalizada de estos procedimientos.^{17 18 19} teniendo en

cuenta lo antes expuesto, esta investigación pretende estudiar los procedimientos regenerativos para el abordaje de reabsorciones internas y externas, ofreciendo al clínico una base definida sobre la aplicabilidad de los PR, colaborando con reportes más efectivo e innovadores.

Esta investigación sirve como un aporte para alcanzar en un futuro próximo la difusión de este tratamiento, del mismo modo, los estudiantes de pregrado y postgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo (FOUC) y los odontólogos contarán con un material bibliográfico, que fomentará un ejercicio clínico fundamentado en la evidencia científica, beneficiando en forma indirecta, a la comunidad de pacientes que reciben atención odontológica.

A demás, el presente estudio goza de factibilidad, ya que se encuentra enmarcada en las líneas de investigación de la FOUC, enmarcado dentro de la Línea de Investigación, Rehabilitación del Sistema Estomatognático, Temática Rehabilitación Anatomo Funcional, Subtemática: Técnicas de restauración y de rehabilitación en endodoncia

Por otro lado, los recursos intelectuales facilitados por el personal docente garantizaran la ejecución del tratamiento de los pacientes que presente este diagnóstico, realizando un aporte científico como alternativa de tratamiento novedosa y actualizada, ampliando nuevas líneas y tendencia de investigación

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

REABSORCIONES DENTALES:

De acuerdo con el Glosario de Terminología Contemporánea para Endodoncia de la Asociación Americana de Endodoncia, la reabsorción radicular es una condición asociada con un proceso fisiológico y patológico que resulta en la pérdida de dentina, cemento y / o hueso.^{12 18}

En la dentición adulta, la reabsorción radicular es causada por células similares a los osteoclastos, o en ocasiones mononucleadas, llamadas odontoclastos. Las raíces generalmente están protegidas contra la reabsorción radicular externa e interna por cementoide orgánico no mineralizado y predentina, respectivamente, y por lo tanto no experimentan reabsorción en circunstancias normales. Esto se debe a la incapacidad de las células clásticas para adherirse a superficies no mineralizadas.^{20, 21, 22, 23}

La reabsorción de los dientes permanentes es de naturaleza patológica y por lo tanto indeseable. Sin embargo, en la dentición temporal es deseable ya que esta reabsorción radicular fisiológica ayuda a la exfoliación del diente temporal y facilita así la erupción del sucesor permanente.^{20, 22, 23}

Es importante destacar que el termino más adecuado es “Reabsorción dental” en lugar de “reabsorción radicular” porque la reabsorción puede comprometer la raíz y/o la corona del diente.²⁴

La reabsorción dental ocurre en tres etapas; iniciación, reabsorción y reparación. El proceso de reabsorción puede ser autolimitado y desaparecer sin ser detectado clínicamente. Una vez iniciado, si el proceso de reabsorción de la superficie inicial se mantiene, por ejemplo, por infección y / o presión, continuará la destrucción del tejido duro y puede producirse la pérdida dental. En casos avanzados, el defecto de reabsorción puede progresar hacia la corona del diente. Independientemente de su origen, es de carácter irreversible y típicamente patológico y puede resultar en molestias para el paciente, requerir tratamiento y/o, en algunos casos, la pérdida prematura del diente afectado.^{21, 23}

Por lo antes expuesto podemos decir que hay tres requisitos generales para que se produzca una reabsorción dental, que se pueden llamar la “tríada de reabsorción”: (a) Ruptura de las barreras naturales en los tejidos (b) Un factor estimulante continuo y c) Un suministro de sangre viable para las células clásticas.

Los tres componentes de la tríada anterior deben estar presentes para que se produzca la reabsorción. Las barreras naturales externas son el ligamento periodontal (PDL) y el cemento, mientras que las barreras naturales internas son los odontoblastos y la predentina. Estas barreras evitan que las células clásticas se adhieran o reabsorban la matriz no mineralizada del cemento y la dentina.²⁴

CLASIFICACIÓN DE LA REABSORCIÓN DENTAL:

Andreasen realizó la primera clasificación de la reabsorción dental resultante de varios años de documentación clínica fiable de traumatología dental y es ampliamente aceptada como referencia histórica,^{25, 26, 27} esta clasificación es fundamental y la más difundida.

Todas las clasificaciones posteriores siempre se comparan con la clasificación de Andreasen,²⁶ Sin embargo, actualmente no existe una clasificación universal para los diferentes tipos de reabsorción dental. Esta falta de una clasificación universal genera confusión entre los profesionales y una comprensión deficiente de los procesos de reabsorción que ocurren en los dientes, lo que puede dar lugar a diagnósticos incorrectos o inapropiados y a un manejo inadecuado

Sin embargo, Se han utilizado muchas clasificaciones en la literatura dental, pero con poca consistencia entre ellas y con muchos términos diferentes para el mismo tipo de reabsorción.²⁴

Una revisión narrativa en 2018, identificó 15 clasificaciones diferentes que se publicaron entre 1970 y 2016, además los autores propusieron una clasificación adicional que da como resultado un total de al menos 16 clasificaciones en la literatura dental los autores consideran que la clasificación de Kanas es la más completa con descripciones y categorizaciones completas.^{26 29}

La reabsorción dental se puede clasificar por sitio, etiología y patogenia. En general, la reabsorción que ocurre en la pared del conducto radicular se denomina reabsorción interna, mientras que la reabsorción en la superficie radicular que mira hacia el hueso alveolar se considera reabsorción externa.²⁸

La clasificación de Kanas y Kanas, hace una distinción de la reabsorción dental de acuerdo a su origen; de origen dental y no dental producida por diferentes factores traumáticos, de presión o idiopáticos y elaboraron una clasificación etiológica y morfológica de reabsorción dental más completa en dientes permanentes basada en la localización, etiología y tipo de reabsorción de origen no dental²⁹

A su vez estos autores incluyeron una reabsorción dental externa por trastornos sistémicos y neoplasia / quistes de los maxilares y una interna por infección por herpes zoster (un tema controvertido mínimamente discutido en la literatura), ya que este patrón de la reabsorción es atípico está cerca del área cervical e involucra la pulpar, con extensión al LPD, lo que cuestiona el diagnóstico diferencial entre interno y externo. En consecuencia, Kanas y Kanas lo incluyeron dentro del grupo de las reabsorciones dentales internas, debido a que la terapia recomendada es el tratamiento endodóntico^{26, 29}

Por su parte Abbott y cols. (2022) establecen una clasificación que se basa en los procesos anatómicos, fisiológicos y patológicos involucrados en la reabsorción y en algunos incorporan la etiología.

La dividir en dos grandes grupos: reabsorción dental interna y reabsorción dental externa que a su vez se divide en reabsorción dental interna: superficial, inflamatoria y de reemplazo ²⁴

Reabsorción dental externa: superficial, inflamatoria, de reemplazo, invasiva, por presión, ortodóntica, fisiológica, idiopática.²⁴

REABSORCIÓN DENTAL INTERNA

La reabsorción interna (RI) se inicia por el daño o la pérdida de las capas de odontoblastos y la predentina protectora y se asocia con una inflamación / infección pulpar. ^{25 27 28}

Se han implicado varios factores etiológicos como el trauma dental, infecciones periodontales, el calor excesivo durante los procedimientos de restauración, el diente fisurado, la pulpitis relacionada con la caries, resecciones radiculares en dientes con pulpas vitales, el tratamiento de ortodoncia, cambios distróficos idiopáticos en pulpas sanas y las anomalías del desarrollo son los factores predisponentes que contribuyen a la reabsorción dental interna.³⁰

En la ***reabsorción dental inflamatoria interna transitoria*** (RDIT), o reabsorción dental superficial interna, la inflamación pulpar compromete la integridad de los odontoblastos adheridos a la pared del conducto radicular. Como resultado, no se forma más predentina en el área dañada. Con la eliminación de la inflamación pulpar, este proceso de reabsorción transitorio

puede ser autolimitado, ya que no hay irritación inflamatoria y/o inflamación en la superficie del conducto y no requiere tratamiento clínico.^{27 28}

Cuando la pérdida de dentina intrarradicular es permanente, debido a que los procesos inflamatorios en el conducto radicular son difíciles de contener estamos ante una fase progresiva de la RDI.²⁷

Para que ocurra la **reabsorción inflamatoria progresiva**; las células clásticas deben ser reclutadas y activadas, esto ocurre debido a la estimulación bacteriana de las células clásticas y un suministro de sangre viable dentro del conducto radicular. La fuente de estímulos nocivos es la pulpa necrótica coronal a las lagunas de reabsorción con las células clásticas sustentadas por nutrientes del tejido pulpar vital apical al sitio de reabsorción.
27, 29, 30

Las células clásticas se adhieren a la dentina mineralizada en el sitio de reabsorción, donde las estructuras no mineralizadas (capa de predentina) se rompen y los tejidos mineralizados se reabsorben. Por lo tanto, el tejido pulpar coronal a la lesión de reabsorción será típicamente necrótico, mientras que apicalmente la pulpa es vital proporcionando nutrientes a los odontoclastos permitiendo que la lesión de reabsorción progrese.³⁰

Las bacterias pueden acceder al conducto radicular a través de los túbulos dentinarios, caries, grietas, fracturas y conductos laterales. La reabsorción dental interna puede avanzar y potencialmente resultar en la

perforación de la raíz que conduce a una lesión lateral o periodontal o periodontitis apical²⁹

Con la infección pulpar prolongada, la necrosis total de la pulpa corta por completo el suministro de sangre al sitio de reabsorción y, por lo tanto, cesa la reabsorción interna.²⁹

Clínicamente, la reabsorción dental inflamatoria interna puede ser asintomática en etapas tempranas. Cuando la infección ocupa todo el conducto radicular y progresa a la región extrarradicular, se pueden reportar síntomas periapicales como dolor al morder. Un signo clásico de reabsorción inflamatoria interna que tiene lugar en la cámara pulpar se denomina diente rosado de Mummery, un área rosada en la corona del diente afectado²⁵

Dado que la **reabsorción cervical invasiva** (RCI) también puede mostrar una decoloración rosada de la corona del diente afectado, la RCI a menudo se puede diagnosticar erróneamente como diente rosado de Mummery. Sin embargo, los orígenes de la reabsorción radicular inflamatoria interna (del tejido pulpar) y la reabsorción radicular cervical invasiva (del tejido periodontal) son diferentes.³¹

Clínicamente, el diente rosado de Mummery muestra una decoloración rosada dentro de la corona clínica debajo del esmalte intacto, mientras que la decoloración rosada de un RCI se debe al crecimiento excesivo de tejido periodontal que penetró el esmalte. El diagnóstico diferencial entre estos dos

tipos de reabsorciones es fundamental para la detección temprana y la planificación del tratamiento.²⁵

Radiográficamente, la apariencia de la lesión se describe como un abombamiento redondo u ovalado radiolúcido bien circunscrita, simétrica, y de la pared del conducto radicular.^{26, 28}

La reabsorción dental de reemplazo interno (RDIR) ocurre cuando el tejido duro metaplásico (estructura similar al hueso o al cemento) se deposita en el tejido inflamatorio después de la reabsorción de la dentina intracanal y también es descrito como una reparación frustrada.³⁰

Este tipo de defecto de reabsorción se asocia con inflamación de bajo grado de la pulpa. Histológicamente, las estructuras similares a huesos o cemento sustituyeron la dentina reabsorbida por células atrapadas similares a osteocitos^{22 26 30}

El origen del tejido metaplásico puede ser las células madre de la pulpa dental (DPSC), que pueden generar tejido reparador similar a la dentina en la superficie de la dentina humana. El mecanismo del depósito posterior de tejido metaplásico es similar a la formación de dentina terciaria reparadora por células similares a odontoblastos después de la eliminación de odontoblastos en la infección pulpar.^{22, 30,31}

Características radiográficas reabsorciones dentales internas (RDI)

Las RDI ocurren en cualquier parte a lo largo de la extensión del sistema de conductos radiculares

La RDII se presenta como una imagen radiolúcida de forma circular u oval a manera de hichazon del conducto radicular.

La RDIR se presenta como una imagen radiolúcida de forma irregular con apariencia moteada o nublada con distorsión del contorno normal del conducto radicular debido a los depósitos de tejido similar al hueso alrededor de los bordes y dentro del defecto de la reabsorción.^{21 23 25}

REABSORCIÓN DENTAL EXTERNA

La reabsorción dental externa (RDE) se asocia comúnmente con trauma dental, tratamiento de ortodoncia y periodontitis periapical^{22, 25, 30}.

Andreasen ha clasificado la reabsorción dental externa en reabsorción superficial, inflamatoria y de reemplazo. La ubicación de la reabsorción externa generalmente involucra las regiones apical, lateral y cervical.^{21 22 25}

Por su parte Abbott la clasifica en superficial, inflamatoria, de reemplazo, invasiva, por presión, ortodóntica, fisiológica, idiopática.³⁰

1.- Reabsorción de la superficie externa

La reabsorción superficial externa (RSE) es un proceso osteoclástico, autolimitado y transitorio seguido de la curación del cemento y la re inserción

del LPD., es una consecuencia de una lesión en la superficie externa radicular o en el periodonto.^{20 23 27 32}

Clínicamente, la reabsorción superficial suele ser asintomática y, en ocasiones, indetectable en las radiografías. Los dientes afectados responden normalmente a las pruebas de sensibilidad pulpar^{20 23 25 30 31}

Características radiográficas

Se presenta como una pérdida asimétrica de la superficie radicular externa adyacente la fuente de presión de un diente quiste o tumor impactado. En casos avanzados esto puede resultar en la perforación el conducto radicular. La reabsorción de la superficie asociada con el tratamiento de ortodoncia puede causar el aplanamiento o el embotamiento de los ápices radiculares, lo que hace que los dientes afectados parezcan más cortos que los dientes vecinos.^{25, 31}

El uso de CBCT ha dado como resultado una mayor detección y una determinación más precisa del alcance y la naturaleza de la reabsorción superficial³²

La RSE se puede presentar de forma activa, que se puede diferenciar por la desaparición del LP o estable (reparada) donde hay el restablecimiento del LP.^{30,32}

2.- Reabsorción inflamatoria externa (RIE)

Este tipo de reabsorción dental es causado por la inflamación persistente del LPD sostenida por estímulos infecciosos y hay daño de la superficie externa radicular. Clínicamente, las RIE se observan comúnmente en pacientes con lesiones traumáticas (avulsiones, luxaciones) o existe una vía de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y el periodonto por donde las bacterias y sus endotoxinas pueden viajar los tejidos periapicales.

23 25 32

Puede ocurrir en el vértice de la raíz del diente o en cualquier otro lugar a lo largo de la raíz, se denomina como: (a) “Reabsorción inflamatoria apical externa”, o (b) “Reabsorción inflamatoria lateral externa” respectivamente.²⁴

Los estimuladores de la reabsorción del tejido duro, como el factor quimiotáctico de macrófagos, el factor activador de osteoclastos y las prostaglandinas, se liberan para iniciar el proceso de reabsorción.^{25, 26}

Clínicamente, el diente afectado no suele responder a la prueba de vitalidad pulpar, y puede presentar signos como periodontitis apical sintomática o absceso apical crónico. La movilidad del diente puede notarse en caso de reabsorción extensa. Un signo típico en la radiografía es la imagen radiolúcida periapical alrededor de la raíz acortada del diente afectado. La “extrusión” del material de obturación del canal radicular se puede notar en

casos de tratamiento endodóntico fallido debido a la reabsorción del tejido dental en la porción apical de la raíz^{25 31}

Características clínicas de la reabsorción inflamatoria externa RIE

Clínicamente, son posibles muchos escenarios y los síntomas y signos dependerán de la etiología. Si el diente ha sufrido un traumatismo, habrá antecedentes de la lesión traumática. Si el diente ha tenido un sistema de conductos radiculares infectado durante mucho tiempo que está causando una reabsorción inflamatoria externa, es posible que el paciente no tenga síntomas, o solo ocasionalmente, leves, si hay periodontitis apical crónica. Sin embargo, puede haber dolor al morder y a la percusión si hay periodontitis apical aguda.^{33, 34}

Características radiográficas

La RIE debido a contenidos pulpares necróticos infectados puede parecer más corta o atrofiada de lo que normalmente se espera y, a veces, tener un margen irregular en el extremo de la raíz y asociarse con radiolucides periapical adyacente a la raíz afectada. El extremo radicular puede tener una apariencia irregular.³⁰

La perforación de la pared del conducto radicular puede ocurrir en etapas avanzadas donde el RIE se diagnostica y trata tarde. La RIE puede ser de naturaleza agresiva y la progresión de la reabsorción radicular puede ser rápida después del inicio; la cual puede ocurrir en unos meses. Por tanto, es

fundamental gestionar la RIE lo antes posible y realizar la endodncia para detener la progresión de la reabsorción.³⁰

La radiografía convencional es la técnica de imagen inicial de elección para el diagnóstico de la reabsorción radicular después de un traumatismo. Sin embargo, no puede proporcionar suficiente información debido a su naturaleza bidimensional; por lo tanto, es necesario CBCT para detectar pequeñas lesiones ya que es un método válido y confiable para la evaluación de defectos RIE de moderados hasta avanzados.³⁵

3.- Resorción por sustitución externa

La reabsorción por sustitución o reemplazo externo es el proceso en el que el cemento y la dentina se reabsorben y se reemplazan por hueso. El término "reemplazo" se usa ya que describe la naturaleza de esta reabsorción y ocurre típicamente después de una lesión en el LP y/o la superficie radicular externa (es decir, el cemento).³⁶

Es muy frecuente tras lesiones graves por luxación como avulsión e intrusión. También puede ocurrir después de una luxación lateral, especialmente en la parte apical de la raíz, donde la raíz raspa el reborde óseo creado cuando se fractura la placa cortical alveolar labial, y también en la cara palatina del tercio coronal radicular que es forzado contra la pared de la cavidad alveolar, lo que provoca la comunicación del hueso y el aplastamiento del PDL y el cemento. Es menos probable que ocurra después de la extrusión ya que hay

menos daño a la superficie radicular con esta lesión. Sin embargo, el PDL está dañado, por lo que aún es posible que se produzca una reabsorción de reemplazo externo.³⁶

Anquilosis y reabsorción por sustitución externa (RSE)

La anquilosis se define como la pérdida de LP de manera que el hueso y la raíz del diente (es decir, el cemento y/o la dentina) están en contacto directo entre sí y parecen estar fusionados. La anquilosis puede ocurrir sin ninguna reabsorción, como cuando comienza inicialmente ²⁴

La RSE se refiere a la reabsorción en la superficie radicular y el posterior reemplazo por tejido óseo, lo que puede provocar anquilosis, esto ocurre cuando existe necrosis extensa del LPD y más del 20% de la superficie radicular está involucrada ^{25, 26, 30}

La necrosis del LPD puede ser el resultado de una lesión mecánica y daño físico (es decir, extender el tiempo de secado después de la avulsión) o químico (solución de almacenamiento inadecuada, para dientes avulsionados). ²²

Ocasionalmente, estos dos términos se usan como sinónimos. Sin embargo, la anquilosis y la RSE son dos etapas del proceso de reabsorción. ²⁷

En la anquilosis solo hay pérdida de LPD y fusión de hueso y superficie radicular, mientras que RSE se caracteriza por el reemplazo de cemento y dentina por hueso. ^{26, 27, 30, 31}

Cuando ocurre la anquilosis, el LP necrótico, junto con el cemento y la dentina dañados, se reabsorben mediante la acción osteoclástica y finalmente se reemplazan con hueso alveolar formado por osteoblastos como parte del proceso de reparación así se gradualmente la dentina radicular es sustituida por hueso en el proceso de remodelación³⁰

La incidencia de reabsorción radicular de reemplazo externo en caso de avulsión puede llegar al 51,0 %.³² En los casos avulsionados, el tiempo extraoral superior a 1 h, el tiempo de entablillado prolongado durante 10 días, la férula rígida y el tratamiento de conducto radicular tardío en dientes maduros son factores de riesgo de anquilosis y RSE ²⁵

Clínicamente los dientes anquilosados pueden reconocerse por la falta de movilidad y el sonido metálico, agudo o maderos a la percusión, es decir, suele ser sordo ´muy diferente al de los dientes adyacentes ^{24, 37}

Radiográficamente, habrá áreas donde la sustancia dental externa (cemento y dentina) ha sido reabsorbida y el hueso la ha reemplazado. El contorno de la raíz restante puede ser bastante irregular ya que la reabsorción puede ser más rápida en algunas áreas que en otras. No habrá espacio LP y la lámina dura se perderá en las zonas donde se ha producido esta reabsorción. ³⁸

La reabsorción por sustitución externa se puede clasificar como:

(a) Reabsorción por sustitución **transitoria externa**, la cual ocurre después de la lesión del LP y/o del cemento, las células del LP pueden

necrosarse, entonces el diente pierde la protección proporcionada por el LP que permiten que las células clásticas del hueso adyacente reabsorban el cemento y la dentina. Si el daño no es muy severo y solo involucra una pequeña área radicular el LP se repara por acción de los fibroblastos adyacentes y seguidamente habrá algún reemplazo de la superficie radicular por hueso seguido de la reparación

(b) Reabsorción por sustitución **progresiva externa**. Es cuando continua el proceso y los osteoblastos forman hueso en el área de la reabsorción, este proceso tiende a ser progresivo y finalmente conduce a la reabsorción de toda la raíz y pérdida del diente ²⁴

Características radiográficas

El examen radiográfico convencional revelará la ausencia del espacio del ligamento periodontal donde la superficie radicular reabsorbida se fusiona con el hueso circundante. La dentina radicular tendrá un aspecto irregular o "apolillado" a medida que la dentina sea reemplazada. Las radiografías solo revelarán la extensión de la RRE en los aspectos proximales por lo que es más indicado realizar una CBCT para evaluar con precisión la verdadera naturaleza y el alcance de la RRE. ³⁵

MANEJO DE LA REABSORCIÓN POR SUSTITUCIÓN

La reabsorción de **sustitución transitoria** externa no requiere ningún tratamiento, pero el diente debe examinarse regularmente antes de que se pueda determinar dicho diagnóstico²⁷

En la reabsorción de **sustitución progresiva** se debe monitorear el diente de manera regular con exámenes de revisión clínica y radiografías periapicales para determinar la tasa de reabsorción y preparar al paciente para la eventual pérdida del diente. Además, se debe considerar el sitio para el reemplazo protésico posterior del diente, especialmente si se trata de un diente anterior debido a las preocupaciones estéticas involucradas.²⁸

Es importante tener en cuenta la edad del paciente y la etapa de crecimiento facial, en paciente en crecimiento es necesario mantener el diente el mayor tiempo posible para mantener la altura alveolar; y a estos pacientes no se les puede colocar prótesis fijas ni implantes por lo que se recomienda la decoración justo debajo de la unión cemento-esmalte y el “entierro de la raíz” para permitir que el hueso alveolar se desarrolle normalmente.³⁶

Es importante destacar que la reabsorción por sustitución externa no está relacionada con la pulpa dental, por lo que el tratamiento de conducto no evitará ni detendrá este tipo de reabsorción. Sin embargo, muchos dientes que son susceptibles a la reabsorción por reemplazo externo (como dientes avulsionados e intruidos) también tendrán probabilidades de desarrollar

reabsorción inflamatoria externa y, por lo tanto, puede ser necesario un tratamiento de conducto para prevenir la reabsorción inflamatoria ²⁴

4.- Resorción invasiva externa

La reabsorción invasiva externa es un proceso insidioso que no se comprende completamente, especialmente con respecto a su etiología y patogenia. Heithersay ha investigado extensamente este tipo de reabsorción y lo describió como una forma relativamente poco común, insidiosa y a menudo agresiva de reabsorción dental externa, que puede ocurrir en cualquier diente de la dentición permanente. Se le ha llamado comúnmente "resorción cervical". Sin embargo, no siempre ocurre en la parte cervical de un diente, especialmente si ha habido recesión gingival. Dado que la reabsorción es de origen externo, siempre debe comenzar en una ubicación subgingival, pero luego puede extenderse por todo el diente en todas las direcciones, es decir, horizontal, coronal y apicalmente. ²⁴

Por lo tanto, incluso si comienza en la región cervical de la raíz del diente, se extenderá a otras partes del diente, lo que implica que el término "cervical" es inapropiado. Se prefiere el término "invasivo" ya que describe la naturaleza del tejido de reabsorción y cómo se propaga por todo el diente. ³⁹

5.-Reabsorción de presión externa

La reabsorción por presión externa es el proceso de reabsorción que ocurre cuando se aplica presión a la superficie externa de la raíz de un diente. El

término “presión” se usa porque indica que la reabsorción se debe a la presión que se aplica al diente.²⁴

La reabsorción de presión puede ocurrir cuando hay presión sobre la raíz de un diente adyacente impactado o cuando hay un diente con una vía de erupción aberrante. También puede ser causada por una condición patológica como un tumor o quiste que se está expandiendo y ejerciendo presión sobre el diente.

Los tumores o quistes que se expanden lentamente (como un ameloblastoma, un tumor de células gigantes y lesiones fibroósas) tienen más probabilidades de causar reabsorción por presión de un diente adyacente que una lesión que se expande rápidamente, donde es más probable que esta última desplace las raíces del diente.³⁴

Clínicamente, no suele haber síntomas asociados con el diente que sufre la reabsorción por presión, especialmente en las primeras etapas del proceso. En las últimas etapas, puede haber síntomas asociados con la pulpa si la reabsorción ha progresado hasta involucrar la pulpa y el sistema de conductos radiculares. Sin embargo, el paciente puede tener síntomas derivados del diente impactado o del tumor o quiste que está causando la reabsorción. La naturaleza exacta de dichos síntomas variará según la situación individual (como el tipo de impactación, el grado de impactación, el tipo de tumor, el tipo de quiste, la ubicación, el tamaño, etc)³⁸

El diente en reabsorción tendrá una pulpa clínicamente normal y tejidos periapicales clínicamente normales, a menos que exista una enfermedad pulpar concurrente como resultado de otras causas (como caries, ruptura de la restauración, grietas, etc.). A medida que avanza la reabsorción, el diente puede tener una mayor movilidad y el paciente puede experimentar sensibilidad al morder. El diente puede tener un sonido de percusión y una sensación "diferentes" en comparación con otros dientes que no se están reabsorbiendo. El diente normalmente no está anquilosado.

Radiográficamente, habrá pérdida de estructura dental con un diente impactado adyacente que incide sobre el diente que sufre reabsorción. Si la reabsorción se debe a una vía aberrante de erupción de un diente adyacente, entonces ese diente aún puede estar presionando al diente que sufre la reabsorción o puede haber erupcionado y ya no causa la reabsorción. Si la presión sobre el diente en reabsorción proviene de un quiste o tumor adyacente, entonces habrá una radiolucidez, una radiopacidad o un área mixta radiolúcida-radiopaca adyacente al sitio de la reabsorción.³⁸

6.-Resorción ortodóntica

La reabsorción ortodóntica es el proceso por el cual la parte apical de uno o más dientes sufre reabsorción, lo que da como resultado raíces más cortas. Se utiliza el término "ortodoncia" porque la reabsorción se produce durante el tratamiento de ortodoncia y no existe otra etiología.⁴⁰ De alguna manera, esta

reabsorción podría considerarse similar a la "resorción por presión", pero hay dos diferencias.²⁴

La primera diferencia es la etiología específica, es decir, las fuerzas que se generan durante el tratamiento de ortodoncia mientras que, por el contrario, la reabsorción por presión es el resultado de la presión de un diente retenido o una condición patológica adyacente, como un tumor o un quiste.⁴¹

La segunda diferencia es el sitio de la reabsorción, que siempre es apical, mientras que la reabsorción por presión puede ocurrir en cualquier lugar a lo largo de la raíz del diente. Por lo tanto, el término más específico de "resorción ortodóntica externa" es apropiado.^{41 42}

Los dientes anteriores maxilares son los dientes más venerables y comúnmente afectados.^{26, 30}

Durante el tratamiento de ortodoncia, se altera el flujo sanguíneo en el LPD comprimido, lo que lleva a la hialinización de los tejidos periodontales.^{27, 34, 38,}

Los macrófagos eliminan la barrera antireabsorción en la superficie de la raíz, y las células clásticas pueden acceder y atacar fácilmente el cemento expuesto en el entorno favorecido que promueve la reabsorción alrededor de un área hialinizada.^{26, 29, 38}

El proceso de reabsorción puede detenerse cuando se interrumpen las fuerzas de ortodoncia.^{40 41 42}

7.- Reabsorción fisiológica

La reabsorción fisiológica es el proceso que experimentan los dientes primarios (deciduos) a medida que se exfolian. Es un proceso fisiológico, de ahí el uso del término “fisiológico”, esta se produce a medida que se desarrolla y erupciona el diente sucesor permanente.²⁴

Las raíces de los dientes primarios generalmente se reabsorben desde el extremo apical hacia la corona del diente, pero en algunos casos la reabsorción puede comenzar en la cara lateral de la raíz, dependiendo de la posición del diente en erupción en relación con las raíces del diente primario. Los dientes primarios sin dientes permanentes sucesores también pueden sufrir una reabsorción fisiológica, aunque esto tiende a ocurrir a una edad más avanzada ya un ritmo más lento. Es posible que algunos dientes primarios sin sucesores no se reabsorban en absoluto o no lo hagan de manera significativa.²⁴

Relación de la lesión traumática con las reabsorciones

La reabsorción inflamatoria externa es una complicación grave después de un trauma dental, especialmente después de una avulsión dental la cual comienza una semana después de reimplantado el diente, en un 23,2% de los casos^{21 22 25 33 43}

Andreasen propuso cuatro requisitos previos para que se produzca este tipo de reabsorción^{22 26}

- 1) Lesión del LPD, ya sea por lesión mecánica por avulsión, luxación, intrusión y fractura radicular o por daño físico (es decir, extensión del tiempo seco después de la avulsión) o químico (solución de almacenamiento inadecuada, para dientes avulsionados) del LPD.
- 2) Exposición de los túbulos dentinarios del área lesionada al dañar el cemento protector / capa de precemento, para asegurar la actividad osteo-/odontoclástica directamente sobre la superficie de la dentina.
- 3) Comunicación entre los túbulos dentinarios expuestos y el tejido pulpar necrótico o la zona de leucocitos que alberga bacterias, para que las bacterias y las endotoxinas bacterianas pasen a través de los túbulos dentinarios a la superficie radicular para amplificar la actividad osteo-/odontoclástica.
- 4) El diente avulsionado es inmaduro o joven.²⁶

Características radiográficas

La reabsorción externa asociada con antecedentes de traumatismo, generalmente tendrá una hendidura irregular en forma de cuenco a lo largo del borde lateral de la superficie radicular con una imagen radiolúcida perirradicular adyacente.^{34, 35}

Mecanismo de acción de las reabsorciones

El proceso de reabsorción se ha relacionado con el odontoclasto u osteoclasto. Los osteoclastos son células multinucleadas de 30 a 100 µm de

diámetro, que son capaces de reabsorción ósea y se originan a partir de progenitores hematopoyéticos, monocíticos de la médula ósea.⁴⁴

Después de su maduración, se fusionan para formar las células clásticas multinucleadas está influenciado por múltiples citoquinas y factores de crecimiento, particularmente M-CSF y RANKL.^{40 45}

La unión de M-CSF a su receptor induce la proliferación de células progenitoras y la expresión del receptor RANK, al mismo tiempo que suprime OPG. En los osteoclastos diferenciados, el M-CSF aumenta la motilidad celular y las protege de la apoptosis.^{46, 47}

La unión de RANKL a RANK, así como a M-CSF induce la diferenciación de los osteoclastos. Estos son activados por RANKL e IL-1, se polarizan y extienden pseudópodos prominentes y filópodos, lo que permite el movimiento ameboidal lo que los hace móviles.^{43, 47}

Se alinean a lo largo de hendiduras llamadas lagunas de Howship o criptas en la superficie del tejido duro, forman una zona de sellado que limita el área de reabsorción y desintegran el tejido mineralizado a lo largo de protuberancias llamadas “borde ondulado”⁴⁸

En consecuencia, liberan iones de hidrógeno y enzimas proteolíticas en un compartimento de reabsorción entre la superficie de la célula y el tejido. Este ambiente es muy ácido y, como resultado, se disuelve el tejido duro calcificado.^{39 41}

La zona rizada se sella eficazmente al hueso mediante integrinas. Las integrinas son receptores heterodiméricos implicados en procesos celulares como migración, unión, proliferación, diferenciación y supervivencia celular.

49, 50

Las integrinas en el borde ondulado de los osteoclastos interactúan con los ligandos, acoplando la célula a la matriz extracelular de la raíz / hueso aislando así el área de reabsorción. Las integrinas también son esenciales en la actividad celular y juegan un papel en la comunicación de información a la célula sobre su entorno y requisitos funcionales.^{44, 46}

El citoplasma de la célula contiene orgánulos que están asociados con un papel digestivo activo que incluye: retículo endoplásmico, aparato de Golgi, ribosomas y grandes vesículas intracelulares que migran hacia la zona rizada.⁴⁸

Los osteoclastos y los odontoclastos son muy similares, ya que se originan a partir de los mismos progenitores, tienen las mismas propiedades ultraestructurales e histoquímicas, reabsorben su sustrato de la misma manera y hasta usan las mismas enzimas aunque el odontoclasto suele ser más pequeño y con menos núcleos pueden formar dos bordes rugosos y reabsorber la dentina y el hueso al mismo tiempo, son el principal impulsor de la reabsorción y pueden descomponer el hueso, el cartílago y la dentina.⁴⁴

48

El origen y la estimulación precisos del osteoclasto aún no se han probado de manera concluyente. Se han postulado múltiples teorías, pero ahora se sabe que las señales químicas: factor de diferenciación de osteoclastos / ligando de osteoprotegrina / activador del receptor del ligando del factor nuclear κ -B (ODF / OPGL / RANKL) controlan su formación. Estos son miembros de la familia de las citocinas del factor de necrosis tumoral.⁴⁵

RANK se libera de los osteoblastos y las células estromales. Los receptores RANKL se encuentran en la superficie de los monocitos y macrófagos y se cree que la liberación estimula a estos macrófagos y células mononucleares a fusionarse y convertirse en osteoclastos. RANKL es esencial tanto en el desarrollo como en la función de los osteoclastos.^{44, 45}

El factor inhibidor de osteoprotegrina / osteoclasto (OPG / OCIF) es una glicoproteína y también es miembro de la súper familia de receptores del factor de necrosis tumoral. Esto también es secretado por osteoblastos y células estromales, pero inhibe RANKL, inhibiendo así la actividad osteoclástica. La expresión de RANKL puede ser estimulada por la hormona paratiroidea, la vitamina D3 y la interleucina-1B. Este último mediador químico es parte integral de los procesos inflamatorios. De hecho, se ha demostrado que la interleucina 1B está íntimamente relacionada con los procesos de resorción de los tejidos duros dentales asociados con la enfermedad tanto periapical como periodontal.^{44 46}

La presencia de bacterias estimula el proceso de reabsorción. Las proteínas del complemento, las toxinas bacterianas y los anticuerpos de los linfocitos B atraen a estos leucocitos. Aunque no todos los mediadores químicos de la inflamación que se encuentran en la pulpa y el tejido periapical están asociados con la actividad osteoclástica, son quimioatrayentes para los leucocitos. En presencia de lipopolisacáridos bacterianos, los leucocitos se diferencian en osteoclastos. Se ha demostrado que los géneros *Treponema*, *Porphyromonas* y *Prevotella* tienen tales antígenos de lipopolisacárido de superficie. También se ha demostrado que ciertas especies grampositivas estimulan la diferenciación de osteoclastos a través de mecanismos independientes de RANK y RANKL.^{47, 49}

Cuando hay una agresión a un tejido, se producen citocinas y el proceso de reparación incluye actividad osteoclástica. Se cree que el sistema RANKL es parte integral del proceso de reparación de los tejidos duros dentales. Si el tejido dental se daña irremediablemente, puede producirse una reabsorción completa.⁴⁹

Clínicamente, las lesiones de reabsorción son raras. Existen mecanismos de protección biológica para prevenir la reabsorción de los dientes. Estas barreras son un ligamento periodontal vital, cemento sano y la capa de predentina extracelulares. Así, la raíz está protegida en su totalidad. El daño a estas barreras permite que los osteoclastos se unan a la raíz y si ocurre una respuesta inflamatoria adyacente a la superficie de la raíz, esto a su vez

puede iniciar la reabsorción. Se ha postulado además que la activación previa y / o la estimulación persistente es esencial antes de que pueda proceder la reabsorción. Cuando el estímulo es persistente, puede desarrollarse una lesión de reabsorción clínica.⁴⁷

FACTORES ETIOLÓGICOS DE LA REABSORCIÓN DENTAL

Son múltiples los factores etiológicos de las reabsorciones entre estos tenemos, la inducida por trauma, procedimientos quirúrgicos o tratamiento periodontal, por presión causada por dientes impactados, quistes o tumores, o químicamente por compuestos cáusticos como el peróxido de hidrógeno utilizado para el blanqueamiento interno. También si se genera un aumento de la presión tisular durante el tratamiento de ortodoncia, en el que complicaciones como la reabsorción apical pueden provocar un acortamiento radicular significativo.⁴⁸

Las cargas oclusales excesivas pueden promover la reabsorción, pero también la ausencia de tensiones fisiológicas en el caso del movimiento ortodóntico sin oclusión. Además, las infecciones del conducto radicular o del ligamento periodontal pueden desencadenar la reabsorción.⁴⁸

La reabsorción dental (RD) debida a una enfermedad sistémica se puede encontrar con mayor frecuencia de forma bilateral y en el ápice radicular. Las reabsorciones se denominan idiopáticas si no se pueden identificar factores locales o sistémicos; sin embargo, solo hay algunos informes en la literatura.

Las reabsorciones idiopáticas se encontraron en uno o varios dientes, no causaron síntomas y fueron hallazgos radiográficos incidentales.^{48, 49}

Manejo de las reabsorciones:

Las alternativas de tratamiento dependen del caso y están destinadas a abordar la causa de la reabsorción y ayudar a la regeneración de la lesión de reabsorción.^{30 49}

El manejo oportuno del diente afectado puede retrasar la lesión de reabsorción y aumentar el pronóstico de supervivencia del diente^{30, 49}

La reabsorción interna requiere la presencia de tejido vital para avanzar, por lo que el tratamiento endodóntico detiene el proceso.^{30, 49}

La elección de la aplicación del tratamiento de RD debe estar en consonancia con el tipo de RD y la experiencia del odontólogo. Sin embargo, un diagnóstico correcto y temprano mejorará significativamente los resultados finales y el pronóstico a largo plazo, especialmente con la evolución actual de las técnicas de imagen avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico y los selladores endodónticos basados en biocerámica.^{26 49}

Dependerá de su etiología y del criterio diagnóstico del odontólogo, si bien detener el proceso de reabsorción requiere en última instancia un tratamiento endodóntico.³¹

Manejo de la reabsorción dental interna (RDI)

El manejo de la RDI inflamatoria y de reemplazo es similar, es esencial evaluar el grado de destrucción real del tejido duro, a través tomografía computarizada cone beam (CBCT).^{50 51} Si se detecta una perforación, la irrigación debe limitarse a la extensión coronal de la RRI para evitar un accidente de hipoclorito involuntario.⁵²

El tratamiento de endodoncia debe considerarse solo si el diente parece ser restaurable y en casos perforados avanzados, puede justificarse una combinación quirúrgica/no quirúrgica.³⁰

El objetivo principal del tratamiento es eliminar las bacterias y desinfectar el sistema de conductos radiculares, al mismo tiempo que elimina cualquier tejido vital apical remanente, que está sosteniendo la reabsorción. Puede producirse un sangrado profuso debido a la alteración de la naturaleza granulomatosa y se detendrá una vez que se hayan eliminado por completo el tejido pulpar inflamado y el tejido de granulación.³⁰

En casos de RDIS moderado; debe existir permeabilidad del conducto radicular, sin embargo, en casos más avanzados, pueden ser necesarias puntas ultrasónicas finas para fragmentar los depósitos metaplásicos similares a huesos.

El hipoclorito de sodio es el irrigante de elección, debido a la naturaleza irregular del defecto de reabsorción, el irrigante debe activarse, después de

lo cual se puede usar un medicamento de hidróxido de calcio intraconducto para mejorar la desinfección y disolver los restos de tejido pulpar en las partes inaccesibles del defecto de reabsorción⁵³

Las técnicas termoplastificada de obturación, es la más indicadas para un buen sellado del defecto RI irregular. Si el defecto de reabsorción ha perforado la pared del conducto radicular, se deben usar cementos de silicato hidráulico bioactivos como (MTA), Biodentine, para reparar la perforación.^{51 54}

También la técnica de obturación radicular híbrida está indicada cuando el conducto apical al defecto de reabsorción perforante se rellena con gutapercha y se utiliza un cemento de silicato bioactivo para sellar el defecto de reabsorción.⁵⁵

El abordaje quirúrgico está indicado en los casos en que los defectos RDI perforantes no son susceptibles de reparación interna. Primero se debe acceder al sistema de conductos radiculares antes de la reparación quirúrgica y se debe ocluir con puntos gutapercha bien ajustados para mantener la permeabilidad de los conductos radiculares frente a bloqueos no intencionales en la reparación quirúrgica posterior. Se recomienda la exposición quirúrgica y el desbridamiento de la perforación seguido de la reparación con cementos de silicato hidráulico bioactivos.^{56, 57} A continuación, el sistema de conductos radiculares se puede desinfectar,

instrumentar y rellenar con gutapercha termoplastificada o con un híbrido de gutapercha y materiales bioactivos.

La extracción está indicada en los casos en que la RRI es demasiado amplia para gestionarla de forma eficaz. Es probable que estos dientes comprometidos se fracturan cuando se extraen, ya que se han debilitado por la RRI y, por lo tanto, el paciente debe recibir el consentimiento para una extracción quirúrgica.

Recientemente, los procedimientos de endodoncia regenerativa PER se han utilizado para tratar la RRI perforante.^{58, 59, 60}

Los PER son capaces de detener el proceso de reabsorción e inducir la formación de tejido duro, lo que conduce a la reducción del tamaño del defecto de reabsorción y, posteriormente, mejora la capacidad de restauración y la longevidad de los dientes afectados por RRI especialmente donde hay un gran defecto de reabsorción perforante. Sin embargo, se requieren más estudios clínicos para investigar el mecanismo de curación exacto y permitir un protocolo de tratamiento más estandarizado para mejorar la reproducibilidad del resultado.⁵⁹

Además, la decoloración de los dientes después de la REP también debe tenerse en cuenta, especialmente en los dientes anteriores, que son estéticamente exigentes.⁶⁰

Manejo endodóntico de reabsorción relacionada con infección externa (REI)

Los dientes con lesiones graves como luxación, avulsión o intrusiones; son los que tienen mayor riesgo de sufrir una REI, la cual se puede prevenir de manera confiable mediante el inicio oportuno del tratamiento del conducto radicular dentro de las primeras 2 semanas después del traumatismo.^{61, 62}

El objetivo en el manejo de los casos de REI es la desinfección para eliminar el factor etiológico, por lo tanto, se realizará la endodoncia para los casos tratables y extracción para los casos no salvables.

La endodoncia eliminará los factores estimulantes (bacterias y sus toxinas) y detendrá el proceso de reabsorción, evitando así un mayor daño en la raíz, al mismo tiempo que permitirá la reparación del tejido duro de la superficie radicular dañada.^{43, 49}

En las lesiones por avulsión de dientes con ápices cerrados, el diente reimplantado debe recibir un tratamiento endodóntico de 7 a 10 días después de la reimplantación, incluso cuando no haya signos radiográficos de REI debido a la pequeña posibilidad de mantener la vitalidad de la pulpa y al alto riesgo de REI.⁶³ Si no lo hace, es posible que se extraiga el diente afectado

debido a una superficie radicular severamente reabsorbida que no es posible reparar

Para la desinfección del conducto radicular se utilizan medicamentos intraconducto para el manejo de REI. Se ha sugerido un apósito de hidróxido de calcio, durante 4 semanas a varios meses.⁶⁴

Para la eliminación de los microorganismos dentro del sistema de conducto radicular se recomienda medicación intraconducto con pasta de antibiótico-corticoesteroides o Ledermix durante 2 semana o hidróxido de calcio por dos semanas antes de la obturación cuando REI está establecida^{54,61}

En dientes con ápices abiertos, se suele adoptar un enfoque de tratamiento destinado a inducir la revascularización natural y promover una mayor formación de raíces. Si la revascularización falla en estos casos, la REI puede causar la destrucción radicular completa en unos pocos meses. Por lo tanto, la detección temprana de REI es crucial porque la preservación del diente es impredecible si ya están afectadas grandes partes de la raíz.⁴⁹

En dientes con alto riesgo de REI, las primeras radiografías de seguimiento deben realizarse 4 y 6 semanas después del traumatismo para identificar los primeros signos radiológicos.^{61,62}

Para detener la REI, la eliminación de los microorganismos del sistema de conductos radiculares es crucial e implica un desbridamiento completo del

conducto e irrigación con hipoclorito de sodio. La activación del irrigante promueve la eliminación de restos de tejido pulpar y restos de tejido duro y, por lo tanto, es muy recomendable.⁶⁵

La eliminación del barrillo dentinarias con quemantes como el EDTA es beneficiosa para facilitar la difusión de medicamentos intraconducto a través de la dentina hacia la superficie externa de la raíz.^{54, 65}

El enfoque estándar para la medicación del conducto radicular es la colocación de medicación intraconducto de hidróxido de calcio. Se ha demostrado que el hidróxido de calcio que se difunde a través de los túbulos dentinarios aumenta significativamente el pH en las áreas de reabsorción, donde el cemento no está presente.⁶⁶

Por lo tanto, además del efecto antibacteriano y neutralizador de endotoxinas en el conducto radicular, el hidróxido de calcio tiene el potencial de influir favorablemente en el ambiente local en los sitios de reabsorción a través de la inactivación de ácidos y colagenasas, que se liberan de las células clásticas. Además, la reparación de la superficie radicular podría promoverse a través de la estimulación de las fosfatasas alcalinas por el pH alcalino en los sitios de reabsorción.³⁴

Clínicamente, se han demostrado altas tasas de éxito en términos de cicatrización o detención de la reabsorción después de la medicación con hidróxido de calcio de 3 a 54 meses.⁶¹

Sin embargo, no hay consenso sobre si se necesita una medicación intraconducto a largo plazo con hidróxido de calcio hasta el punto en que haya evidencia radiográfica de control de la reabsorción en casos de REI establecida, las recomendaciones para la duración de la medicación con hidróxido de calcio varían entre 4 semanas y varios meses^{23, 67}

Un enfoque alternativo para tratar la REI establecida implica el uso de combinaciones de antibióticos y corticoesteroides como Ledermix. Sin embargo, no existen pruebas de si el uso de corticoesteroides antirresortivo o apósitos hormonales en el conducto radicular (posiblemente seguido de hidróxido de calcio) aumenta las tasas de éxito en comparación con el uso de hidróxido de calcio solo.⁵⁴

Varios informes de casos han utilizado procedimientos de endodoncia regenerativa para el tratamiento de dientes con REI,^{68, 69, 70} sin embargo, no hay pruebas suficientes para apoyar este enfoque para la práctica clínica habitual en tales casos.

Después de la detención exitosa de la REI, dependiendo del grado de daño del LPD inducido por el trauma, puede ocurrir la curación periodontal o el proceso puede convertirse en anquilosis.⁶¹

Por lo anteriormente expuesto, se sabe que los diferentes tipos de reabsorciones están relacionadas con mayor frecuencia a los traumatismos. Eventualmente, el proceso de reabsorción puede conducir a la pérdida de

dientes. El tratamiento de la reabsorción radicular suele ser complejo, lento, costoso e impredecible. Una de las razones está relacionada con el hecho de que, con una radiografía bidimensional simple, no se puede visualizar la extensión de la reabsorción y las puertas de entrada.⁶⁶

Las lesiones dentales traumáticas (LDT) de los dientes permanentes ocurren con frecuencia en niños y adultos jóvenes. Las fracturas de corona y las luxaciones son las más comunes de todas las lesiones dentales. El diagnóstico, la planificación del tratamiento y el seguimiento adecuados son importantes para mejorar un resultado favorable.⁶⁶

La reabsorción ocurre más comúnmente en asociación con la luxación intrusiva y avulsiones, la más frecuente es la reabsorción externa inflamatoria. El conocimiento sobre la incidencia de RR después de las lesiones es útil para que los odontólogos minimicen el riesgo y la gravedad de su aparición, porque un diagnóstico tardío de RR puede limitar las alternativas de tratamiento y provocar la pérdida de dientes⁶⁶

REVITALIZACIÓN UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

Un tratamiento alternativo a la técnica de barrera apical con plug de MTA es la revitalización. Basado en la observación de que el crecimiento de tejido y la 'revascularización' pueden ocurrir en dientes con ápices abiertos después de la avulsión y la reimplantación.⁶⁵ y recientemente para tratar reabsorciones internas y externas

En los casos que se describieron, el inicio del sangrado en el conducto radicular desinfectado condujo a la continuación y, finalmente, a la finalización de la formación de la raíz. A medida que se publicaron más informes de casos y series de casos, aumentaron las expectativas de que se puede lograr una verdadera regeneración pulpar con este protocolo, y se acuñó el término "procedimientos endodónticos regenerativos" ⁷¹

La investigación continua en este nuevo campo ha demostrado que el coágulo de sangre dentro del conducto radicular puede servir como punto de partida para la curación y reparación, pero que es mucho más probable que se forme tejido conectivo fibroso o mineralizado dentro del conducto que la regeneración del tejido pulpar con odontoblastos funcionales que producen dentina tubular ⁷²

Sin embargo, la revitalización ofrece beneficios para el paciente: el procedimiento es menos invasivo y más basado en la biología, ya que puede ocurrir la curación y el conducto radicular puede rellenarse con un tejido biológico e inmunocompetente en lugar de un material sintético. Además de los beneficios biológicos, la aposición de tejido duro y la promoción del crecimiento de la raíz pueden generar considerables ventajas mecánicas para los dientes revitalizados ⁷³

La investigación y la experiencia clínica han llevado a la publicación de protocolos de tratamiento de Sociedades de Endodoncia regionales como la

Sociedad Europea de Endodoncia ⁷⁴ y la Asociación Americana de Endodoncia. ⁷⁵

El procedimiento clínico implica lo siguiente:

1. Desinfección completa del conducto radicular mediante irrigación con hipoclorito de sodio sin instrumentación de las paredes de la dentina,
2. Uso posterior de EDTA para reducir la toxicidad del hipoclorito de sodio y liberar factores de crecimiento de la superficie de la dentina,
3. El uso de hidróxido de calcio como medicamento intracanal o pastas antibióticas recomendadas,
4. Inducción de sangrado en el conducto radicular con una lima endodóntica,
5. Cobertura del coágulo de sangre con un cemento de silicato de calcio hidráulico seguido de
6. Un sello compuesto hermético. ⁷⁵

Es importante el seguimiento a intervalos regulares que incluyan evaluación clínica y radiográfica. Lo más probable es que el fracaso después de un procedimiento de revitalización se deba a una desinfección insuficiente o recolonización del conducto radicular por parte de microorganismos orales. ⁷⁶

Las opciones de tratamiento en ese caso incluyen un nuevo intento de revitalización ⁷⁷ o la apexificación de MTA. Sigue siendo controvertido si la técnica de barrera con MTA o la revitalización proporciona resultados más

favorables. En cuanto al resultado del tratamiento, parece que ambos protocolos generan tasas de éxitos similares⁷⁸

Actualmente, los eventos adversos como la decoloración o la necesidad de cambiar la opción de tratamiento pueden ser más probables después de la revitalización, pero puede ocurrir una mayor maduración de la raíz, aunque los resultados relacionados con el alargamiento y el engrosamiento de la raíz son variables y no predecibles.⁷⁷

Otra preocupación es que un aumento potencial en el grosor de la raíz generalmente se limita a las áreas apical y media de la raíz, pero no al área cervical, que es la región más susceptible a la fractura de la raíz.⁷⁹

De todos los incidentes que preceden al tratamiento de revitalización, se ha informado que el trauma dental es la etiología más frecuente con el 62% de todos los casos.⁸⁰

Un mayor estrés mecánico durante un impacto traumático o un reposicionamiento inexacto de los dientes puede dañar tejidos apicales importantes como la vaina radicular epitelial de Hertwig (HERS) y la papila apical. El daño irreversible al HERS puede afectar el alargamiento de la raíz y la formación del ápice y puede comprometer el éxito de los procedimientos de revitalización.⁸¹

Un análisis sistemático de todas las fallas de revitalización en la literatura reveló que el tratamiento fallido se asocia con trauma dental en el 59 % de todos los casos, seguido de anomalías dentales en solo el 30 %, y la caries dental jugó un papel insignificante.⁷⁰

EFEECTO DE HIDRÓXIDO DE CALCIO SOBRE LA REABSORCIÓN DENTAL

El hidróxido de calcio químicamente se clasifica como una base fuerte con un pH alto (aproximadamente 12,5 a 12,8). Sus principales propiedades provienen de la disociación iónica de los iones Ca^{2+} y OH^- y su efecto sobre los tejidos vitales, generando la inducción del depósito de tejido duro y siendo antibacteriano.⁸²

La difusión de iones hidroxilo a través de la dentina depende del diámetro de los túbulos dentinarios (cervicales versus apicales), La pasta de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es bien tolerada por los tejidos óseos y pulpaes dentales. Sin embargo, su efecto sobre el tejido periodontal es controvertido. Debido a su solubilidad, no cumplen con todos los criterios de un sellador ideal. Además, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ha sido el material de elección para crear una barrera calcificada en dientes de ápice abierto no vitales. Sin embargo, la técnica de barrera apical MTA puede reemplazarla. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se ha utilizado con éxito para controlar las perforaciones, la fractura radicular horizontal y la reabsorción radicular.⁸²

Ca (OH)₂ en las reabsorciones tiene una influencia activa en el entorno local alrededor de un área de reabsorción al reducir la actividad osteoclástica y estimular la reparación.

Esto está directamente relacionado con el pH alcalino de Ca (OH)₂, que penetra a través de la dentina. La reabsorción de tejido duro, con su actividad enzimática, tiene lugar en un pH ácido, el Ca (OH)₂ crea un ambiente alcalino en el que la reacción se invierte y puede tener lugar la deposición de tejido duro.⁸³

El agregado de trióxido mineral es una alternativa al Ca (OH)₂ en el manejo de la reabsorción radicular interna. El tratamiento quirúrgico y no quirúrgico exitoso de la reabsorción interna utilizando MTA en dientes primarios y permanentes se ha informado en varios informes de casos.^{84, 85}

El Ca (OH)₂ tenderá a necrotizar el tejido restante en la laguna, y los restos necróticos luego se eliminan mediante irrigación con hipoclorito de sodio y cuando se identifica la reabsorción lateral desde el principio, se prefiere la extirpación pulpar, el desbridamiento y la terapia con Ca (OH)₂.⁶⁷

Al crear un entorno alcalino, el Ca (OH)₂ inhibe la actividad de los osteoclastos y estimula el depósito de tejido duro. Sin embargo, MTA se puede utilizar para reparar los dientes durante el tratamiento de la reabsorción radicular interna.⁶⁴

Por otro lado, un procedimiento de apexificación no tiene potencial para restaurar la vitalidad del tejido dañado en el espacio del conducto y promover la maduración de la raíz (engrosamiento de las paredes del conducto radicular y/o cierre apical) de los dientes permanentes inmaduros con pulpa necrótica. En el año 2001, se introdujo en endodoncia una nueva opción de tratamiento denominada "revascularización" para tratar un diente permanente inmaduro con periodontitis apical y trayecto sinusal.⁴

PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA

El término "revascularización" se utilizó en los estudios de cicatrización de heridas pulpares después de la reimplantación de dientes permanentes inmaduros. Iwaya et al. (2001) fueron los primeros en acuñar el término "revascularización" en su tratamiento endodóntico de un diente permanente inmaduro con periodontitis apical y un tracto sinusal⁷

Más tarde, se propuso revitalización en lugar de revascularización como un término más aplicable, ya que los tejidos regenerados en el espacio del canal no solo eran vasos sanguíneos, sino también tejidos duros y blandos.⁸⁶

El término "revitalización" fue utilizado por la declaración de posición de la Sociedad Europea de Endodoncia.⁷⁴

El término "endodoncia regenerativa" fue adoptado por la Asociación Americana de Endodoncia en 2007, basado en un concepto de ingeniería de tejidos. Y se define como 'procedimientos de base biológica diseñados para

reemplazar las estructuras dentales dañadas, incluidas la dentina y las estructuras radiculares, así como las células del complejo pulpa-dentina⁸⁷

La endodoncia regenerativa aplica el concepto de la tríada de ingeniería de tejidos, células madre, andamiaje biomimético y factores de crecimiento bioactivos en el espacio del conducto con el objetivo de regenerar el tejido pulpar dañado por infección, trauma o anomalías del desarrollo⁸⁸

En la literatura, la revascularización, la revitalización y la endodoncia regenerativa se utilizan como sinónimos e indistintamente.⁷⁹

A medida que avanza nuestro conocimiento en biología pulpar, también cambia el concepto de tratamiento de la enfermedad pulpar y periapical. Los endodoncistas han estado buscando procedimientos de tratamiento de base biológica, que podrían promover la regeneración o reparación del complejo dentina-pulpar destruido por infección o trauma durante varias décadas.⁸⁹

Según las consideraciones clínicas de la Asociación Americana de endodoncia (AAE) para un procedimiento regenerativo, el objetivo principal, es la eliminación de los síntomas clínicos y la resolución de la periodontitis apical mientras que el engrosamiento de las paredes del conducto y la maduración continua de la raíz es el objetivo secundario. Por lo tanto, el objetivo principal de la endodoncia regenerativa y la terapia endodóntica no quirúrgica tradicional es el mismo,^{10, 75} y cuya diferencia radica; en que una vez desinfectados los conductos radiculares, en la terapia endodóntica no

quirúrgico, se obtura el conducto con materiales extraños biocompatibles y la terapia endodóntica regenerativa, los conductos radiculares desinfectados están llenos del propio tejido vital del huésped.¹⁰

Los procedimientos de tratamiento incluyeron irrigación con hipoclorito de sodio y medicación con pasta antibiótica intracanal (ciprofloxacina, metronidazol, minociclina) sin desbridamiento mecánico. El tratamiento resultó en la eliminación de los síntomas clínicos y la resolución de la periodontitis apical. Además, se observó un engrosamiento radiográfico de las paredes del canal y un desarrollo continuo de la raíz. Por lo tanto, el complejo dentina-pulpa se regeneraba, quizás, por algún tejido pulpar vital que quedaba en el área apical del conducto, que podría haber sobrevivido en el diente diagnosticado clínicamente con pulpa desvitalizada e infectada⁹

La inducción del sangrado periapical en el espacio del conducto es un paso necesario en los procedimientos de endodoncia regenerativa de dientes permanentes inmaduros con pulpas necróticas. Los coágulos de sangre en el espacio del conducto podrían servir como matriz o andamio para promover la cicatrización de la herida del tejido pulpa. La sangre contiene muchos factores de crecimiento derivados de las plaquetas. Y además contiene células madres mesenquimales del área periapical.^{9 13}

Por lo tanto, la hemorragia periapical inducida lleva el armazón de fibrina, las células madre mesenquimales y los factores de crecimiento bioactivos derivados de la sangre al conducto radicular. Además, los factores de

crecimiento incrustados en la matriz de dentina también se liberan en el espacio del conducto después de la desmineralización de la dentina con enjuague con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en procedimientos de endodoncia regenerativa⁵²

Las células madre, los factores de crecimiento y un andamio son la tríada esencial de la ingeniería de tejidos o la regeneración de tejidos.⁹⁰

Protocolo clínico de procedimientos endodónticos regenerativos (PER)

Un análisis de datos del protocolo clínico de PER reveló que estos variaron considerablemente entre todos los estudios.⁹¹ Diferentes protocolos de tratamiento pueden dar lugar a diferentes resultados de tratamiento. Por lo tanto, es imposible evaluar el verdadero resultado del tratamiento de PER en la literatura.

Parece que independientemente de la presencia o ausencia de coágulos de sangre intraconducto, las concentraciones de solución de irrigación o el tipo de medicación intraconducto utilizada en PER, los diferentes protocolos de tratamiento lograron la eliminación de los síntomas/signos clínicos y la periodontitis apical y tuvieron el potencial, aunque no predecible, para promover el engrosamiento de las paredes del canal y/o el desarrollo continuo de la raíz^{91, 92}

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE)⁷⁵ ha sugerido las "Consideraciones clínicas para un procedimiento regenerativo" para ayudar a

los médicos a manejar los dientes permanentes inmaduros con pulpa necrótica/periodontitis apical.

La AAE considera que el aumento del grosor de la pared del conducto radicular y/o el aumento de la longitud de la raíz son objetivos deseables, pero quizás no esenciales, de la PER.⁷⁵

La Asociación Europea de Endodoncia (AEE) parece considerar el aumento del grosor y la longitud de la raíz como uno de varios criterios de éxito. Un protocolo clínico estandarizado y criterios de resultado estrictos son necesarios para PRE desde las perspectivas clínicas y de investigación.⁵⁸ La AAE⁷⁵ y la AEE⁷⁴ describe el siguiente protocolo para la regeneración endodóntica

Cuadro comparativo del protocolo de la AAE y AEE.

	Asociación Americana	Asociación Europea	Observaciones
Primera cita	Historia clínica Anestesia local, aislamiento y cavidad acceso	Historia clínica Prepare la cavidad de acceso	Retire el tejido pulpar suelto o necrótico utilizando instrumentos de endodoncia adecuado, evite la instrumentación mecánica de las paredes del conducto radicular
Irrigación	20 ml de NaOCl (20 ml / canal, 5 min) solución salina (20 ml / canal, 5 min)	Irrigue con hipoclorito de sodio (20 ml, 5 min), y con solución salina fisiológica estéril (5 ml) de sodio	AEE: Para minimizar los efectos citotóxicos del hipoclorito irrigue con solución
Ubicación	1mm del extremo radicular	Coloque 2 mm por encima del tejido vital.	
Aguja	Con extremo cerrado y ventilación lateral.	Use una aguja con ventilación lateral	
Concentración	1,5% de NaOCl	NaOCl al 1,5–3%	AEE: La elección de la concentración de hipoclorito de sodio refleja la necesidad de un equilibrio entre una desinfección suficiente y la preservación del tejido
		EDTA al 17% con 20ml	AEE: El sangrado o exudado puede requerir riego prolongado AEE recomienda EDTA
Secado	Canales secos con puntas de papel	Seque con puntas de papel	
Medicación intraconducto	Hidróxido de calcio o pasta de triple antibiótico de baja concentración. mezcle	Inserte un producto de hidróxido de calcio que no decolore de manera	AEE: Si se usa la pasta antibiótica triple: considere sellar la cámara pulpar con un agente adhesivo de dentina (para minimizar el riesgo de

	ciprofloxacina: metronidazol: minociclina 1: 1: 1 hasta una concentración final de 0.1 mg / mL	homogénea en el conducto radicular. Pasta antibiótica triple que consiste en ciprofloxacina, metronidazol y minociclina	manchas AEE: citotoxicidad, sensibilización, desarrollo de resistencias y dificultad de remoción del conducto radicular, deben tenerse en cuenta
Sellado	Selle con 3–4 mm de un material temporal como Cavit TM , IRM TM , ionómero de vidrio u otro material temporal.	Coloque el sello coronal directamente sobre el apósito intra canal con un espesor mínimo de acuerdo con el material seleccionado	
Segunda cita:	1 a 4 semanas después:	2 a 4 semanas después	
Evolución	Si hay signos / síntomas de infección persistente, considere un tratamiento adicional con un antimicrobiano o un antimicrobiano alternativo	Si los signos de inflamación no han disminuido, actualice el hidróxido de calcio. Se puede considerar la administración de antibióticos sistémicos si el paciente refiere alteración de su estado general como fiebre o disfagia	
Anestesia	Anestesia con mepivacaína al 3% sin vasoconstrictor	Uso de anestésicos sin vasoconstrictor	AEE: sin embargo, la creación de un coágulo de sangre se ve obstaculizada por la sensación de dolor de los pacientes
	Aislamiento absoluto	Retire el sello temporal;	

Irrigación final	20ml de EDTA al 17%	Irrigue con EDTA al 17 % (20 ml, 5 min) Solución salina fisiológica estéril 5ml	
Secado	Puntas de papel	Retire el exceso de líquido con puntas de papel	
Inducción al sangrado	Con sobre instrumentación (lima endo, endo explorer) inducir girando una lima K precurvada a 2 mm más allá del agujero apical con el objetivo de llenar todo el conducto con sangre hasta el nivel del cemento -unión de esmalte.	Mediante la irritación mecánica del tejido periapical y el movimiento de rotación de una lima predoblada apicalmente (p. ej., tamaño 40 Hedström)	
Límite de sangrado	Detenga el sangrado a un nivel que permita de 3 a 4 mm de material de restauración.	Deje que el canal se llene de sangre hasta 2 mm por debajo del margen gingival para esperar la formación de coágulos de sangre durante 15 min	
Matriz	Coloque una matriz reabsorbible como CollaPlug™, Collacote™, CollaTape™ u otro material sobre el coágulo de sangre si es necesario y MTA / CaOH blanco como material de cobertura.	Corte una matriz de colágeno (por ejemplo, Parasorb Cone (Resorba, Medical GmbH, Alemania), Collaplug (Integra LifeSciences Corp., Plainsboro, NJ, EE. UU.) o Hemocollagene (Septodont, Saint Maur des Fossés, Francia	A un diámetro mayor que la parte coronal del conducto radicular y una altura de 2–3 mm, colóquelo sobre el coágulo de sangre, deje que la matriz se empape con líquido para evitar la formación de un espacio hueco

Cemento hidráulico	MTA / CaOH blanco como material de cobertura.	Coloque un cemento de silicato hidráulico (p. ej., MTA o cemento de silicato tricálcico) sobre la matriz de colágeno	AEE: una fina capa homogénea de unos 2 mm por debajo de la unión cemento-esmalte y tenga cuidado con la posible decoloración tras el contacto del material con la sangre
Sellado final	Con 3 mm de ionómero de vidrio modificado con resina	Cemento de hidróxido de calcio o ionómero de vidrio fotopolimerizable fluido; Sellar con restauración adhesiva.	AEE: Refresque las paredes de la cavidad con una fresa de diamante o un chorro de arena con óxido de aluminio.
SEGUIMIENTO Examen clínico y radiográfico	* Sin dolor, inflamación de los tejidos blandos o del tracto sinusal		Se observa entre la primera y la segunda cita
	* Resolución de la radiolucidez apical		Se observada de 6 a 12 meses después del tto
	* Mayor ancho de las paredes de la raíz		aparente aumento en la longitud de la raíz y ocurre a menudo 12-24 meses después del tto
	* Mayor longitud de la raíz.		
	*Test de vitalidad pulpar.		

Se han determinado cuatro factores para el alcance de la ingeniería de los Tejidos (IT); células madre, factores de crecimiento, una matriz o Scaffold, y la angiogénesis; necesarias para inducir y conducir el crecimiento tisular, la vascularización tardía o la falta de vascularización es uno de los mayores obstáculos para desempeñar una correcta sustitución o regeneración tisular. La incorporación de células madre aceleran la formación y maduración de nuevos vasos sanguíneos con ayuda de las proteínas endógenas pro angiogénicas (Factores de Crecimiento) disponibles en el medio. Sin el proceso de angiogénesis la regeneración pulpar no sería posible, toda célula del organismo requiere oxígeno y nutrientes para mantener sus funciones básicas.^{62, 93}

Actualmente se ha desarrollado nuevos conceptos como lo son procedimientos regenerativos con células y libres de células

Todo lo anterior nos lleva a desarrollar nuevos tratamientos para casos como la reabsorción radicular partiendo desde el mismo principio regenerativo que es el de generar tejido parecido a, para sustituir o reemplazar el tejido perdido

La regeneración, que se espera que tenga lugar después de un procedimiento de revitalización, se refiere a la restauración de la arquitectura y función del tejido original. Se observa la formación de tejido similar a la pulpa dentro del conducto radicular donde las células se diferencian en odontoblastos capaces de secretar dentina tubular. Desde la perspectiva del

paciente, si es realmente pulpa o no, puede ser irrelevante siempre que la longitud y el grosor de la raíz aumenten mediante la aposición de tejido mineralizado y se mantenga la salud del hueso alveolar.⁷⁵

Se está empleando procedimientos regenerativos en caso de reabsorción la mayoría de los artículos revisados informar el tratamiento de la reabsorción asociado a un traumatismo^{9, 58, 60, 69,89, 95, 96, 97,}

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE CASOS PARA ENDODONCIA

REGENERATIVA

Pacientes de 6 a 17 años

Debido a que la endodoncia regenerativa solo se debe brindar a los dientes permanentes, la edad mínima de los pacientes es de 6 años.⁹⁸

No obstante, la endodoncia regenerativa se ha proporcionado a dientes adultos maduros en pacientes mayores de 17 años⁹⁹ Sin embargo, cuando los dientes permanentes tienen paredes dentinarias gruesas para resistir la fractura, la endodoncia regenerativa no brinda al paciente adulto ningún beneficio potencial razonable.¹⁰⁰

Esto se debe al mayor riesgo de fracaso, complicaciones, de brote doloroso y mayor riesgo de que sea necesario un retratamiento, debido a que la tasa de éxito es del 60%^{100 101.} Además del potencial regenerativo de los dientes adultos maduros, siendo extremadamente limitado¹⁰² lo que sugiere que la

capacidad de regeneración del tejido oral disminuye con la edad y madurez del paciente.

El tratamiento de conducto no quirúrgico convencional es el tratamiento óptimo para dientes permanentes adultos maduros, debido a la mayor tasa de éxito a largo plazo de más del 86 % durante 10 años el menor riesgo de complicaciones, como dolor recurrente.¹⁰³

Obtener una autorización médica para pacientes con cicatrización comprometida

El tratamiento de endodoncia regenerativa exitoso requiere revascularización, que es la formación de un coágulo de sangre dentro del diente ¹⁰⁴, Los pacientes que padecen cualquier enfermedad sistémica como la hemofilia y la enfermedad de von Willebrand que puede comprometer la coagulación de la sangre o que toman medicamentos anticoagulantes (anticoagulantes) tienen un mayor riesgo de sangrado no controlado

Cuando un paciente padece una enfermedad sistémica que inhibe la cicatrización, es más probable que el tratamiento fracase y se vea comprometido. Cuando existe alguna duda sobre el estado de salud comprometido de un paciente, los medicamentos y la idoneidad para la endodoncia regenerativa, es una buena práctica obtener una autorización médica de los otros proveedores de atención médica del paciente para demostrar que el paciente está lo suficientemente saludable para el

tratamiento. Si el estado de salud del paciente sugiere que la endodoncia regenerativa tendrá un mal pronóstico para un diente permanente inmaduro con una pulpa necrótica, entonces se puede realizar la apexificación según sea necesario.¹⁰⁰

Paciente conforme

Tan solo el 39,5% de los pacientes pediátricos cumplen con las visitas de seguimiento clínico dental si el tratamiento no se ha terminado, el diente tiene un mal pronóstico porque no podrá regenerarse y aún puede tener una infección persistente y pulpa necrótica. Para evitar el problema de que los pacientes no completen un curso de endodoncia regenerativa, los tratamientos de visitas múltiples solo deben proporcionarse a los niños que tienen antecedentes de asistir a visitas dentales.¹⁰⁵

Inflamación tratada, vía sinusal y lesiones visibles

Cuando un paciente tenga hinchazón, lesiones visibles, defectos y trayectorias sinusales asociadas con el conducto radicular de un diente inmaduro, primero se deben resolver, drenar, desinfectar, tratar y sellar para crear una barrera hermética duradera antes de la endodoncia regenerativa. para evitar la microfiltración de microorganismos al conducto radicular.¹⁰¹

Es posible proporcionar un retratamiento de endodoncia regenerativa si alguna de estas complicaciones ocurre después del tratamiento inicial, sin embargo, se debe reconocer que los resultados pueden ser impredecibles¹⁰⁶

El tamaño de las lesiones periapicales puede reducirse después del tratamiento de endodoncia regenerativa, pero es poco probable que los tejidos periapicales se curen por completo ^{100 107}

Diente permanente inmaduro con paredes dentinarias delgadas

Los dientes permanentes inmaduros más frágiles en los pacientes más jóvenes de 6 a 9 años con paredes dentinarias delgadas tienen más probabilidades de beneficiarse del tratamiento de endodoncia regenerativa ¹⁰¹ porque puede continuar el desarrollo de la raíz al engrosar las paredes dentinarias y fortaleciendo así los dientes para soportar una fractura por sobrecarga de estrés

La pulpa dental está necrótica o tiene pulpitis irreversible

El tratamiento de endodoncia regenerativa no es necesario para los dientes inmaduros permanentes con una pulpa vital que no está necrótica o no sufre de pulpitis irreversible, y es más probable que estos dientes se beneficien del tratamiento con apexogénesis ¹⁰⁸

Movilidad dental normal y es restaurable/fractura corona-raíz

Un diente traumatizado, flojo y con excesiva movilidad, y/o no restaurable por pérdida de corona o fractura corona-raíz, tiene mal pronóstico y no se puede salvar sólo con endodoncia regenerativa, los tratamientos deben proporcionarse según las guías de traumatología ¹⁰⁹

Diente no avulsionado y reimplantado en los 15 min primeros después de la avulsión:

Los dientes permanentes avulsionados reimplantados pueden sufrir complicaciones de curación; radiolucides periapical, reabsorción radicular externa, anquilosis, que pueden minimizarse reimplantando inmediatamente los dientes permanentes, especialmente dentro de los 15 minutos posteriores a la avulsión

El ápice del conducto radicular está abierto más de 1,1 mm y el sangrado llena el conducto radicular

Después del tratamiento de endodoncia regenerativa, el 25 % de los fracasos del tratamiento se atribuyeron a la ausencia de sangrado ¹⁰¹, lo que también se puede afirmar como una falla en lograr una revascularización adecuada del conducto radicular

El flujo de sangre desde los tejidos periapicales hacia el conducto radicular y para llenar el espacio del conducto radicular es esencial para la revascularización.^{101, 104} Esto se debe a que sin un suministro adecuado de sangre no puede haber revascularización ni *de novo* reemplazo de la formación de tejido similar a la pulpa para revitalizar un diente inmaduro y para mineralizar las paredes de la dentina y continuar el desarrollo de la raíz.

En un estudio de incisivos humanos reimplantados, se demostró que se necesitaba un ancho de foramen apical de más de 1,1 mm para una

revascularización exitosa del conducto radicular. Algunos investigadores han usado limas K para agrandar el tamaño de un foramen apical cerrado en dientes adultos maduros, pero esta instrumentación es riesgosa si la punta de la lima se rompe dentro de los tejidos periapicales. Además, la instrumentación del vértice probablemente sea una estrategia redundante. Esto se debe a que, si el foramen apical está casi cerrado, es probable que las paredes de la dentina sean razonablemente gruesas y que no se beneficien del engrosamiento de la dentina y el fortalecimiento de los dientes contra las fracturas proporcionado por un tratamiento de endodoncia regenerativa.

El conducto radicular se puede desinfectar adecuadamente

Cuando el tratamiento de endodoncia regenerativa ha fallado, el 14% de las fallas se atribuyeron a una infección persistente ¹⁰¹, que también se puede afirmar como una falla en la desinfección adecuada de los tejidos necróticos e infectados del conducto radicular.

La desinfección de los conductos radiculares se puede lograr de manera efectiva colocando hidróxido de calcio, o una pasta triple antibiótica de amplio espectro que contenga Ciprofloxacina, Metronidazol, Minociclina¹⁰⁴ a una concentración de 0,1 mg/ml, colocada dentro del conducto radicular durante 1-4 semanas ⁷⁵. El tejido potencialmente necrótico e infectado también se irriga del conducto radicular con 20 ml de NaOCl al 1,25 % con

limas rotatorias y manuales, seguido de un enjuague con EDTA al 17 % y un enjuague con solución salina.

Si el conducto radicular no se puede desinfectar adecuadamente, es probable que el tratamiento de endodoncia regenerativa fracase y se observe como un brote, con lesión inflamada, absceso y dolor. Por lo tanto, se debe proporcionar apexificación a los dientes permanentes inmaduros con una pulpa necrótica si el conducto radicular no se puede desinfectar adecuadamente.¹⁰⁰

Estudio de casos previos encontrados en la literatura.

Históricamente, la terapia endodoncia regenerativa fue iniciada por los estudios experimentales de Nygaard-Ostby y cols. (1961) y Nygarrd-Ostby & Hjortdal (1971).^{111, 112}

Nygarrd-Ostby y Hjortdal y cols. (1971) indujeron el sangrado de los tejidos periapicales en el espacio del conducto radicular desbridado quimicomecánicamente, que se llenó parcialmente con relleno radicular. El examen histológico de los dientes extraídos después de 9 días a 3 años reveló que se formaron tejido conectivo fibroso y cemento celular en el espacio del conducto apical de los dientes que originalmente contenían pulpa vital. Sin embargo, en dientes con pulpa necrótica no se formó tejido de reparación.¹¹²

Luego, Iwaya y cols. (2001) fueron el primer grupo en aplicar el concepto de revascularización para tratar dientes permanentes inmaduros con periodontitis apical y trayecto sinusal.⁴

Su concepto se basó en los experimentos aprendidos de la revascularización de dientes de perro inmaduros reimplantados y autotrasplantados, así como la desinfección del conducto radicular.⁵⁵

Banchs & Trope (2004) propusieron el protocolo de revascularización, basado en los experimentos observados de revascularización de dientes reimplantados, desinfección del conducto radicular e inducción de coágulos de sangre en el conducto y el uso de la pasta triple antibiótica. Además, se utilizó agregado de trióxido mineral (MTA) como barrera intracanal en lugar de cemento de ionómero de vidrio.¹¹³

Este protocolo ha sido ampliamente adoptado en muchos estudios posteriores en la literatura y las Consideraciones clínicas para un procedimiento regenerativo de AAE.⁷⁵

Su tratamiento también mostró la eliminación de los síntomas/signos clínicos y la periodontitis apical además de promover el engrosamiento de las paredes del canal y el cierre apical de los dientes permanentes inmaduros con periodontitis apical. Por lo tanto, la endodoncia regenerativa se recomendó como una alternativa de tratamiento a la apexificación tradicional para dientes permanentes inmaduros con pulpas necróticas^{93, 109}

Aunque inicialmente los procedimientos regenerativos se realizaban para dientes inmaduros permanentes y también se están usando para tratar o detener la reabsorción radicular

Chaniotis, A. (2015). Informar el resultado del tratamiento clínico y radiográfico de un incisivo mandibular reimplantado inmaduro con reabsorción radicular externa inflamatoria grave después de un enfoque regenerativo de un solo paso. Se hizo un diagnóstico de pulpa necrótica y periodontitis apical asintomática. Se irriego con una solución de NaOCl al 6 % administrada a través del sistema de irrigación de presión negativa EndoVac (Endo Vac, Axis/SybronEndo, Coppel, TX, EE. UU.). Se usó una solución de EDTA al 17 % durante 5 min seguido de un enjuague final con agua estéril. Se indujo el sangrado con una lima K. Se permitió que se formara un coágulo de sangre que llenaba todo el canal. Se colocó un tapón grueso de MTA en contacto directo con el coágulo de sangre. El diente fue restaurado con resina compuesta. Todos los procedimientos se realizaron en una sola visita. La férula se retiró 2 semanas después. El examen clínico después de 24 meses reveló tejidos blandos sanos con sondeo y movilidad periodontal normales. La evaluación radiográfica a los 24 meses reveló la curación de la reabsorción radicular externa inflamatoria severa y el desarrollo continuo de la raíz/engrosamiento de la pared de dentina del tercio apical. No había signos de anquilosis o decoloración significativa.⁶⁹

Santiago y cols. (2015), en esta investigación clínica de 3 pacientes con reabsorción radicular inflamatoria externa fueron sometidos al protocolo de terapia de revascularización, con pasta triantibiótica, con coágulo de sangre, y sellado del conducto radicular con MTA y restauración de resina. Durante el seguimiento, se detuvo el proceso patológico con reparación tisular en áreas radiolúcidas preexistentes. Se observó movilidad reducida en los dientes tratados. Los 3 casos fueron seguidos durante 30, 18 y 15 meses, respectivamente. Todos los dientes permanecieron asintomáticos y mantuvieron la función y la movilidad fisiológica. La terapia utilizada en el procedimiento de revascularización fue eficaz en el tratamiento de la reabsorción radicular inflamatoria externa, reduciendo el número de citas y aumentando el cumplimiento del paciente.¹¹⁰

Saoud, y cols. (2016) informaron sobre un niño de 15 años tenía antecedentes de lesión traumática en el diente maduro ud 21 que resultó en una fractura radicular horizontal y necrosis pulpar del fragmento coronario. Una niña de 7 años sufrió una lesión por avulsión en el diente inmaduro ud 11, que desarrolló reabsorción inflamatoria por reemplazo y, posteriormente, se fracturó la raíz 15 meses después. Otro niño de 16 años también sufrió una lesión traumática en el diente maduro ud 11, lo que resultó en una reabsorción radicular perforante. Todos los dientes fueron tratados con procedimientos de endodoncia regenerativa utilizando desbridamiento quimiomecánico, apósito de hidróxido de calcio/pasta triple antibiótica,

enjuague con EDTA, inducción al sangrado en el espacio del conducto y un tapón de agregado de trióxido mineral coronal.¹¹¹

Las lesiones traumáticas en los dientes pueden causar fracturas radiculares horizontales y reabsorciones radiculares inflamatorias (externas e internas). Con base en sus informes de casos, establecieron que los procedimientos de endodoncia regenerativa tienen el potencial de usarse para tratar dientes traumatizados con fractura radicular horizontal y reabsorción radicular inflamatoria.¹¹¹

Numerosas publicaciones han informado sobre la revascularización de dientes permanentes inmaduros necróticos, pero rara vez se ha considerado el potencial regenerativo de la pulpa en dientes maduros.

Priya M H y cols. (2016) reportaron un caso con plasma rico en plaquetas (PRP) como andamio para la endodoncia regenerativa, en un diente maduro avulsionado, con más de 8 horas de tiempo seco extra oral de un niño de 11 años después de una reimplantación tardía. El conducto se desinfectó después de la preparación de la cavidad del acceso extraoral y la extirpación de la pulpa. Se amplió el ápice radicular y se colocó el diente en una solución de doxiciclina durante 20 minutos. Después de la reimplantación dental y la ferulización, Se inyectó PRP hasta el nivel de la unión amelocementaria y se selló con cemento de ionómero de vidrio. El seguimiento de 6 meses reveló evidencia de reabsorción radicular interna y externa con radiolucides periapical y un aparente espacio del ligamento periodontal. Se reabrió el

acceso; Se insertó una suspensión de 2 antibióticos (minociclina y metronidazol) en el canal y se selló. Las radiografías a los 9 y 12 meses revelaron la resolución de la radiolucidez periapical sin mayor progresión de la reabsorción interna. El diente mostró una respuesta positiva a las pruebas pulpares térmicas y eléctricas. Los hallazgos observados en este caso justifican una mayor investigación bajo condiciones controladas para evaluar la regeneración endodóntica y periodontal en un diente que de otro modo se esperaría que tuviera un pronóstico desfavorable

Kaval, y cols. (2017) concluyeron que los procedimientos de endodoncia regenerativa son un enfoque alternativo para tratar las lesiones de reabsorción radicular interna perforada y el hidróxido de calcio fue eficaz como medicamento intraconducto luego de reportar un caso de una paciente de 14 años de edad luego del examen radiográfico, se detectó una lesión de reabsorción interna perforada en el tercio medio de la ud 22. Bajo anestesia local y aislamiento con dique de goma, se preparó una cavidad de acceso y se modeló el conducto radicular con limas K bajo abundante irrigación con NaOCl al 1%, EDTA al 17% y agua destilada. Al final de la primera y segunda cita, se colocó pasta de hidróxido de calcio (CH) en el conducto radicular mediante un léntulo. Después de 3 meses, la pasta de CH se eliminó con soluciones de NaOCl al 1% y EDTA al 17% y se logró el sangrado en el conducto radicular colocando una lima K de tamaño 20 en los tejidos periapicales. Luego se colocó agregado de trióxido mineral sobre el coágulo

de sangre. La cavidad de acceso se restauró con cemento de ionómero de vidrio y composite de resina. Después de 2 años, el diente estaba asintomático y el examen radiográfico reveló formación de tejido duro en el área de reabsorción perforada y remodelación de la superficie radicular.¹¹²

Tzanetakis, GN y cols (2018). Manejaron del Incisivo Central Maxilar Inmaduro Intruido con Necrosis Pulpar y Reabsorción Externa Severa con un Abordaje Regenerativo, demostrando que los dientes gravemente lesionados con pronóstico incierto pueden tener un porcentaje considerable de posibilidades de permanecer funcionales y libres de signos y síntomas mediante el uso de un procedimiento de endodoncia regenerativa, lo que confirma la eficacia de este procedimiento como una opción de tratamiento viable.⁹⁸

Yoshpe, M y cols (2019) presentaron una serie de casos con RRE con un seguimiento de 3 años los cuatro casos (5 dientes) de dientes inmaduros postraumáticos diagnosticados con pulpa necrótica y periodontitis apical o absceso apical crónico fueron tratados con REP utilizando fibrina rica en plasma como andamiaje. En 3 de los casos se detuvo la reabsorción por sustitución, evitando así las complicaciones de la anquilosis y la necesidad de decoronación; mostraron que los REP son una modalidad de tratamiento prometedora para detener la ERR, lo que justifica más ensayos clínicos.⁹⁷

Lu, J. y cols. (2020) Concluyeron que los PRE se pueden utilizar para tratar dientes permanentes inmaduros traumatizados con pulpa necrótica y

periodontitis apical asociada con RRE grave y perforación radicular. Luego de presentar su reporte de caso donde describiendo los PER para un diente avulsionado, reimplantado con RRE grave y perforación radicular ud 21 y un diente extruido ud 11 por un traumatismo. El examen clínico mostró ud 21 tenía un trayecto sinusal cerca del área periapical, estaba sensible a la percusión y la palpación y no respondía a las pruebas de sensibilidad pulpar. La ud 11 respondió a las pruebas de sensibilidad pulpar. La radiografía periapical y la tomografía computarizada de haz cónico mostraron que la ud 21 tenía una lesión radiolúcida periapical y RRE graves con una perforación de la raíz. La ud 11 dejó de responder a las pruebas de sensibilidad pulpar y desarrolló una lesión periapical 12 meses después de las REP de ud 21 y también fue tratado con REP. Los síntomas clínicos y las lesiones apicales se resolvieron para ambos dientes después de las REP. Se detuvieron las ERR severas y se reparó la perforación radicular de ud 21. Los dientes 11 y 21 sufrieron la obliteración del conducto por formación de tejido duro después de las REP y estaban en funcionamiento a los 18 y 30 meses, respectivamente.¹¹⁴

Arnold M. (2021) reporto un caso fue presentar un enfoque de tratamiento reparador de una extensa reabsorción inflamatoria interna con perforación lateral y lesiones inflamatorias apicales y laterales. Solo se eliminó la parte coronal necrótica de la pulpa, y el tejido pulpar vital dentro de la cavidad de reabsorción y la parte apical del conducto radicular se dejó sin instrumentar.

Se indujo el sangrado y el coágulo de sangre se cubrió con agregado de trióxido mineral. Se realizó seguimiento por 3 años y se observó la reparación del tejido duro y la cicatrización de la lesión apical.⁵⁸

DISCUSIÓN

La etiología de las reabsorciones es muy variada, entre ellas tenemos las originadas por los procedimientos químicos (blanqueamiento), procedimientos quirúrgicos o tratamiento periodontal, por presión de dientes impactados, quistes, tumores, tratamientos de ortodoncia entre otros y las reabsorciones inducidas por traumas dentales que es la más común.

El trauma dental afecta del 4 al 33% de la población, por lo general, los más afectados son los dientes anteriores. El desarrollo de la reabsorción está relacionado con los traumatismos y a su vez con la gravedad de la lesión, la edad del paciente, el estadio de la formación radicular y el tiempo de extirpación pulpar; cuando el tratamiento endodóntico se retrasa, la infección pulpar asociada con el daño del ligamento periodontal puede resultar en la progresión de la reabsorción.

Entre los tipos de reabsorción patológica, la reabsorción inflamatoria externa es la que se diagnostica con más frecuencia y provoca la destrucción del cemento radicular y la dentina.

Por lo cual los estudios de casos clínicos casi siempre están relacionados con niños con dientes inmaduros a los cuales se le realizan los procedimientos regenerativos, aunque hay reportes de casos en dientes maduros traumatizados en pacientes jóvenes tratados con PR, quizás esto ocurra debido a que el paciente joven no se le puede realizar ningún

tratamiento protésico definitivo (prótesis fija e implantes) por estar en crecimiento óseo y por lo tanto se justifica los PR como tratamiento.

Independientemente del tipo de reabsorción hay tres requisitos para que se produzca:

Ruptura de las barreras naturales en los tejidos, que son internas conformado por los odontoblastos y pre dentina y externas, el ligamento periodontal y el pre cemento

Un factor estimulante continuo: como pueden ser la presencia de bacterias en el sistema de conductos radiculares, la necrosis del ligamento periodontal después de lesiones traumáticas, defectos de desarrollo, un diente adyacente impactado, un quiste o tumor adyacente, etc.

Un suministro de sangre viable para las células clásticas.

En este tercer punto en donde los investigadores tienen más controversia pues se preguntan ¿Qué tipo de tejido se está regenerando? ¿Realmente se está reparando las barreras naturales o se está creando ese suministro de sangre para las células clásticas?

Murray et al. 2022 estableció los criterios de selección de casos para la endodoncia regenerativa entre los cuales esta ser un paciente entre 6 a 17 años, con ancho apical de 1,1 mm. Por su parte He et al., 2017 realizo endodoncia regenerativa en dientes maduros con diámetros apicales de hasta 0,30 mm, a 0,70 mm, teniendo éxito.

Además, otros de los criterios establecidos por Murray et al. 2022 están tener autorización médica para pacientes con cicatrización comprometida, consentimiento informado, que las lesiones, defectos, tracto sinusal e inflamación estén tratadas, diente inmaduro con paredes delgadas, diente sin factura corono raíz, conducto que se pueda desinfectar adecuadamente y el sangrado debe llenar el conducto; criterios que pueden extrapolarse cuando tenemos una reabsorción ya que tenemos gran pérdida de tejido; teniendo así paredes delgadas propensas a fracturas y si la lesión avanza puede comunicar el conducto radicular con el periodonto.

A pesar de que PRE son impredecibles Wikström et al. 2022, determino que la endodoncia regenerativa tiene un 40% de éxito, por lo que tiene un gran potencial para tratar avulsiones fracturas y reabsorciones.

Para medir el éxito se toman en cuenta la disposición en que es posible alcanzar los siguientes objetivos.

El objetivo principal es la eliminación de los síntomas y la evidencia de curación ósea, el objetivo secundario es aumentar el grosor/longitud de la pared radicular y el objetivo terciario es la respuesta positiva a las pruebas de vitalidad⁹¹

En este sentido Jamshidi D et al 2021 hacen referencia a que el éxito de los PER depende de la desinfección del sistema de conductos radiculares. Por lo tanto, se aplican varios irrigantes y medicamentos para la desinfección del

conducto radicular como lo estable los protocolos PRE actuales de la AAE, AEE y otros estudios donde se han recomendado el uso de pasta antibiótica triple (PTA), pasta doble antibiótica (PDA) e hidróxido de calcio como medicamentos intraradicular¹¹⁵

Do Couto et al., 2021 quienes afirman que la desinfección de los conductos radiculares se puede lograr de manera efectiva colocando HC, o una PTA de amplio espectro que contenga Ciprofloxacina, Metronidazol, Minociclina hasta una concentración de 0,1 mg/ml, colocada dentro del conducto radicular durante 1-4 semanas como la establece el protocolo de AAE; en concentraciones más altas puede producir citotoxicidad y genotoxicidad sobre las células de stem¹⁰⁴

No obstante, la minociclina presente en la PTA puede manchar el diente por lo que los clínicos la sustituyen por cefadroxilo o simplemente usan una pasta doble antibiótica.

Almutairi, W. et al. 2019, en su análisis sistemático de casos fallido concluyen que la infección persistente fue la causa principal en el 79% de los casos de PRE fallidos. Además, el 39% de los casos de PER fallidos se identificaron después de más de 2 años de seguimiento.¹¹⁶ lo que implica que los PRE deben estudiarse por mayor tiempo.

Todo lo anterior conlleva a afirmar que el éxito dependerá en gran medida en hacer una buena desinfección para eliminar los factores estimulantes y de

esta manera el suministro de sangre, forme una nueva red de vasos y capilares (angiogénesis) esencial para la triada de ingeniería tisular y así regenerar o reparar las barreras naturales.

Al estudiar los artículos revisados se observa que, no existe un estricto apego a los protocolos para los PER establecidos AAE y AEE, este protocolo establece realizar los procedimientos regenerativos en dos citas o más; sin embargo, el caso clínico llevado por Chaniotis, A. et al. 2015, informa resultados favorables del tratamiento clínico y radiográfico de un incisivo mandibular reimplantado inmaduro con reabsorción radicular externa inflamatoria grave después de un enfoque regenerativo de un solo paso, en una niña de 7 años; luego de un traumatismo, el examen radiográfico reveló una severa reabsorción radicular externa inflamatoria de grado 3. Utilizó una solución de NaOCl al 6 % administrada a través del sistema de irrigación de presión negativa EndoVac (Endo Vac, Axis/SybronEndo, Coppel, TX, EE. UU.). Se usó una solución de EDTA al 17 % durante 5 min seguido de un enjuague final con agua estéril, la solución de NaOCl al 6% es una concentración muy alta ya que el protocolo establece que no debe ser mayor a 3% además que el procedimiento se realizó en una cita cuando el protocolo establece colocación de medición intra conducto de 2 a 4 semanas.

Este mismo autor más tarde; Chaniotis, A. et al. 2017, reporta tres casos fallidos con el mismo protocolo e indica que el fracaso del tratamiento inicial en todos los casos informados, la posible causa de la falla se atribuye a los

microorganismos intraconducto que permanecieron en el espacio del conducto radicular después finalización de protocolos de desinfección de un solo paso, de allí la importancia de la eficacia de la desinfección como factor determinante en el resultado de los procedimientos de endodoncia regenerativa.

La inducción al sangrado en ocasiones puede ser difícil por lo que se ha propuesto el uso de plasma rico en plaquetas (PRP) y fibrina rica en plaquetas (PRF) como Priya et al. 2016 en su publicación de Regeneración pulpar y periodontal de un incisivo maduro permanente avulsionados usando plasma rico en plaquetas después de una reimplantación tardía: un estudio de caso clínico de 12 meses; donde uso de PRP como alternativa al coágulo de sangre ya que posee ventajas como: una mayor concentración de factores de crecimiento, se elimina los eritrocitos que eventualmente sufrirían necrosis después de la formación del coágulo, eliminando así la fuente de células necróticas (infección) en dentro del conducto y evitando la posibilidad de un resultado de revascularización desfavorable causado por la dificultad para inducir o el fracaso en inducir el sangrado del periápice ⁹⁵

Como lo avala Murray, P. et al. 2018 en un metanálisis de la eficiencia clínica, donde afirma que el uso de PRP acelera el proceso de revitalización y se puede usar en dientes maduros donde el potencial regenerativo es limitado ya que la capacidad regenerativa disminuye con la edad y madurez del paciente ^{98, 100}

Patel et al. 2022, en su publicación “El estado actual y direcciones futuras: reabsorción radicular”, refiere que actualmente el manejo de las reabsorciones es esencial evaluar el grado de destrucción del tejido duro a través de un CBCT como lo establece el protocolo de AEE, es decir, partiendo de un buen diagnóstico, se realiza el tratamiento endodóntico no quirúrgico o quirúrgico o combinación de ambas si la lesión es perforante,³⁰ a su vez menciona que se debe obturar con gutapercha termoplastificas para mejorar el sellado del defecto de la reabsorción interna irregular en estos conductos.

En casos de reabsorción interna de reemplazo, muy avanzados, pueden ser necesarias puntas ultrasónicas finas para fragmentar los depósitos metaplásicos similares a huesos para permitir que se establezca la permeabilidad del conducto radicular³⁰

Si el defecto de reabsorción ha perforado la pared del conducto radicular, se deben usar cementos de silicato hidráulico bioactivo como (MTA), Dentsply Sirona, Biodentine (Septodont) para reparar la perforación y luego obturar con gutapercha termoplastifica.

En cuanto a las direcciones futuras Patel et al. 2022 reconocen a los procedimientos de endodoncia regenerativa (PER) capaces de detener el proceso de reabsorción e inducir la formación de tejido duro, lo que conduce a la reducción del tamaño del defecto de reabsorción y, posteriormente, mejora la capacidad de restauración y la longevidad de los dientes afectados se han utilizado para tratar la reabsorciones internas perforante como los

estudios de casos presentados por Arnold, 2021 ; Kaval et al., 2018 ; Saoud et al., 2016, especialmente donde hay un gran defecto de reabsorción perforante.^{9, 58, 60}

Sin embargo, se requieren más estudios clínicos para investigar el mecanismo de curación exacto y permitir un protocolo de tratamiento más estandarizado para mejorar la reproducibilidad del resultado. Además, la decoloración de los dientes después de la REP también debe tenerse en cuenta, especialmente en los dientes anteriores, que son estéticamente exigentes. Ahora bien, existen mejoras en los cementos hidráulicos reemplazando el óxido de bismuto por zirconio u óxido de tantalio que reducen la tinción de la dentina³⁰ pero se requieren de más estudios para comprobar los beneficios de estos nuevos materiales.

En cuanto a el tratamiento de las reabsorciones externas inflamatorias (REI) tradicionalmente se realiza el tratamiento endodóntico no quirúrgico para eliminar el factor etiológico (la infección) y detener la reabsorción, en los casos tratables y extracción para los casos no salvables.

Cuando la REI está asociada a un traumatismo, es importante comenzar el tratamiento endodóntico no quirúrgico lo antes posible debido a la naturaleza de progreso potencialmente rápido de REI. En las lesiones por avulsión de dientes con ápices cerrados, el diente reimplantado debe recibir un tratamiento radicular de 7 a 10 días después de la reimplantación, incluso cuando no haya signos radiográficos de RIE debido a la pequeña posibilidad

de mantener la vitalidad de la pulpa y al alto riesgo de REI.⁶³ como lo establece la guía de la asociación internacional de traumatología dental

Otra opción de tratamiento alternativo para las reabsorciones externas inflamatorias (REI), en dientes traumatizados son los procedimientos regenerativos como los presentados por Tzanetakis, 2018; Yoshpe et al., 2020. donde se observa que la REI se detiene, ahora bien, hay evidencia limitada de datos a largo plazo sobre esta opción de tratamiento.

Se han sugerido protocolos mejorados para la desinfección del conducto radicular utilizando medicamentos entre citas como lo es el hidróxido de calcio la pasta de triple antibiótica y el uso de corticoesteroides como la pasta Ledermix para evitar el efecto resortivo.

Se recomienda el uso de cementos bioactivos de silicato de calcio, debido a su excelente biocompatibilidad ¹¹⁷, buena capacidad de sellado, el potencial para reparar y restaurar el ligamento/cemento periodontal.

Sin embargo, los endodoncistas deben seguir constantemente el rápido avance de la endodoncia regenerativa para elegir el tratamiento adecuado para los pacientes. La biología pulpar y la terapia clínica de endodoncia se están uniendo lentamente. La endodoncia regenerativa puede generar una nueva era en la endodoncia clínica como una opción de tratamiento alternativa al tratamiento de conducto radicular no quirúrgico.^{40 51}

Por otro lado, en algunos dientes, la endodoncia regenerativa puede no ser adecuada, por ejemplo, en dientes que requieren un poste para una restauración coronal adecuada. ⁵⁷

La terapia de endodoncia regenerativa está destinada a promover el proceso natural de curación de heridas del huésped para restaurar la vitalidad, inmunidad y sensibilidad del tejido en el espacio del conducto destruido por infección o trauma. Similar a la terapia tradicional del conducto radicular, Se ha demostrado que los procedimientos endodónticos regenerativos son una alternativa para el abordaje de las reabsorciones. ⁵¹

Finalmente, cuando en la práctica clínica se está indeciso sobre cual procedimiento realizar, Murray et al 2022 razonan que, si los dientes permanentes tienen paredes dentinarias gruesas para resistir la fractura, la endodoncia regenerativa no brinda al paciente adulto ningún beneficio potencial razonable.

Esto se debe al mayor riesgo de fracaso, complicaciones, brote doloroso o la posible necesidad de un retratamiento, debido a que la tasa de éxito de un procedimiento regenerativo es hasta de un 60% ¹⁰¹ mientras que para un tratamiento de conducto no quirúrgico convencional tasa de éxito es mayor a largo plazo de más del 86 % durante 10 años ¹⁰³ y el menor riesgo de complicaciones, como dolor recurrente, por lo tanto, el tratamiento de conducto no quirúrgico el más óptimo.

CONCLUSIONES:

- 1- Los PRE ofrecen una gran oportunidad para la curación de estas lesiones, manteniendo la estructura dental funcional y libre de signos y síntomas. Consiguiendo eliminar la necesidad de abordajes más complejos como la extracción o el reemplazo mediante implantes
- 2- Los procedimientos regenerativos endodónticos son reconocidos como la primera opción de tratamiento para dientes inmaduros con necrosis pulpar con base en la evidencia científica de muchos casos publicado
- 3- La etiología de las reabsorciones es variada pero el traumatismo es la principal causa y la evidencia científica reporta el tratamiento con procedimientos regenerativos en estos casos.
- 4- El futuro en endodoncia regenerativa es muy prometedor debido puede ser usado en el manejo de las reabsorciones internas y externas.
- 5- En la ingeniería tisular es indispensables los componentes de la triada y la angiogénesis para que ocurra la regeneración o reparación de tejidos para restaurar la anatomía y funciones las cuales se han detenido por un daño
- 6- La importancia de un examen clínico y radiográfico minucioso y sistemático es primordial para garantizar un manejo adecuado. El pronóstico de la reabsorción radicular depende de un diagnóstico preciso y temprano. Cada vez más, CBCT se utiliza para confirmar el diagnóstico y/o ayudar al manejo.

- 7- La endodoncia regenerativa aplicados a casos de dientes permanentes inmaduros necróticos y dientes con reabsorciones radiculares, ofrecen una alternativa de base biológica al tratamiento de endodoncia convencional.
- 8- La reabsorción radicular inflamatoria externa e interna de los dientes permanentes inmaduros causada por un traumatismo se trató con éxito con procedimientos de endodoncia regenerativa y dio como resultado la resolución de la periodontitis apical y la detención de la reabsorción radicular
- 9- El objetivo principal de la endodoncia regenerativa es eliminar los síntomas / signos clínicos y lograr la resolución de la periodontitis apical, por lo cual se puede emplear procedimientos de endodoncia regenerativa para tratar las reabsorciones. De manera similar a la terapia de conducto radicular no quirúrgica, si la infección del conducto radicular se puede controlar eficazmente, la terapia endodóntica regenerativa también podría realizarse con éxito para el diente permanente con periodontitis apical con la utilización de PRF y PRP.
- 10- Es necesario e imprescindible la desinfección del conducto radicular para crear un micro ambiente altamente desinfectado con el objetivo de formar tejido sano que reemplace el tejido inflamatorio
- 11- Se requiere de más estudios clínicos para alcanzar un mejor entendimiento del proceso regenerativo en Endodoncia y poder unificar los criterios para establecer de un protocolo respalda con evidencia científica.

RECOMENDACIONES

- 1- Los procedimientos de endodoncia regenerativa deben recomendarse como alternativa para el tratamiento de reabsorciones internas y externas.
- 2- Unificar los protocolos propuestos de PRE, para que sean clínicamente prácticos y aceptables para el paciente
- 3- Difundir las ventajas y desventajas de los PRE para el manejo de reabsorciones internas y externas
- 4- Ensayos clínicos en pacientes con reabsorciones radiculares tanto interna como externas para valorar y hacer más predecible este tratamiento
- 5- Se recomienda continuar ampliando las investigaciones en este campo para disponer del mejor nivel de evidencia con estudios clínicos aleatorizados
- 6- Reportar los casos fallidos del manejo de las RR para evaluar las posibles causas
- 7- Como resultado de la extensa revisión se recomienda el manejo de RR con PER sobre todo en pacientes jóvenes que no han completado su desarrollo y crecimiento a fin de evitar el colapso alveolar
- 8- Contar con todo el instrumental adecuado para llevar a cabo dicho procedimiento facilitando el protocolo al operador y obteniendo un tratamiento exitoso.
- 9- Se requiere de más estudios de casos para evaluar los nuevos cementos hidráulicos

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Lin LM, Huang GT, Sigurdsson A, Kahler B. Endodoncia regenerativa clínica basada en células versus sin células: aclaración de concepto y término. *Int Endod J.* 2021; 54 :887-901
2. Liu, Y., Gan, L., Cui, D. X., Yu, S. H., Pan, Y., Zheng, L. W., & Wan, M. Epigenetic regulation of dental pulp stem cells and its potential in regenerative endodontics. *World journal of stem cells*, 2021;13 (11): 1647-66.
3. Lim GS, Wey MC, Azami NH, Noor NSM, Lau MN, Haque N, Govindasamy V, Kasim NHA. From Endodontic Therapy to Regenerative Endodontics: New Wine in Old Bottles. *Curr Stem Cell Res Ther.* 2021; 16 (5): 577-88.
4. Iwaya, SI, Ikawa, M. & Kubota, M. Revascularización de un diente permanente inmaduro con periodontitis apical y tracto sinusal. *Traumatología Dental*, 2001 17, 185-87
5. Kim SG, Malek M, Sigurdsson A, Lin LM, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *Int Endod J.* 2018 Dic; 51 (12): 1367-88.
6. Guardado P, Castro S, Rocha L, et al. Reabsorción radicular en órganos dentales con antecedentes de traumatismo. *Rev Tame.* 2020; 8.9 (26): 1060-2.

7. Galler, KM, Akamp, T., Knüttel, H. & Widbiller, M. Un análisis crítico de los métodos de investigación clínica para estudiar la endodoncia regenerativa. *International Endodontic Journal*, 2022 55 (Suplemento 2) 456-70.
8. Ahmed GM, Abouauf EA, AbuBakr N, Fouad AM, Dörfer CE, Fawzy El-Sayed KM. Cell-Based Transplantation versus Cell Homing Approaches for Pulp-Dentin Complex Regeneration. *Stem Cells Int.* 2021 Sep 29; 2021
9. Saoud TMA, Ricucci D, Lin LM, Gaengler P. Regeneration and Repair in Endodontics-A Special Issue of the Regenerative Endodontics-A New Era in Clinical Endodontics. *Dent J (Basel)*. 2016 Feb 27;4 (1): 3
10. Santiago E, LaO N, Castellanos, I. y Marzo, R. Algunos fundamentos de la endodoncia regenerativa con células madre en el diente permanente inmaduro no vital. *MEDISAN*, 2021. 25 (2), 470-88.
11. Astudillo Ortiz E. Regeneración de la pulpa dental. Una revisión de la literatura. *ADM*. 2018; 75 (6): 350-7.
12. Asociación Estadounidense de Endodoncistas. Glosario de términos de endodoncia. 8ª ed. Asociación Estadounidense de Endodoncistas; Chicago, IL, EE.UU.: 2012.
13. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A. Evaluación del suministro de células madre mesenquimales en el espacio del canal de dientes necróticos inmaduros después de un procedimiento de endodoncia regenerativa clínica. *J. Endod.* 2011; 17: 133-38.

14. Galler KM, Buchalla W., Hiller K.-A., Federlin M., Eidt A., Schiefersteiner M., Schmalz G. Influencia de las desinfecciones del conducto radicular en la liberación del factor de crecimiento de la dentina. *J. Endod.* 2015; 41: 363-8.
15. Krasnodembskaya A., Song Y., Fang X., Gupta N., Serikov V., Lee JW, Matthay MA El efecto antibacteriano de las células madre mesenquimales humanas está mediado en parte por la secreción del péptido antimicrobiano LL-37. *Células madre.* 2010; 28: 2229-38
16. Mei SHJ, Haitzma JJ, Dos Santos CC, Deng Y., Lai PF, Slutsky AS, Liles WC, Stewart DJ Las células madre mesenquimales reducen la inflamación mientras mejoran la eliminación bacteriana y mejoran la supervivencia en la sepsis. *Soy. J. Repir. Crit. Care Med.* 2010; 182: 1047–1057
17. Bansal R, Jain A, Mittal S. Visión general actual de los desafíos en la endodoncia regenerativa. *J Conserv Dent.* 2015 ene-feb;18(1):1-6.
18. Silva LB, Guimaraes CS, Santos RA. Inmunología de la reabsorción radicular: una revisión de la literatura. *Indio J Dent Res* 2008; 19:340-3
19. Mayya A, Naik R, Paul MP, Amin S, Mayya SS. Conocimiento, actitud y percepción entre los endodoncistas hacia la endodoncia regenerativa: una encuesta transversal de cuatro universidades indias. *J Int Soc Prev Community Dent.* 30 de enero de 2021; 11 (1): 68-76.
20. Darcey, J., Qualtrough, A. Reabsorción: parte 1. Patología, clasificación y etiología. *Br Dent J* 2013 214, 439–451.

21. Darcey, J., & Qualtrough, A. Root Resorption: Simplifying Diagnosis and Improving Outcomes. *Prim Dent J.* 2016;5(2): 36-45.
22. Andreasen JO. External root resorption: its implications in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J.* 1985; 18:109–18
23. Patel B. Reabsorción de raíces. En: Patel B. (eds) Tratamiento, retratamiento y cirugía de endodoncia. Springer, Cham 2016; 6:389-413
24. Abbott, PV, Lin, S. Reabsorción dental Parte 2: Una clasificación clínica. *Traumatología Dental.* 2022; 38: 267 - 285
25. Sameshima, G Manejo clínico de la reabsorción radicular ortodóncica Springer Nature Suiza AG 2021 1:5-31
26. Aidos H, Diogo P, Santos JM. Clasificaciones de reabsorción radicular: una revisión narrativa y una propuesta de ayuda clínica para la evaluación de rutina. *Eur Endod J.* 2018; 3(3):134-145
27. Andreasen JO, Andreasen FM. Root resorption following traumatic dental injuries. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 (Suppl 1):95–114
28. Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod.* 2010;36(7):1107–21.
29. Kanas RJ, Kanas SJ. Reabsorción de la raíz dental: una revisión de la literatura y una nueva clasificación propuesta. *Compend Contin Educ Dent.* 2011; 32 (3):38–52.

30. Patel, S., Saberi, N., Pimental, T. & Teng, P.-H. Present status and future directions: Root resorption. *International Endodontic Journal*, 2022; 00, 1-30.
31. Patel, S., & Saberi, N. The ins and outs of root resorption. *BDJ*, 2018; 224(9), 691–699.
32. Sondejker, CFW, Lamberts, AA, Beckmann, SH, Kuitert, RB, van Westing, K., Persoon, S. et al. Desarrollo de una guía de práctica clínica para la reabsorción radicular apical externa inducida por ortodoncia. *Revista Europea de Ortodoncia*, 2020; 42, 115 – 124.
33. Souza BDM, Dutra KL, Kuntze MM, et al. Incidence of root resorption after the replantation of avulsed teeth: a meta-analysis. *J Endod.* 2018;44(8):1216–27.
34. Tronstad, L. Reabsorción de la raíz: etiología, terminología y manifestaciones clínicas. *Endodoncia y Traumatología Dental*, 1988; 4, 241 – 252
35. Durack, C. & Patel, S. Reabsorción radicular. En: Patel, S., Harvey, S., Shemesh, H. & Durack, C. (Eds.) *Tomografía computarizada de haz cónico en endodoncia*, 1ª edición. Berlín, Alemania: Quintessence Publishing Co., Ltd, 2016 119 – 131
36. Lauridsen, Blanche P, Yousaf N, Andreasen JO. El riesgo de complicaciones de curación en dientes primarios con luxación intrusiva: un estudio de cohorte retrospectivo. *Dent Traumatol.* 2017; 33: 329 – 36.

37. Malmgren B, Malmgren O, Andreasen JO. Desarrollo del hueso alveolar después de la decoronación de dientes anquilosados. *Temas de Endod.* 2006; 14: 35 – 40.
38. Abbott PV. Condiciones pulpares, del conducto radicular y perirradiculares. En: Ahmed H, Dummer PM, editores. *Avances en endodoncia y guías clínicas basadas en la evidencia.* Oxford: Wiley; 2022. pags. 83 – 114.
39. Heithersay GS. Características clínicas, radiológicas e histopatológicas de la reabsorción cervical invasiva. *Quintaesencia Int.* 1999; 30: 27 – 37
40. Iglesias-Linares A, Yañez-Vico RM, Ballesta S, et al. Interleukin 1 gene cluster SNPs (rs1800587, rs1143634) influences post-orthodontic root resorption in endodontic and their contralateral vital control teeth differently. *Int Endod J.* 2012b;45(11):1018–26.
41. Iglesias-Linares A, Yañez-Vico RM, Ballesta-Mударра S, Ortiz-Ariza E, Mendoza-Mendoza A, Perea-Pérez E, Moreno-Fernández AM, Solano-Reina E. Interleukin 1 receptor antagonist (IL1RN) genetic variations condition post-orthodontic external root resorption en endodontically-treated teeth. *Histol Histopathol.* 2013;28(6):767–73.
42. Alhadainy HA, Flores-mir C, et al. Orthodontic-induced external root resorption of endodontically treated teeth: a meta-analysis. *J Endod.* 2019;45(5):483–9.

43. Darcey, J., Qualtrough, A. Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *Br Dent J* 2013 214, 439–451
44. Sasaki T. Diferenciación y funciones de los osteoclastos y odontoclastos en la reabsorción tisular mineralizada. *Microsc Res Technol* 2003; 61: 483–495.
45. Nakamura I, Takahashi N, Jimi E, Udagawa N, Suda T. Regulación de la función de los osteoclastos. *Mod Rheumatol* 2012; 22: 167-177
46. Hofbauer LC, Khosla S, Dunstan CR, Lacey DL, Boyle WJ, Riggs BL. Las funciones de la osteoprotegrina y el ligando de osteoprotegrina en la regulación paracrina de la resorción ósea. *J Bone Miner Res* 2000; 15: 2-12
47. Jiang Y, Mehta CK, Hsu TY, Alsulaimani FF. Las bacterias inducen la osteoclastogénesis a través de una vía independiente de osteoblastos. *Infect Immun* 2002; 70: 3143–3148.
48. Galler, K.M., Grätz, EM., Widbiller, M. et al. Pathophysiological mechanisms of root resorption after dental trauma: a systematic scoping review. *BMC Oral Health* 21, 163 (2021).
49. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003 Aug;19(4):175-82.
50. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. Las aplicaciones potenciales de la tomografía computarizada de haz cónico en el manejo de problemas de endodoncia. *Int Endod J.* 2007; 40 (10):818–30.

51. Bhuva, B., Barnes, JJ & Patel, S. El uso de tomografía computarizada de haz de cono limitado en el diagnóstico y manejo de un caso de reabsorción radicular interna perforante. *Revista Internacional de Endodoncia*, 2011 44, 777 – 786
52. Galler KM, Buchalla W., Hiller K.-A., Federlin M., Eidt A., Schiefersteiner M., Schmalz G. Influencia de las desinfecciones del conducto radicular en la liberación del factor de crecimiento de la dentina. *J. Endod.* 2015; 41: 363–368.
53. Burleson, A., Nusstein, J., Reader, A. & Beck, M. La evaluación in vivo de la instrumentación manual/rotatoria/de ultrasonido en molares mandibulares humanos necróticos. *Revista de Endodoncia*, 2007 33, 782 – 787
54. Heithersay, GS Manejo de la reabsorción dental. *Revista dental australiana*, 2007 52, S105 – S121
55. Kim, SG, Malek, M, Sigurdsson, A, Lin, LM , Kahler, B. Endodoncia regenerativa: una revisión exhaustiva . *Revista Internacional de Endodoncia*, 2018 51, 1367 – 1388,
56. Main, C., Mirzayan, N., Shabahang, S. & Torabinejad, M. Reparación de perforaciones de raíces usando agregado de trióxido mineral: un estudio a largo plazo. *Revista de Endodoncia*, 2004 30, 80 – 83
57. Camilleri, J. Current Classification of Bioceramic Materials in Endodontics. *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*. Springer, Cham. 2021

58. Arnold M. Reparative Endodontic Treatment of a Perforating Internal Inflammatory Root Resorption: A Case Report. *J Endod.* 2021 Jan;47(1):146-155.
59. Kahler, B. & Rossi-Fedele, G. Una revisión de la decoloración de los dientes después de la terapia de endodoncia regenerativa. *Revista de Endodoncia*, 2016 42, 563 – 569.
60. Kaval, M, Güneri, P. & Çalışkan, MK Tratamiento endodóntico regenerativo de la reabsorción radicular interna perforada: informe de un caso. *Revista Internacional de Endodoncia*, 2018 51, 128 – 137.
61. Krastl, G., Weiger, R., Filippi, A., Van Waes, H., Ebeleseder, K., Ree, M. et al. European Society of Endodontology position statement: endodontic management of traumatized permanent teeth. *International Endodontic Journal*, 2021 54, 1473– 148
62. Saoud, TM, Mistry, S., Kahler, B., Sigurdsson, A. & Lin, LM Procedimientos endodónticos regenerativos para dientes traumatizados después de una fractura radicular horizontal, avulsión y resorción radicular perforante. *Revista de Endodoncia*, 2016 42, 1476 – 1482
63. Fouad, AF Abbott, PV, Tsilingaridis, G, et al. Guías de la Asociación Internacional de Traumatología Dental para el manejo de lesiones dentales traumáticas: 2. Avulsión de dientes permanentes. *Dent Traumatol.* 2020; 36: 331 - 342

64. Mohammadi, Z. and Dummer, PMH, Propiedades y aplicaciones del hidróxido de calcio en endodoncia y traumatología dental. Revista Internacional de Endodoncia, 2011 44: 697-730
65. Haapasalo, M. & Endal, U. Resorción radicular inflamatoria interna: la reabsorción desconocida del diente. Temas de endodoncia, 2006 14, 60 – 79
66. Ines Kallel, Nabiha Douki, Syrine Amaidi, Faten Ben love, " La incidencia de las complicaciones del trauma dental y los factores asociados: un estudio retrospectivo ", International Journal of Dentistry, 2020.8
67. Whitworth J. Complicaciones endodónticas después de un trauma. En: Bjorndal L, Kirkevang LL, Withworth J, eds. Manual de Endodoncia. Oxford: Wiley and Sons Ltd 2018
68. GS Manejo de la reabsorción dental. Revista Dental Australiana 2007 52, S105 – S121
69. Chaniotis A El uso de un enfoque regenerativo de un solo paso para el tratamiento de un incisivo central mandibular reimplantado con reabsorción severa. Revista Internacional de Endodoncia 2015 49, 802 – 12
70. Yoshpe M, Einy S , Ruparel N , Lin S , Kaufman AY Endodoncia regenerativa: una solución potencial para la reabsorción radicular externa (serie de casos) . Revista de Endodoncia 2019 46, 192 – 9

71. Bose R, Nummikoski P , Hargreaves K (2009) Una evaluación retrospectiva de los resultados radiográficos en dientes inmaduros con sistemas de conductos radiculares necróticos tratados con procedimientos de endodoncia regenerativa . Revista de Endodoncia 35, 1343 – 9
72. Meschi N, Hilkens P, Lambrichts I et al. Regenerative endodontic procedure of an infected immature permanent human tooth: an immunohistological study. Clinical Oral Investigations 2016 20, 807–14.
73. Bucchi C, Marce-Nogue J, Galler KM, Widbiller M (2019) Biomechanical performance of an immature maxillary central incisor after revitalization: a finite element analysis. International Endodontic Journal 52, 1508–18.
74. ESE (2016) European Society of Endodontology position statement: revitalization procedures. International Endodontic Journal 49, 717–23
75. Consideraciones clínicas de la Asociación Estadounidense de Endodoncistas AAE para un procedimiento regenerativo 2018
76. Almutairi W Yassen GH, Aminoshariae A, Williams KA, Mickel A Endodoncia regenerativa: un análisis sistemático de los casos fallidos . Revista de Endodoncia 2019 45, 567 – 77
77. Kahler B, Rossi-Fedele G, Chugal N, Lin LM Una revisión basada en evidencia de la eficacia de los enfoques de tratamiento para dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar. Revista de Endodoncia 43, 1052 – 7

78. Chaniotis A. Opciones de tratamiento para procedimientos endodónticos regenerativos fallidos: informe de 3 casos. *Revista de endodoncia* 2017 43, 1472 – 8
79. Kim SG, Malek M , Sigurdsson A , Lin LM , Kahler B Endodoncia regenerativa: una revisión exhaustiva . *Revista Internacional de Endodoncia* 2018 51, 1367 – 8.
80. Torabinejad M , Nosrat A , Verma P , Udochukwu O Tratamiento endodóntico regenerativo o tapón apical de agregado de trióxido mineral en dientes con pulpas necróticas y ápices abiertos: una revisión sistemática y metanálisis . *Revista de Endodoncia* 2017 43, 1806 – 20 .
81. Tong HJ, Rajan S , Bhujel N , Kang J , Duggal M , Nazzal H Terapia de endodoncia regenerativa en el manejo de dientes permanentes inmaduros no vitales: una revisión sistemática, evaluación de resultados y metanálisis . *Revista de Endodoncia* 2017 43, 1453 – 64
82. Mohammadi, Z. and Dummer, P.M.H., Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International Endodontic Journal*, 2011 44: 697-730
83. Estrela C, Holland R (2009) Calcium hydroxide. In: Estrela C, ed. *Endodontic science*. São Paulo: Editora Artes Medicas Ltda, pp. 744–821.

84. Sari S , Sonmez D Resorción interna tratada con agregado de trióxido mineral en un diente molar primario: seguimiento de 18 meses .
Revista de Endodoncia 2006 32, 69 – 71.
85. Silveira FF, Nunes E, Soares JA , Ferreira CL , Rotstein I Doble 'diente rosado' asociado con reabsorción radicular interna extensa después del tratamiento de ortodoncia: informe de un caso . Traumatología Dental 2009 25, 43 – 7
86. Huang GT-J, Lin LM Carta al editor: comentarios sobre el uso del término “revascularización”. Revista de Endodoncia 2008 34, 511.
87. Murray PE García-Godoy F, Hargreaves KM Endodoncia regenerativa: una revisión del estado actual y un llamado a la acción. Revista de Endodoncia 2007 33, 377 – 9
88. Nakashima M, Akamine A La aplicación de la ingeniería de tejidos a la regeneración de pulpa y dentina en endodoncia. Revista de Endodoncia 2005 31, 711 – 8
89. Santiago CN, Pinto SS, Sassone LM, Hirata R., Jr., Fidel SR Técnica de revascularización para el tratamiento de la reabsorción radicular inflamatoria externa: reporte de 3 casos. J. Endod. 2015; 41: 1560-1564.
90. Sonoyama W., Liu Y., Yamaza T., Wang S., Shi S., Huang GT-J. Caracterización de la papila apical y sus células madre residentes de dientes permanentes inmaduros humanos: un estudio piloto. J. Endod. 2008; 34: 166-171

91. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakakis GN Agrafioti A Terapia de endodoncia regenerativa: un análisis de datos de protocolos clínicos. *Revista de Endodoncia* 2015 41, 146 – 54.
92. Diogenes A Henry MA, Teixeira FB , Hargreaves KM Actualización sobre endodoncia regenerativa clínica . *Temas de endodoncia* 2013 28, 2 – 23.
93. Nowicka A, Miller-Burchacka M, Lichota D, Metlerska J, Gońda-Domin M. Tissue engineering application in regenerative endodontics. *Pomeranian Journal of Life Sciences*. 2021;67(2): 10-17
94. Chaniotis A. El uso de mezcla de MTA / sangre para inducir la cicatrización del tejido duro en un incisivo central maxilar fracturado de raíz. Reporte de caso y consideraciones de tratamiento. *En t. Endod. J.* 2014; 47: 989–999
95. Priya M H, Tambakad PB, Naidu J. Pulp and Periodontal Regeneration of an Avulsed Permanent Mature Incisor Using Platelet-rich Plasma after Delayed Replantation: A 12-month Clinical Case Study. *J Endod.* 2016 Jan;42(1):66-71.
96. Yoshpe M, Einy S, Ruparel N, Lin S, Kaufman AY Endodoncia regenerativa: una solución potencial para la reabsorción radicular externa (serie de casos). *Revista de Endodoncia* 2019 46, 192 – 9
97. Tzanetakakis GN Manejo del incisivo central maxilar inmaduro intruido con necrosis pulpar y reabsorción externa severa mediante enfoque regenerativo. *Revista de Endodoncia* 2018 44, 245 – 9

98. Murray, P.E. Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. *International Endodontic Journal*, 2022 00, 1– 12.
99. He, L., Kim, S, Gong, Q., Zhong, J. , Wang, S. , Zhou, X. et al Endodoncia regenerativa para pacientes adultos . *Revista de Endodoncia*, 2017 43, S57 – S64.
100. Murray, PE El plasma rico en plaquetas y la fibrina rica en plaquetas pueden inducir el cierre apical con más frecuencia que la revascularización con coágulos sanguíneos para la regeneración de dientes permanentes inmaduros: un metanálisis de eficacia clínica. *Fronteras en Bioingeniería y Biotecnología*, 11, 139
101. Wikström, A., Brundin, M., Romani Vestman, N., Rakhimova, O. & Tsilingaridis, G. Endodontic pulp revitalization in traumatized necrotic immature permanent incisors: Early failures and long-term outcomes—A longitudinal cohort study. *International Endodontic Journal*, 2022 55, 630– 645
102. Trope, M. Potencial regenerativo de la pulpa dental. *Odontopediatría* ,2008 30, 206 – 210,
103. Elemam, RF & Pretty, I. Comparación de la tasa de éxito del tratamiento de endodoncia y el tratamiento con implantes. *ISRN Odontología*, 2011,

104. Do Couto, AM, Espaladori, MC , Leite, APP , Martins, CC , de Aguiar, MCF & Abreu, LG Una revisión sistemática de la revascularización pulpar usando una pasta triple antibiótica . Odontopediatría 2021
105. Gune, NS y Katre, AN Percepción del odontólogo sobre el cumplimiento de los pacientes pediátricos con los protocolos de tratamiento de mioterapia orofacial: un estudio de métodos mixtos. Revista internacional de odontología clínica pediátrica 2021, 14, 222 – 228
106. Mohammadi, Z, Assadian, H. , Bolhari, B. , Sharifian, M. , Khoshkhounejad, M. & Chitsaz, N. Resultados impredecibles de un tratamiento de endodoncia regenerativa Reportes de Casos en Odontología, 2021, 2478310
107. Kandemir Demirci, G., Güneri, P. & Çalışkan, MK Terapia de endodoncia regenerativa con fibrina rica en plaquetas: serie de casos. Revista de odontología clínica pediátrica 2020, 44, 15 – 19
108. Arokiyasamy, JL et al. Comparación de la tasa de éxito del agregado de trióxido mineral, material de reparación radicular biocerámico endosecuencial e hidróxido de calcio para la apexificación de dientes permanentes inmaduros: revisión sistemática y metanálisis. Revista de Farmacia y Ciencias Bioaliadas, 2021 13 (Suplemento 1), S43 – S47

109. Levin, L., Day, PF, Hicks, L., O'Connell, A., Fouad, AF, Bourguignon, C. et al. (2020) Guías de la asociación internacional de traumatología dental para el manejo de lesiones dentales traumáticas: introducción general. *Traumatología Dental*, 36, 309 – 313.
110. Hammel, JM & Fischel, J. Urgencias dentales. *Clínicas de Medicina de Emergencia de América del Norte* 2019, 37, 81 – 93.
111. Nygaard-Ostby B El papel de la sangre en la terapia endodóntica. Un estudio histológico experimental. *Acta Odontologica Escandinavia* 1961 19 324-53.
112. Nygaard-Ostby B, Hjortdal O (1971) Formación de tejido en el conducto radicular después de la eliminación de la pulpa. *Revista escandinava de investigación dental* 79, 333 – 49
113. Banchs F, Trope M Revascularización de dientes permanentes inmaduros con periodontitis apical: ¿nuevo protocolo de tratamiento? *Revista de Endodoncia* 2004 30, 196 – 200
114. Lu J, Liu H, Lu Z, Kahler B, Lin LM. Regenerative Endodontic Procedures for Traumatized Immature Permanent Teeth with Severe External Root Resorption and Root Perforation. *J Endod.* 2020 Nov;46(11):1610-1615.
115. Jamshidi D, Ansari M, Gheibi N. Cytotoxicity and Genotoxicity of Calcium Hydroxide and Two Antibiotic Pastes on Human Stem Cells of The Apical Papilla. *Eur Endod J.* 2021 Dec;6(3):303-308

116. Almutairi, W., Yassen, G. H., Aminoshariae, A., Williams, K. A., & Mickel, A. Regenerative Endodontics: A Systematic Analysis of the Failed Cases. *Journal of Endodontics* 2019
117. Camilleri, J., Montesin, FE, Di Silvio, L. & Pitt Ford, TR La constitución química y biocompatibilidad del cemento Portland acelerado para uso endodóntico. *Revista Internacional de Endodoncia*, 2005 38, 834 – 842.