



Facultad de Ciencias de la Salud

**Tema:**

**Diagnóstico, factores predisponentes y prevención de la fractura vertical  
radicular: revisión de literatura.**

**Trabajo de titulación para la obtención del Título de Odontólogo**

**Presentado por:**

Carla Belén Diguay Torres

**Tutor:**

Dra. Ana Armas

**Quito, febrero de 2026**

## Resumen

Introducción: La fractura vertical radicular representa una complicación de difícil diagnóstico en odontología, su origen multifactorial y la similitud de sus manifestaciones con otras patologías endodónticas y periodontales la convierten en un reto clínico constante, la identificación temprana mediante métodos clínicos y radiográficos resulta esencial para prevenir la pérdida dentaria y garantizar la funcionalidad del diente afectado. Objetivo: Analizar el diagnóstico, los factores predisponentes y las estrategias de prevención de la fractura vertical radicular, con base en la evidencia científica publicada entre los años 2020 y 2025 en la base de datos PubMed. Materiales y método: Se realizó una revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA, utilizando palabras clave en español e inglés: “fractura radicular”, “diagnóstico dental” y “prevención endodóntica”, se aplicaron operadores booleanos para combinar términos relacionados y se seleccionaron 20 artículos en texto completo que cumplieron los criterios de inclusión, descartándose estudios duplicados o fuera del ámbito clínico. Resultados: Los hallazgos indican que los principales factores predisponentes incluyen la pérdida de estructura dentinaria, la aplicación de fuerzas oclusales excesivas y la instrumentación invasiva, la tomografía de haz cónico fue identificada como el método más preciso para el diagnóstico, mientras que las técnicas adhesivas, los materiales restauradores elásticos y el control oclusal demostraron ser eficaces en la prevención. Conclusión: La comprensión de los mecanismos biomecánicos, diagnósticos y preventivos asociados a la fractura vertical radicular permite al odontólogo aplicar estrategias conservadoras, mejorar la detección temprana y reducir el riesgo de fractura, favoreciendo la preservación funcional del diente tratado.

**Palabras clave:** *fractura radicular, diagnóstico dental, prevención endodóntica.*

### **Declaración de aceptación de norma ética y derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Carla Belén Diguay Torres

C.I. 172785479-4

## **Dedicatoria**

A mis padres en especial, a mi madre, por ser mi fuerza inquebrantable. Gracias por nunca dejarme sola, por cada palabra de aliento y por enseñarme que incluso en los días más difíciles siempre existe un motivo para seguir. Este logro es tan tuyo como mío.

A mi enamorado, Jahir, quien estuvo conmigo en cada madrugada de estudio, en cada desvelo y en cada momento de cansancio. Gracias por tu compañía, tu paciencia infinita y por animarme cuando más lo necesitaba. También por ayudarme a conseguir pacientes y acompañarme en cada paso de esta carrera que tanto amo.

A mi abuelito, que desde el cielo ha sido mi guía y mi luz. Siento tu presencia en cada logro, abuelito, y llevo contigo este triunfo que sé que te hubiera hecho sonreír, a mi abuelita, por su cariño, su apoyo incondicional y por hacerme sentir acompañada siempre. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba y no menos importante mi mejor amiga, Delanny Páez, con quien inicié esta hermosa carrera y con quien hoy la estoy terminando. Gracias por tu amistad, tu apoyo constante y por compartir conmigo cada paso de este camino lleno de retos y aprendizajes como a todos los amigos que encontré durante estos años,

A todos ustedes, que han sido mi sostén, mi inspiración y mi mayor regalo, les dedico con el corazón esta tesis.

## Índice

Resumen .....	2
Declaración de aceptación de norma ética y derechos .....	3
Dedicatoria.....	4
Índice .....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos .....	9
Resultados.....	10
Factores biomecánicos y estructurales predisponentes .....	10
Influencia de los tratamientos endodónticos y restauradores .....	11
Manifestaciones clínicas y hallazgos radiológicos característicos .....	12
Estrategias preventivas en la práctica odontológica .....	12
Importancia del control oclusal y la preservación estructural .....	13
Conclusión.....	16
Referencias .....	17

## **Diagnóstico, factores predisponentes y prevención de la fractura vertical radicular : revisión de literatura.**

Carla Belén Diguay Torres

[cmdiguayt@estudiantes.uhemisferios.edu.ec](mailto:cmdiguayt@estudiantes.uhemisferios.edu.ec)

### **Resumen**

**Introducción:** La fractura vertical radicular representa una complicación de difícil diagnóstico en odontología, su origen multifactorial y la similitud de sus manifestaciones con otras patologías endodónticas y periodontales la convierten en un reto clínico constante, la identificación temprana mediante métodos clínicos y radiográficos resulta esencial para prevenir la pérdida dentaria y garantizar la funcionalidad del diente afectado. **Objetivo:** Analizar el diagnóstico, los factores predisponentes y las estrategias de prevención de la fractura vertical radicular, con base en la evidencia científica publicada entre los años 2020 y 2025 en la base de datos PubMed. **Materiales y método:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA, utilizando palabras clave en español e inglés: “fractura radicular”, “diagnóstico dental” y “prevención endodóntica”, se aplicaron operadores booleanos para combinar términos relacionados y se seleccionaron 20 artículos en texto completo que cumplieron los criterios de inclusión, descartándose estudios duplicados o fuera del ámbito clínico. **Resultados:** Los hallazgos indican que los principales factores predisponentes incluyen la pérdida de estructura dentinaria, la aplicación de fuerzas oclusales excesivas y la instrumentación invasiva, la tomografía de haz cónico fue identificada como el método más preciso para el diagnóstico, mientras que las técnicas adhesivas, los materiales restauradores elásticos y el control oclusal demostraron ser eficaces en la prevención. **Conclusión:** La comprensión de los mecanismos biomecánicos, diagnósticos y preventivos asociados a la fractura vertical radicular

permite al odontólogo aplicar estrategias conservadoras, mejorar la detección temprana y reducir el riesgo de fractura, favoreciendo la preservación funcional del diente tratado.

**Palabras clave:** *fractura radicular, diagnóstico dental, prevención endodóntica.*

### **Abstract**

**Introduction:** Vertical root fracture is a difficult-to-diagnose complication in dentistry. Its multifactorial origin and the similarity of its manifestations to other endodontic and periodontal pathologies make it a constant clinical challenge. Early identification using clinical and radiographic methods is essential to prevent tooth loss and ensure the functionality of the affected tooth. **Objective:** To analyze the diagnosis, predisposing factors, and prevention strategies for vertical root fracture, based on scientific evidence published between 2020 and 2025 in the PubMed database.

**Materials and methods:** A systematic review was conducted following the PRISMA guidelines, using the keywords "root fracture," "dental diagnosis," and "endodontic prevention" in Spanish and English. Boolean operators were applied to combine related terms, and 20 full-text articles that met the inclusion criteria were selected. Duplicate studies or those outside the clinical setting were excluded. **Results:** The findings indicate that the main predisposing factors include dentin structure loss, the application of excessive occlusal forces, and invasive instrumentation. Cone-beam computed tomography was identified as the most accurate diagnostic method, while adhesive techniques, elastic restorative materials, and occlusal control proved effective in prevention. **Conclusion:** Understanding the biomechanical, diagnostic, and preventive mechanisms associated with vertical root fracture allows dentists to apply conservative strategies, improve early detection, and reduce the risk of fracture, thus promoting the functional preservation of the treated tooth.

**Key words:** *root fracture, dental diagnosis, endodontic prevention.*

## Introducción

La fractura vertical radicular representa una de las complicaciones más difíciles de detectar en odontología, ya que su desarrollo suele ser lento y sus manifestaciones clínicas poco específicas, lo que dificulta su diagnóstico temprano.(Liao et al., 2021) Su diagnóstico requiere una evaluación minuciosa, ya que los signos pueden confundirse con procesos periodontales o lesiones periapicales, siendo necesaria la combinación de examen clínico y estudios radiográficos avanzados. (Patel et al., 2022) Este tipo de fractura se origina generalmente en el conducto radicular y se propaga hacia el exterior, afectando el cemento y el hueso alveolar, lo que genera un compromiso progresivo de los tejidos de soporte.(Hu, Cao, et al., 2022)

Los factores predisponentes incluyen la pérdida de estructura dental, el uso de instrumentos endodónticos rígidos y la aplicación de fuerzas excesivas durante la obturación o la restauración del diente.(Lima et al., 2023) La fatiga mecánica y la deshidratación del tejido dentinario posterior al tratamiento endodóntico aumentan la fragilidad de la raíz, lo que favorece la aparición de fisuras o fracturas completas.(Patel et al., 2025) Los molares y premolares son los dientes más propensos a sufrir este tipo de lesión, debido a su anatomía radicular compleja y a las altas cargas oclusales a las que están expuestos constantemente.(Karobari et al., 2023)

Entre los signos clínicos que pueden sugerir una fractura vertical se encuentran la presencia de fistulas recurrentes, dolor localizado y movilidad dental con bolsas periodontales estrechas y profundas.(Ran et al., 2025) Radiográficamente, las fracturas verticales pueden observarse como líneas radiolúcidas longitudinales o defectos óseos localizados, aunque en muchos casos su detección requiere el uso de tomografía de haz cónico.(Khanagar et al., 2021) El antecedente de restauraciones extensas, colocación de

postes intrarradiculares o tratamientos endodónticos previos debe considerarse un factor de riesgo importante al evaluar la integridad radicular.(Ruiz et al., 2024)

Frente a lo expuesto, este estudio pretende analizar el diagnóstico, los factores predisponentes y las estrategias de prevención de la fractura vertical radicular, considerando su detección clínica y radiográfica, las condiciones biomecánicas que favorecen su aparición, la influencia de los tratamientos endodónticos y restauradores, la susceptibilidad de las diferentes piezas dentarias, así como las medidas preventivas orientadas a conservar la integridad estructural del diente, con base en estudios publicados en PubMed entre los años 2020 y 2025.

### **Materiales y Métodos**

Esta revisión de literatura se elaboró siguiendo las recomendaciones de la guía PRISMA, con el objetivo de analizar el diagnóstico, los factores predisponentes y las estrategias de prevención de la fractura vertical radicular, considerando su detección clínica y radiográfica, las condiciones biomecánicas que favorecen su aparición, la influencia de los tratamientos endodónticos y restauradores, y las medidas preventivas orientadas a conservar la integridad estructural del diente. Se realizó una búsqueda sistemática de artículos científicos publicados entre 2020 y 2025 en la base de datos PubMed.

Se emplearon palabras clave en español e inglés como: “fractura radicular”, “diagnóstico dental” y “prevención endodóntica”, aplicando operadores booleanos en PubMed: (“vertical root fracture” OR “fractura radicular”) AND (“dental diagnosis” OR “diagnóstico dental”) AND (“endodontic prevention” OR “prevención endodóntica”).

Los criterios de inclusión consideraron artículos en texto completo que abordaran aspectos clínicos, radiográficos o preventivos relacionados con la fractura vertical radicular, mientras se excluyeron estudios duplicados, reportes sin aplicación clínica directa o fuera del ámbito odontológico. El proceso de selección se desarrolló en tres fases: lectura de títulos, revisión de resúmenes y análisis completo de los textos.

Se aplicó una metodología rigurosa para garantizar la calidad y la relevancia de la información. De los 30 artículos inicialmente identificados, 20 cumplieron con todos los criterios establecidos y fueron seleccionados de la base de datos PubMed para la redacción de esta investigación.

### **Resultados**

El diagnóstico de la fractura vertical radicular demanda una evaluación clínica exhaustiva, ya que los signos iniciales suelen ser discretos y pueden confundirse con otras patologías periodontales o endodónticas, la inspección directa del diente, la percusión lateral y el sondaje periodontal permiten identificar la presencia de bolsas localizadas o movilidad anómala, la prueba de transiluminación puede ayudar a visualizar la línea de fractura, mientras que el uso de colorantes facilita la identificación de fisuras longitudinales no visibles a simple vista, la interpretación de la respuesta dolorosa a la presión o la masticación también orienta al diagnóstico, siendo el dolor localizado y persistente uno de los síntomas más frecuentes. (Alaugaily & Azim, 2022)

### **Factores biomecánicos y estructurales predisponentes**

Los factores que predisponen a la fractura vertical radicular están relacionados con la alteración del equilibrio biomecánico de la raíz, la pérdida de tejido dentinario durante la instrumentación endodóntica, la aplicación de fuerzas excesivas en la obturación o la colocación de postes rígidos generan tensiones internas que superan la

resistencia del diente, los conductos ovalados o curvados y las raíces delgadas presentan mayor riesgo debido a la concentración de esfuerzos en zonas de menor espesor, la deshidratación del tejido posterior al tratamiento endodóntico también incrementa la fragilidad dentinaria.(Bueno et al., 2021)

Las cargas oclusales repetitivas y los hábitos parafuncionales como el bruxismo favorecen la aparición de microfisuras que con el tiempo evolucionan a fracturas completas, la fatiga estructural inducida por el estrés continuo altera la capacidad de absorción de fuerzas, los dientes posteriores especialmente los molares son los más afectados por las elevadas presiones masticatorias, comprender estos mecanismos permite establecer estrategias clínicas más conservadoras, utilizando técnicas que preserven el grosor de la dentina y reduzcan la concentración de tensiones internas que debilitan la raíz.(Pradeep et al., 2021)

### **Influencia de los tratamientos endodónticos y restauradores**

Los procedimientos endodónticos desempeñan un papel determinante en la génesis de la fractura vertical radicular, la instrumentación excesiva, el uso de limas de gran calibre o la condensación lateral intensa provocan microfisuras en las paredes del conducto, la presión generada durante la obturación puede expandirse hacia la periferia de la raíz y comprometer su estabilidad, los dientes con tratamientos repetidos o retratamientos endodónticos muestran una susceptibilidad mayor debido a la pérdida acumulativa de dentina.(Khanagar et al., 2023)

El tipo de restauración posterior al tratamiento influye directamente en la distribución de las tensiones, los postes metálicos o las coronas rígidas generan concentraciones de fuerza en puntos específicos, lo que incrementa el riesgo de fractura, los avances en materiales adhesivos y sistemas de postes de fibra han permitido reducir este riesgo, su módulo de elasticidad similar al de la dentina favorece una distribución

equilibrada de las cargas oclusales, la selección adecuada del diseño restaurador y la aplicación de técnicas adhesivas controladas se convierten en factores decisivos para mantener la integridad radicular a largo plazo.(Hu et al., 2022)

### **Manifestaciones clínicas y hallazgos radiológicos característicos**

Las manifestaciones clínicas de la fractura vertical radicular son variables, la presencia de dolor localizado, sensibilidad al morder, inflamación gingival o fistulas recurrentes son signos que deben alertar al profesional, la exploración periodontal suele revelar bolsas estrechas y profundas asociadas al trayecto de la fractura, la movilidad dental moderada y la pérdida de inserción localizada son hallazgos frecuentes, estos signos pueden confundirse con enfermedades periodontales por lo que la correlación clínica y radiográfica resulta indispensable.(Arx et al., 2021)

En las imágenes radiográficas la fractura se manifiesta como una línea radiolúcida longitudinal o un defecto óseo angosto que se extiende a lo largo de la raíz, en ocasiones se observan áreas de rarefacción ósea o ensanchamiento del ligamento periodontal, la tomografía de haz cónico ofrece una visión tridimensional que permite evaluar con precisión la extensión de la fisura, esta herramienta facilita el diagnóstico diferencial frente a lesiones periapicales, reabsorciones o fracturas incompletas, permitiendo al clínico tomar decisiones más acertadas sobre la conservación o extracción del diente afectado.(Rosado et al., 2024)

### **Estrategias preventivas en la práctica odontológica**

La prevención de la fractura vertical radicular se centra en la conservación de la estructura dentaria y en el control de las tensiones generadas durante los procedimientos clínicos, la instrumentación mínimamente invasiva, la aplicación de fuerzas controladas en la obturación y el uso de materiales adhesivos de propiedades elásticas adecuadas son medidas fundamentales, la comprensión de la anatomía radicular y la planificación

restauradora individualizada reducen el riesgo de daños estructurales, la colocación de postes debe realizarse con técnicas que preserven el máximo de dentina y eviten concentraciones de estrés.(Haupt et al., 2023)

El seguimiento clínico periódico permite detectar microfisuras en etapas iniciales, las revisiones radiográficas de control y la evaluación oclusal regular son herramientas que favorecen la detección temprana de fallas estructurales, los pacientes con antecedentes de tratamientos endodónticos extensos requieren vigilancia especial, la combinación de una práctica clínica conservadora con la educación preventiva del paciente contribuye al mantenimiento de dientes funcionales y resistentes frente a la fractura radicular.(Lee et al., 2023)

### **Importancia del control oclusal y la preservación estructural**

El control oclusal constituye un factor determinante en la prevención de fracturas radiculares, los contactos prematuros o las interferencias funcionales generan sobrecargas localizadas que incrementan la tensión sobre las raíces, el ajuste oclusal adecuado y la redistribución equilibrada de las fuerzas masticatorias reducen significativamente el riesgo de fisuras, los pacientes con bruxismo o con hábitos parafuncionales deben ser evaluados de manera constante, el uso de férulas de descarga ayuda a disminuir el impacto de las fuerzas excesivas.(Salihu & Stavileci, 2024)

La preservación estructural del diente depende de mantener el mayor volumen de tejido dentinario posible, la utilización de materiales restauradores con propiedades similares a la dentina permite una respuesta biomecánica más natural, las restauraciones adhesivas, los sistemas de resina reforzada y los postes de fibra favorecen la absorción uniforme de las tensiones, la integración del control oclusal con la preservación estructural dentro del plan de tratamiento garantiza una mayor durabilidad de las piezas

tratadas y una reducción notable en la incidencia de fracturas verticales. (Dias et al., 2023).

### **Discusión**

Los resultados de la revisión de evidencia muestran que la fractura vertical radicular constituye una de las lesiones más difíciles de diagnosticar en la práctica odontológica, su origen multifactorial y la similitud de sus manifestaciones con otras patologías endodónticas y periodontales la convierten en un problema clínico de alta complejidad, según Rosado et al. (2024), su detección requiere la combinación de métodos clínicos y radiográficos que permitan observar con precisión la línea de fractura, mientras que Alaugaily y Azim (2022) destacan la relevancia de la tomografía de haz cónico como herramienta de alta sensibilidad para la identificación temprana, lo que mejora la planificación del tratamiento y evita la pérdida prematura de las piezas dentarias.

De acuerdo con Bueno et al. (2021) y Pradeep et al. (2021), los factores biomecánicos y estructurales desempeñan un papel decisivo en el desarrollo de la fractura vertical radicular, la pérdida de espesor dentinario, la deshidratación del tejido y la aplicación de fuerzas oclusales excesivas incrementan el riesgo de fisuración, ambos estudios coinciden en que los hábitos parafuncionales y las técnicas invasivas durante la instrumentación endodóntica aumentan la vulnerabilidad radicular, al comparar estos hallazgos se aprecia una relación directa entre la integridad de la estructura dental y la resistencia frente a tensiones funcionales, lo que resalta la necesidad de emplear técnicas conservadoras en la práctica clínica.

La limitada disponibilidad de estudios longitudinales constituye una restricción importante para comprender de manera completa el comportamiento clínico de la

fractura vertical radicular, la falta de investigaciones con seguimiento prolongado dificulta determinar con precisión los factores de riesgo más relevantes y la efectividad de las medidas preventivas en diferentes contextos clínicos, esta carencia de evidencia sólida impide establecer protocolos universales de diagnóstico y manejo, por lo que resulta necesario promover estudios comparativos que evalúen su evolución a largo plazo y la influencia de distintos materiales restauradores y técnicas operatorias.

Como odontólogos, la relevancia de esta información radica en la posibilidad de identificar de forma temprana los signos asociados a la fractura vertical radicular y de aplicar estrategias preventivas basadas en la conservación del tejido dentinario, conocer los factores predisponentes, los métodos diagnósticos avanzados y las técnicas restauradoras adecuadas permite optimizar la atención clínica, evitar complicaciones estructurales y garantizar tratamientos más predecibles, la comprensión integral de esta patología contribuye a fortalecer la práctica odontológica, promoviendo la preservación de las piezas dentarias y la funcionalidad a largo plazo en los pacientes.

## **Conclusión**

La evidencia revisada confirma que la fractura vertical radicular constituye una entidad clínica de alta complejidad que requiere un abordaje diagnóstico preciso, una comprensión profunda de sus factores predisponentes y la aplicación de estrategias preventivas basadas en la conservación estructural, el diagnóstico temprano mediante técnicas de imagen avanzadas y la implementación de procedimientos mínimamente invasivos resultan esenciales para preservar la función y la longevidad de los dientes tratados, la integración del conocimiento científico con la práctica clínica fortalece la capacidad del profesional para reducir la incidencia de estas lesiones y mejorar la calidad de los tratamientos odontológicos a largo plazo.

## Referencias

- Alaugaily, I., & Azim, A. A. (2022). CBCT Patterns of Bone Loss and Clinical Predictors for the Diagnosis of Cracked Teeth and Teeth with Vertical Root Fracture. *Journal of Endodontics*, 48(9), 1100–1106.  
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.06.004>
- Bueno, M. R., Azevedo, B. C., & Estrela, C. (2021). A Critical Review of the Differential Diagnosis of Root Fracture Line in CBCT scans. *Brazilian Dental Journal*, 32(5), 114–128. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202104742>
- de Lima Dias-Junior, L. C., Corrêa, M., da Silveira Teixeira, C., de Souza, D. L., Tay, F. R., Estrela, C., da Fonseca Roberti Garcia, L., & Bortoluzzi, E. A. (2023). Development and validation of a method for creating incomplete vertical root fracture in extracted teeth. *Odontology*, 111(3), 750–758.  
<https://doi.org/10.1007/S10266-023-00787-Z>
- de Lima, K. L., Silva, L. R., de Paiva Prado, T. B., Silva, M. A. G., de Freitas Silva, B. S., & Yamamoto-Silva, F. P. (2023). Influence of the technical parameters of CBCT image acquisition on vertical root fracture diagnosis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 27(2), 433–474.  
<https://doi.org/10.1007/S00784-022-04797-Z>
- Fontenele, R. C., Farias Gomes, A., Nejaim, Y., & Freitas, D. Q. (2021). Do the tube current and metal artifact reduction influence the diagnosis of vertical root fracture in a tooth positioned in the vicinity of a zirconium implant? A CBCT study. *Clinical Oral Investigations*, 25(4), 2229–2235.  
<https://doi.org/10.1007/S00784-020-03538-4>

- Haupt, F., Wiegand, A., & Kanzow, P. (2023). Risk Factors for and Clinical Presentations Indicative of Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 49(8), 940–952. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.06.004>
- Hu, Z., Cao, D., Hu, Y., Wang, B., Zhang, Y., Tang, R., Zhuang, J., Gao, A., Chen, Y., & Lin, Z. (2022). Diagnosis of in vivo vertical root fracture using deep learning on cone-beam CT images. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-022-02422-9>
- Hu, Z., Pan, X., Hu, Y., Xu, S., Gao, A., Cao, D., & Lin, Z. (2022). Exploring the use of enhanced cone-beam CT technique to diagnose vertical root fracture. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105175>
- Karobari, M. I., Adil, A. H., Basheer, S. N., Murugesan, S., Savadamoorthi, K. S., Mustafa, M., Abdulwahed, A., & Almokhatieb, A. A. (2023). Evaluation of the Diagnostic and Prognostic Accuracy of Artificial Intelligence in Endodontic Dentistry: A Comprehensive Review of Literature. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/7049360>
- Khanagar, S. B., Al-ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., Sarode, S. C., & Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry – A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508–522. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.019>
- Khanagar, S. B., Alfadley, A., Alfouzan, K., Awawdeh, M., Alaqla, A., & Jamleh, A. (2023). Developments and Performance of Artificial Intelligence Models

- Designed for Application in Endodontics: A Systematic Review. *Diagnostics* (Basel, Switzerland), 13(3). <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS13030414>
- Lee, K., Ahlowalia, M., Alfayate, R. P., Patel, S., & Foschi, F. (2023). Prevalence of and Factors Associated With Vertical Root Fracture in a Japanese Population: An Observational Study on Teeth With Isolated Periodontal Probing Depth. *Journal of Endodontics*, 49(12), 1617–1624. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2023.08.018>
- Leite De Lima, K., Silva, L. R., Andrade Mota Neto, M., Gusmão Paraíso Cavalcanti, M., Rodrigues Leles, C., Alves Garcia Santos Silva, M., Estrela, C., Santos De Freitas Silva, B., & Yamamoto-Silva, F. P. (2022). Impact of Fracture Line Width on Radiographic Diagnosis of Vertical Root Fractures: Analysis of the Generalised Estimating Equation Model. *The Chinese Journal of Dental Research*, 25(3), 197–204. <https://doi.org/10.3290/J.CJDR.B3317977>
- Liao, W. C., Chen, C. H., Pan, Y. H., Chang, M. C., & Jeng, J. H. (2021). Vertical Root Fracture in Non-Endodontically and Endodontically Treated Teeth: Current Understanding and Future Challenge. *Journal of Personalized Medicine*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/JPM11121375>
- Miranda-Viana, M., Fontenele, R. C., Farias Gomes, A., Nogueira-Reis, F., Nejaim, Y., Oliveira, M. L., & Freitas, D. Q. (2022). Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture. *Oral Radiology*, 38(4), 452–458. <https://doi.org/10.1007/S11282-021-00573-Z>
- Mizuhashi, F., Ogura, I., Sugawara, Y., Oohashi, M., Mizuhashi, R., & Saegusa, H. (2021). Diagnosis of root fractures using cone-beam computed tomography:

difference of vertical and horizontal root fracture. *Oral Radiology*, 37(2), 305–310. <https://doi.org/10.1007/S11282-020-00453-Y>

Mizuhashi, F., Watarai, Y., & Ogura, I. (2022). Diagnosis of Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth by Cone-Beam Computed Tomography. *Journal of Imaging*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/JIMAGING8030051>

Patel, S., Bhuva, B., & Bose, R. (2022). Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 55 Suppl 3(Suppl 3), 804–826. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13737>

Patel, S., Teng, P. H., Liao, W. C., Davis, M. C., Fidler, A., Haupt, F., Fabiani, C., Zapata, R. O., & Bose, R. (2025). Position statement on longitudinal cracks and fractures of teeth. *International Endodontic Journal*, 58(3), 379–390. <https://doi.org/10.1111/IEJ.14186>

PradeepKumar, A. R., Shemesh, H., Nivedhitha, M. S., Hashir, M. M. J., Arockiam, S., Uma Maheswari, T. N., & Natanasabapathy, V. (2021). Diagnosis of Vertical Root Fractures by Cone-beam Computed Tomography in Root-filled Teeth with Confirmation by Direct Visualization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Endodontics*, 47(8), 1198–1214. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.04.022>

Ran, S., Wang, Q., Wang, J., Huang, J., Zhou, W., Zhang, P., Yuan, K., Cheng, Y., Gu, S., Zhu, J., & Huang, Z. (2025). Diagnosis of In Vivo Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth Using Machine Learning Techniques. *Journal of Endodontics*, 51(10), 1393–1404. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.05.004>

- Rosado, L. P. L., Fontenele, R. C., Farias-Gomes, A., Freitas, D. Q., & Neves, F. S. (2024). Influence of the metal post material, tooth location in the dental arch, and metal artifact reduction tool on vertical root fracture diagnosis in cone beam CT. *Odontology*, 112(3), 959–965. <https://doi.org/10.1007/S10266-023-00889-8>
- Ruiz, D. C., Lopes Rosado, L. P., Fontenele, R. C., Farias-Gomes, A., & Freitas, D. Q. (2024). Vertical root fracture diagnosis in teeth with metallic posts: Impact of metal artifact reduction and sharpening filters. *Imaging Science in Dentistry*, 54(2), 139–145. <https://doi.org/10.5624/ISD.20230233>
- Salihu, B., & Stavileci, M. (2024). Review of Approaches to the Management of Vertical Dental Root Fractures and Tooth Preservation. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 30. <https://doi.org/10.12659/MSM.943100>
- von Arx, T., Maldonado, P., & Bornstein, M. M. (2021). Occurrence of Vertical Root Fractures after Apical Surgery: A Retrospective Analysis. *Journal of Endodontics*, 47(2), 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.012>