

Procedimiento endodóntico regenerativo en dientes necróticos con ápice maduro: Mini-revisión de literatura

Claudia Carbajal-Pimentel, ¹ Martin Vargas-Acevedo ²

¹Departamento de Endodoncia, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú

RESUMEN

El procedimiento endodóntico regenerativo (PER) es una técnica con bases biológicas que se realiza comúnmente en dientes necróticos con ápice inmaduro. En este procedimiento se desbrida los tejidos necróticos del conducto radicular, desinfecta el conducto radicular y se obtura biológicamente mediante el sangrado dentro del conducto para lograr la regeneración del tejido pulpar. En la actualidad ha surgido la alternativa de realizar el PER en dientes con ápice maduro como un tratamiento alternativo al tratamiento de conductos convencional. En la presente revisión de literatura se describen los mecanismos biológicos del PER, las técnicas de instrumentación, desinfección con irrigantes, aplicación de la medicación intraconducto, la inducción al sangrado y aplicación de biocerámicos tanto en dientes con ápice inmaduro como maduro. En conclusión, el PER en dientes con ápice maduro ha mostrado buenos resultados, sin embargo, aún se necesita más investigación.

Palabras clave: ápice del diente, endodoncia, endodoncia regenerativa.

ABSTRACT

Regenerative endodontic procedure (PER) is a biological based technique commonly performed on necrotic teeth with an immature apex. This procedure involves debridement of necrotic tissue from the root canal, disinfecting the root canal, and biological obturation of the root canal by bleeding to achieve pulp regeneration. Currently, PER has emerged as an alternative to conventional root canal treatment in teeth with a mature apex. This literature review describes the biological mechanisms of PER, instrumentation techniques, disinfection with irrigants, application of intracanal medication, bleeding induction, and application of bioceramics in both immature and mature apex teeth. In conclusion, PER has shown good results in teeth with a mature apex; however, further research is still needed.

Keywords: regenerative endodontics, endodontics, tooth apex.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conductos implica la preparación químico-mecánica del sistema de conductos radiculares para eliminar productos orgánicos, inorgánicos y bacterianos, seguido del sellado hermético de los conductos con un material biocompatible (1,2).

En ausencia de pulpa vital, el diente pierde la capacidad de defensa y es cada vez más vulnerable a fuerzas externas, o susceptible a fracturas o reinfecciones (3). Actualmente, una alternativa terapéutica propuesta para el tratamiento de dientes maduros con necrosis pulpar es el procedimiento endodóntico regenerativo (PER), el cual es una técnica con bases biológicas que incorpora la ingeniería tisular para reemplazar estructuras dañadas como la dentina y células del complejo dentino-pulpar mediante la diferenciación y proliferación de células mesenquimales residuales, que promueven el desarrollo radicular restaurando la salud perirradicular. (4-6)

Originalmente, el PER se realiza en dientes con ápice inmaduro con necrosis pulpar con o sin lesión periapical (7). Sin embargo, en la actualidad el PER se está aplicando en dientes con ápice maduro, ya que se espera que el sistema inmunológico innato dentro del conducto radicular pueda reducir la reinfección de este (8).

Los PERs son una opción de tratamiento para dientes inmaduros necróticos con desarrollo radicular incompleto en pacientes menores a 17 años (9). Por otro

***Correspondencia:** Claudia Carbajal-Pimentel
Calle Amauta 247, Chorrillos, Lima 15067, Perú
E-mail: E202310588@upc.edu.pe
Teléfono: (01) 6344688

ORCID

Claudia Carbajal-Pimentel <https://orcid.org/0000-0002-8753-750X>
Martin Vargas-Acevedo <https://orcid.org/0000-0002-2990-1000>

lado, para dientes con ápice maduro con pulpa necrótica tratados con PER, el rango de edad no se encuentra establecido, una revisión sistemática y metaanálisis mostró tratamientos exitosos en pacientes entre 9 a 80 años (3). Sin embargo, Arslan et al. (8) concluyeron que la edad no tiene un efecto significativo en el tamaño de reparación de la lesión periapical.

Existe evidencia de moderada calidad que los PER son una opción de tratamiento viable para el manejo de dientes maduros con necrosis pulpar y periodontitis apical (3). Una revisión sistemática mostró que el PER es exitoso en el tratamiento de dientes con ápice maduro con pulpa necrótica, y por tal motivo, se sugirió como una alternativa terapéutica al tratamiento de conductos convencional (3). Dentro de los factores clave para el éxito se requiere de la desinfección completa con irrigantes, la aplicación de medicamentos intraconducto, una matriz en la que pueda formarse nuevo tejido y un sellado coronal eficaz (3,10).

Así, la presente revisión de literatura busca describir los aspectos más resaltantes del PER como una alternativa de tratamiento para dientes con ápices maduros necróticos con y sin lesiones periapicales.

MECANISMOS BIOLÓGICOS DEL PROCEDIMIENTO ENDODÓNTICO REGENERATIVO

El PER tiene como objetivo desbridar los tejidos necróticos e infectados del conducto radicular, desinfectar el conducto radicular e instrumentar los tejidos periapicales a través del foramen apical para provocar el sangrado dentro del conducto y lograr la regeneración del tejido pulpar (3,7).

El PER está basado en tres pilares interdependientes: las células madre, los biomateriales y los factores de crecimiento (11). El primer pilar del PER corresponde a las células madre de la papila apical (12), que junto con las células de Malassez son necesarias para una verdadera regeneración (13). Se ha demostrado que incluso en dientes con formación radicular completa, el sangrado dentro del conducto da lugar a una afluencia de células madre mesenquimales, que se encuentran en menor porcentaje alrededor de los vasos sanguíneos en la zona perirradicular (14). Asimismo, las células madre de la pulpa inflamada conservan su potencial regenerativo, capaces de diferenciarse en diferentes tipos celulares (13).

El segundo pilar para el PER corresponde a las matrices (*scaffolds*), las cuales son un soporte para las células madre, favoreciendo la retención, proliferación, migración y organización de las células necesaria para la reposición estructural y funcional del tejido (3,12). La matriz natural más utilizada es el coágulo sanguíneo, que actúa como proveedor de células madre y factores de crecimiento de la papila apical, además es

esencial para la formación de tejido conectivo fibroso dentro del conducto radicular vacío (3,12,15).

Existen otros derivados sanguíneos autólogos como el plasma rico en plaquetas o el plasma rico en fibrina que inducen la regeneración tisular, ya que contienen factores de crecimiento que estimulan la producción de colágeno y atraen otras células, inducen agentes antiinflamatorios y la diferenciación celular, inician el crecimiento vascular, resultando ventajoso en casos de insuficiente sangrado de los tejidos periapicales (3,12).

El tercer pilar para el PER corresponde a los factores de crecimiento, que regulan el proceso de neoformación de tejido mineralizado. La dentina es un extenso reservorio de factores de crecimiento, especialmente del factor de crecimiento transformante beta-1, que es una molécula clave en el reclutamiento y movilización de las células para una mayor producción de dentina mineralizada (16).

La ingeniería tisular del PER se ha basado en dos abordajes: el primero, basado en células madre, que se define como la colocación de células usualmente cultivadas exógenamente en el conducto radicular del huésped para promover la regeneración tisular. El segundo abordaje es denominado libre de células, el cual depende de células endógenas, es decir, del propio paciente, para promover la regeneración (12). No se ha demostrado aún que el abordaje libre de células regenera la pulpa o la dentina; sin embargo, se ha demostrado el crecimiento de tejidos similares al cemento, hueso y ligamento periodontal (12).

PROCEDIMIENTO

Los protocolos utilizados para el PER en dientes necróticos con ápice maduro son similares a los utilizados en dientes inmaduros.

El PER está indicado en pacientes colaboradores, sin alergias medicamentosas, sin enfermedades sistémicas. No es aplicable en casos de dientes reimplantados inmediatamente después de una avulsión, casos con aislamiento inadecuado, dientes que requieran de restauración con poste o dientes con lesiones endoperiodontales (5,6).

El protocolo sugerido para la realización del PER está basado en las recomendaciones de la Sociedad Europea de Endodología (ESE) y la Sociedad Americana de Endodoncistas (AAE), siendo en secuencia:

Primera sesión

Instrumentación

En dientes inmaduros, el PER se realiza bajo anestesia local y aislamiento absoluto, para la remoción del tejido

necrótico se utilizan limas endodónticas de mayor calibre como la lima K 25, evitando la instrumentación mecánica de las paredes del conducto (6).

Por otro lado, para dientes maduros es necesario la instrumentación completa del conducto. Se ha demostrado que una instrumentación mínima de 0.32 mm de diámetro, equivalente a una lima K 30-35, es suficiente para la invaginación de tejido nuevo y la revascularización en el conducto (17). Sin embargo, un estudio recomienda la instrumentación hasta una lima K 40 para tener un menor número de células inflamatorias y una mayor formación de tejido nuevo dentro del conducto radicular (2).

En el 2024 un reporte de dos casos de PER en dientes maduros con necrosis pulpar y periodontitis apical, sugirió la instrumentación hasta una lima K 60 con resultados exitosos con control a cinco años (18). Coincidiendo con los resultados de Fang et al. (19) que mostraron 95.6% de éxito con un diámetro apical entre 0.5-1.0 mm. Finalmente, El-Kateb et al. (20) mencionan que el diámetro apical no influye en el éxito del tratamiento, siendo suficientes preparaciones apicales de 0.3 o 0.5 mm.

Desinfección con irrigantes

En la misma primera sesión, se irriga con 20 ml de hipoclorito de sodio al 1.5 a 3 % además de irrigar con 20 ml de EDTA al 17%, utilizando una aguja con salida lateral, colocada a 1 mm de la longitud de trabajo, la cual minimiza la posibilidad de extrusión de irrigantes en el espacio periapical (21).

Aplicación de medicamento intraconducto

La ESE sugiere utilizar medicación intraconducto con hidróxido de calcio un periodo de 2 a 4 semanas, debido a que no produce decoloración de la corona dental, no genera resistencia a los antibióticos y posee menor citotoxicidad que las pastas triples antibióticas (5).

La AAE sugiere utilizar pastas triples antibióticas (ciprofloxacino, metronidazol y minociclina) como medicación intraconducto entre 1 a 4 semanas (6). Sin embargo, para evitar la decoloración por tetraciclinas, se puede modificar por una pasta antibiótica doble (ciprofloxacino y metronidazol) o reemplazar la tetraciclina por lincosamida o cefalosporina (6,13). Un metaanálisis mostró que las pastas antibióticas estimulan un mayor engrosamiento de las paredes dentinarias, mientras que el hidróxido de calcio estimula el cierre apical; sin embargo, ambas brindan excelentes resultados en cuanto a la reparación apical y el alargamiento radicular (22).

Un estudio recomendó el uso de la pasta triple antibiótica o antibiótica doble en lugar de hidróxido

de calcio en dientes con ápice maduro, ya que tiene un efecto antibacteriano que reduce significativamente la población bacteriana (23). Sin embargo, se ha reportado que no existen diferencias en el éxito del PER, utilizando hidróxido de calcio o pasta triple antibiótica como medicación intraconducto en dientes necróticos con periodontitis periapical (24).

Segunda sesión

Irrigación

En la segunda cita, la irrigación cumple un rol importante, ya que dará lugar a la liberación de los factores de crecimiento, mediante la irrigación con 20 ml de EDTA al 17%, debido a su acción desmineralizante y solubilizante sobre los tejidos dentales duros, se liberan factores de crecimiento transformante beta-1 atrapadas en la dentina (16). La activación ultrasónica de EDTA aumenta la liberación de factores de crecimiento de la dentina y su efecto posterior sobre la migración de células madre de la pulpa dental (25).

Inducción del sangrado en el conducto

Después de la irrigación, se debe inducir al sangrado mediante la sobre instrumentación 2 mm más allá del foramen apical con una lima tipo K precurvada apicalmente. El objetivo es que el conducto se llene de sangre hasta la unión amelocementaria, y luego se espere 15 minutos a que se forme un coágulo (21), lo cual se puede evidenciar clínicamente a través de la ausencia del sangrado. Opcionalmente, la ESE sugiere colocar una matriz de colágeno, Collaplug o Hemocolágeno con un grosor de 2-3 mm, encima del coágulo de sangre (5).

Aplicación de cemento biocerámico

Posterior a la matriz, se debe colocar una capa homogénea de 2 mm de cemento biocerámico debajo de la unión amelocementaria (5). Este está en contacto directo con la matriz (*scaffold*), por lo que debe ser antimicrobiano, bioactivo, biocompatible y no citotóxico (26).

En la actualidad existen nuevos cementos biocerámicos excelentes para el sellado coronal en el PER como el Agregado de trióxido de mineral (MTA), Biodentine, BioAggregate y BC Putty (6,27). El MTA, es el que presenta mayor nivel de evidencia para este tratamiento, debido a su excelente tasa de supervivencia general, sin embargo, este se ha asociado con la decoloración coronal (21).

Sellado coronal

El acceso coronal, debe ser sellado herméticamente con un cemento de ionómero de vidrio y restaurado definitivamente con resina compuesta (9).

PRONÓSTICO

El objetivo principal de cualquier terapia endodóntica es la resolución de la infección, signos y síntomas de inflamación que conducen a la periodontitis apical y restaurar la función (28).

La ESE considera los siguientes criterios para el éxito del PER: la ausencia de signos y síntomas de inflamación, cicatrización de la lesión periapical, aumento del grosor y longitud radicular, ausencia de reabsorción radicular externa, respuesta positiva a las pruebas de sensibilidad pulpar, aceptación del paciente, ausencia de cambios de color (5).

Diogenes et al. (28) desde otro punto de vista, plantearon el éxito del PER en tres objetivos: los del paciente, clínicos y científicos. Los objetivos del paciente que se refieren a la resolución de la enfermedad considerando la ausencia de inflamación, drenaje y dolor, estética del diente, supervivencia y función del diente. El segundo objetivo clínico, se refiere a los objetivos del operador, evaluando la reparación radiográfica, el desarrollo radicular radiográfico y la respuesta de vitalidad positiva. El tercer objetivo, se refiere a la evidencia histológica de completa regeneración.

El éxito del PER en dientes con ápice maduro, se limita a la ausencia de síntomas y la reducción o resolución de la radiolucidez periapical, además de evaluar la respuesta clínica positiva mediante pruebas de sensibilidad y vitalidad (3). Sin embargo, el PER en ápices maduros es considerado un tratamiento controversial ya que aún no hay mucha literatura disponible. Considerando como posibles complicaciones: fractura de la región cervical, la ausencia de un protocolo que establezca el diámetro apical apropiado para lograr una óptima revascularización pulpar, no garantizar la recuperación de la sensibilidad en el nuevo tejido conectivo (19,29).

A pesar de las complicaciones, revisiones sistemáticas muestran que el PER tiene resultados favorables en comparación con los procedimientos de endodoncia convencionales en dientes con ápice maduro necróticos, señalando altas tasas de éxito, así como la reparación de las lesiones periapicales y respuestas positivas a las pruebas de sensibilidad (3,24).

Investigaciones clínicas han reportado tasas de éxito del 70% al 100% para el PER en dientes con ápice inmaduro, mostrando lesiones periapicales reparadas, maduración radicular continua y respuestas positivas a las pruebas de sensibilidad dental (9). Mientras que la tasa de éxito de PER en dientes permanentes maduros necróticos es del 95.5% con una tasa del 57% de respuesta positiva a la prueba de sensibilidad al frío (3).

Estudios sobre la actividad pulpar sugieren que la circulación sanguínea determina la actividad pulpar, en lugar de la formación de un sistema nervioso dentro del conducto (30). Esta afirmación es coherente con el informe histológico posterior al PER de que no se detectó ningún haz de nervios en el tejido conectivo fibroso formado en el conducto radicular (31).

El PER en dientes con ápice maduro permite una obturación biológica que estimula la reparación, adquiriendo mecanismos de defensa inmune para resistir la reinfección (31). Se ha demostrado crecimiento de tejido vital, compuesto por una combinación de tejido conectivo fibroso y óseo, junto con algunas estructuras vasculares dentro del sistema de conductos (29).

CONCLUSIÓN

El procedimiento endodóntico regenerativo en dientes con ápice maduro representa una alternativa al tratamiento de conductos convencional en dientes necróticos. Su aplicación ha mostrado buenos resultados, sin embargo, aún se necesita más investigación.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zoltowska A, Machut K, Pawlowska E, Derwich M. Plasma rich in growth factors in the treatment of endodontic periapical lesions in adult patients: A narrative review. *Pharmaceuticals*. 2021;14(10):1041.
2. Abada HM, Hashem AAR, Abu-Seida AM, Nagy MM. The effect of changing apical foramen diameter on regenerative potential of mature teeth with necrotic pulp and apical periodontitis. *Clin Oral Investig*. 2022;26(2):1843-53.
3. Scelza P, Gonçalves F, Caldas I, Nunes F, Lourenço ES, Tavares S, et al. Prognosis of regenerative endodontic procedures in mature teeth: A systematic review and meta-analysis of clinical and radiographic parameters. *Materials*. 2021;14(16):4418.
4. Rahul M, Lokade A, Tewari N, Mathur V, Agarwal D, Goel S, et al. Effect of intracanal scaffolds on the success outcomes of regenerative endodontic therapy - A systematic review and network meta-analysis. *J Endod*. 2023;49(2):110-28.
5. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, et al. European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *Int Endod J*. 2016;49(8):717-23.
6. Wei X, Yang M, Yue L, Huang D, Zhou X, Wang X, et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. *Int J Oral Sci*. 2022;14(1):55.
7. Murray PE. Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. *Int Endod J*. 2023;56(S2):188-99.
8. Arslan H, Ahmed HMA, Şahin Y, Doğanay Yıldız E, Gündoğdu EC, Güven Y, et al. Regenerative endodontic procedures in necrotic mature teeth with periapical

- radiolucencias: A preliminary randomized clinical study. *J Endod.* 2019;45(7):863-72.
9. Theekakul C, Banomyong D, Osiri S, Sutam N, Ongchavalit L, Jantararat J. Mahidol study 2: Treatment outcomes and prognostic factors of regenerative endodontic procedures in immature permanent teeth. *J Endod.* 2024;1-10.
 10. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: New treatment protocol? *J Endod.* 2004;30(4):196-200.
 11. Brizuela C, Meza G, Urrejola D, Quezada MA, Concha G, Ramírez V, et al. Cell-Based regenerative endodontics for treatment of periapical lesions: A randomized, controlled phase I/II clinical trial. *J Dent Res.* 2020;99(5):523-9.
 12. Brizuela C, Huang GTJ, Diogenes A, Botero T, Khoury M. The four pillars for successful regenerative therapy in endodontics: Stem cells, biomaterials, growth factors, and their synergistic interactions. *Stem Cells Int.* 2022;1580842.
 13. Galler KM. Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations. *Int Endod J.* 2016;49(10):926-36.
 14. Chrepa V, Henry MA, Daniel BJ, Diogenes A. Delivery of apical mesenchymal stem cells into root canals of mature teeth. *J Dent Res.* 2015;94(12):1653-9.
 15. Ostby BN. The role of the blood clot in endodontic therapy. An experimental histologic study. *Acta Odontol Scand.* 1961;19:324-53.
 16. Tavares S, Pintor A, de Almeida Barros Mourão CF, Magno M, Montemezzi P, Sacco R, et al. Effect of different root canal irrigant solutions on the release of dentin-growth factors: A systematic review and meta-analysis. *Materials.* 2021;14(19):5829.
 17. Mittal N, Baranwal HC, Kumar P, Gupta S. Assessment of pulp sensibility in the mature necrotic teeth using regenerative endodontic therapy with various scaffolds - Randomised clinical trial. *Indian Journal of Dental Research.* 2021;32(2):216-20.
 18. Brizuela C, Meza G, Khoury M. Revolutionizing Endodontics: innovative approaches for treating mature teeth with closed apices and apical lesions: A report of two cases. *J Endod.* 2024;50(5):596-601.
 19. Fang Y, Wang X, Zhu J, Su C, Yang Y, Meng L. Influence of apical diameter on the outcome of regenerative endodontic treatment in teeth with pulp necrosis: A review. *J Endod.* 2018;44(3):414-31.
 20. El-Kateb NM, El-Backly RN, Amin WM, Abdalla AM. Quantitative assessment of intracanal regenerated tissues after regenerative endodontic procedures in mature teeth using magnetic resonance imaging: A randomized controlled clinical trial. *J Endod.* 2020;46(5):563-74.
 21. AAE. AAE clinical considerations for a regenerative procedure. 2022;9:356-63.
 22. Báez V, Corcos L, Morgillo F, Imperatrice L, Gualtieri AF. "Meta-analysis of regenerative endodontics outcomes with antibiotics pastes and calcium hydroxide. The apex of the iceberg." *J Oral Biol Craniofac Res.* 2022;12(1):90-8.
 23. Ahmed YE, Ahmed GM, Ghoneim AG. Evaluation of postoperative pain and healing following regenerative endodontics using platelet-rich plasma versus conventional endodontic treatment in necrotic mature mandibular molars with chronic periapical periodontitis. A randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2023;56(4):404-18.
 24. Glynis A, Foschi F, Kefalou I, Koletsi D, Tzanetakis GN. Regenerative endodontic procedures for the treatment of necrotic mature teeth with apical periodontitis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Endod.* 2021;47(6):873-82.
 25. Aksel H, Albanyan H, Bosaid F, Azim AA. Dentin conditioning protocol for regenerative endodontic procedures. *J Endod.* 2020;46(8):1099-104.
 26. Dong X, Xu X. Bioceramics in endodontics: Updates and future perspectives. *Bioengineering.* 2023;10(3):2-30.
 27. Wongwatanasanti N, Jantararat J, Sritanaudomchai H, Hargreaves KM. Effect of bioceramic materials on proliferation and odontoblast differentiation of human stem cells from the apical papilla. *J Endod.* 2018;44(8):1270-5.
 28. Diogenes A, Ruparel NB, Shiloah Y, Hargreaves KM. Regenerative endodontics A way forward. *J Am Dent Assoc.* 2016;147(5):372-80.
 29. Arslan H, Şahin Y, Topçuoğlu HS, Gündoğdu B. Histologic evaluation of regenerated tissues in the pulp spaces of teeth with mature roots at the time of the regenerative endodontic procedures. *J Endod.* 2019;45(11):1384-9.
 30. Bhaskar SN, Rappaport HM. Dental vitality tests and pulp status. *J Am Dent Assoc.* 1973;86(2):409-11.
 31. Li J, Zheng L, Daraqel B, Liu J, Hu Y. Treatment outcome of regenerative endodontic procedures for necrotic immature and mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis based on randomised controlled trials. *Oral Health Prev Dent.* 2023;21(1):141-52.

CITAR ESTE ARTÍCULO COMO: Carbajal-Pimentel C, Vargas-Acevedo M. Procedimiento endodóntico regenerativo en dientes necróticos con ápice maduro: Mini revisión de literatura. *Rev Endod Per.* 2025; 2 (1): 26-30. doi: 10.67257/97.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES:

Supervisión: Vargas-Acevedo M. Escritura del borrador: Vargas-Acevedo M, Carbajal-Pimentel Claudia. Escritura, revisión y edición del manuscrito final: Vargas-Acevedo M, Carbajal-Pimentel Claudia.

FINANCIAMIENTO: El presente trabajo fue autofinanciado.

FECHA DE RECEPCIÓN: 18 abril 2025

FECHA DE ACEPTACIÓN: 11 junio 2025



© Los autores 2025. Este artículo de acceso abierto se ha distribuido bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).