



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

Diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autor:

López Casigña, Edgar Javier

Tutor:

Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara

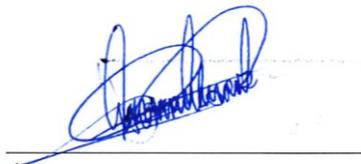
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Edgar Javier López Casigña, con cédula de ciudadanía 1600919391, autor del trabajo de investigación titulado: Diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a 07 de abril de 2025.



Edgar Javier López Casigña

C.I: 1600919391

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud de la Carrera de Odontología, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados”, bajo la autoría de Edgar Javier López Casigña; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 05 días del mes de mayo de 2025



Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara

Tutor

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados”, presentado por Edgar Javier López Casigña, con cédula de identidad número 1600919391, bajo la tutoría de Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 14 de mayo de 2025

Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dr. Carlos Alberto Alban Hurtado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20

CERTIFICACIÓN

Que, **LÓPEZ CASIÑA EDGAR JAVIER** con CC: **1600919391**, estudiante de la Carrera de **ODONTOLOGÍA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS VERTICALES EN DIENTES POSTERIORES ENDODONCIADOS**", que corresponde al dominio científico **DOMINIO SALUD COMO PRODUCTO ORIENTADO AL BUEN VIVIR** y alineado a la línea de investigación **SALUD**, cumple con el 9%, reportado en el sistema Anti plagio nombre del sistema, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de mayo de 2025

Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara
TUTOR

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar el presente trabajo a mi madre, Bertha Rocío Casigña, por enseñarme el verdadero valor de la perseverancia y ser siempre mi fuente de inspiración para mejorar constantemente. Su confianza inquebrantable en mí y cada palabra de aliento me motivaron a seguir adelante. Estuvo a mi lado desde mis inicios como deportista, y hoy entiendo que cada medalla y trofeo obtenidos en su momento fueron siempre para ella. A mi padre, Edgar Rómulo López, quien se esforzó incansablemente para que nunca me faltara nada. Nunca olvidaré cada lección y enseñanza que me transmitió.

A mi querida hermana Ángela López, quien siempre estuvo atenta a mi bienestar y, sin importar la distancia viajaba para acompañarme en los momentos en que más la necesitaba. Mi pequeña sobrina Jade, no rezagaba con tal de ser un ejemplo de vida para ella. Juntas, me enseñaron que, ante cualquier dificultad el deseo de superarnos nos impulsa a alcanzar logros inesperados.

Finalmente, a mis amigos con quienes compartí todo el trayecto universitario, especialmente a mis compañeros de departamento Fernando, Sofía y Zoé. Con ellos compartí una parte importante de mi vida, y siempre estuvieron ahí para escucharme y brindarme algún consejo. Cada uno representó un peldaño fundamental en este camino, y agradezco profundamente su sincera amistad.

Edgar Javier López Casigña

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi tutora académica, Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara, por su invaluable apoyo, orientación y dedicación inquebrantable a lo largo del extenso desarrollo de esta investigación. Su conocimiento y experiencia clínica fueron elementos fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

A la prestigiosa Universidad Nacional de Chimborazo, mi más sincero agradecimiento por brindarme la oportunidad de formar parte de tan ilustre institución. Durante mi tiempo como estudiante, viví años inolvidables que marcaron mi desarrollo académico y personal. Extiendo mi gratitud a cada uno de mis docentes, quienes con su dedicación y compromiso forjaron mi camino, compartiendo sus conocimientos en cada clase y dejando una huella invaluable en mi formación profesional y humana.

Edgar Javier López Casigña

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Fractura radicular.....	19
2.1.1. Etiología.....	19
2.1.2. Manifestaciones clínicas.....	20
2.1.3. Patogenia.....	20
2.1.4. Clasificación	21
2.1.5. Predisposición dental.....	23
2.1.6. Ubicación de los dientes y fuerzas oclusales	23
2.2. Diagnóstico de fractura radicular vertical	25
2.2.1. Sondaje de la fisura	25

2.2.2. Sensibilidad selectiva	25
2.2.3. Microscopio quirúrgico dental	25
2.2.4. Transiluminación y tinción	26
2.2.5. Exposición quirúrgica.....	26
2.2.6. Radiografía periapical	27
2.2.7. Tomografía computarizada de haz cónico	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo de investigación	29
3.2. Nivel de investigación.....	29
3.3. Diseño de investigación	29
3.4. Metodología PRISMA	29
3.5. Formulación de la pregunta PICO	30
3.6. Establecimiento de criterios de selección	31
3.7. Fuentes de información y estrategia de búsqueda	31
3.8. Selección de palabras clave o descriptores	32
3.9. Flujograma prisma	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 RESULTADOS	34
4.2 DISCUSIÓN.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 CONCLUSIONES.....	46
5.2 RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de riesgo predisponentes y contributivos.....	19
Tabla 2. Estructura PICO	30
Tabla 3. Criterios de inclusión.....	31
Tabla 4. Cadena de búsqueda en cada base de datos	32
Tabla 5. En pacientes con dientes posteriores endodonciados, ¿qué método de diagnóstico es el más efectivos para la detección de fracturas verticales?	34
Tabla 6. ¿Cuáles son los signos y síntomas clínicos asociados a las fracturas verticales en dientes posteriores tratados con endodoncia?.....	39
Tabla 7. ¿Cuáles son los principales factores que contribuyen al desarrollo de fracturas verticales en los dientes?	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Clasificación de la Asociación Americana de Endodoncia.</i>	23
Figura 2. Flujograma PRISMA	33

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal describir los métodos de diagnóstico para la detección precisa de fracturas verticales en dientes posteriores sometidos a tratamiento endodóntico. Desarrollado a través de una revisión bibliográfica científica, conforme a los lineamientos establecidos por la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-Analysis). (1) Además de evaluar la eficacia de las técnicas de imagen utilizadas para su diagnóstico, determinar los signos y síntomas clínicos asociados a las FRV e identificar los factores etiológicos y biomecánicos que predisponen su aparición. Para ello, se realizó una búsqueda sistemática en las principales bases de datos electrónicas como PubMed, Scopus, Google Scholar y Medigraphic dentro de un periodo de 10 años (2014-2024), donde a través de un análisis crítico y riguroso de la literatura se seleccionaron 28 publicaciones de excelencia académica que cumplieron con los criterios metodológicos para el proceso de revisión. El principal hallazgo de la investigación fue que en los estudios in vivo la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) presentó una mayor sensibilidad y precisión, con valores de 84% y 81%, respectivamente, en la identificación de las fracturas radiculares. En conclusión, para el diagnóstico se requiere un enfoque integral que combine la evaluación clínica con herramientas imagenológicas. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) destaca como la técnica más eficaz por su alta sensibilidad y capacidad para detectar características anatómicas complejas.

Palabras claves: Fractura radicular vertical; diagnóstico imagenológico; tomografía computarizada de haz cónico; radiografía periapical; exploración quirúrgica; precisión diagnóstica

Abstract

The main objective of this research was to describe the diagnostic methods for accurately detecting vertical fractures in posterior teeth submitted to endodontic treatment. It was developed through a scientific literature review, according to the guidelines established by the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-Analysis) guide; in addition to evaluating the efficacy of the imaging techniques used for diagnosis, determining the clinical signs and symptoms associated with VRFs and identifying the etiological and biomechanical factors that predispose to their appearance. For this purpose, a systematic search was performed in the main electronic databases such as PubMed, Scopus, Google Scholar, and Medigraphic within a period of 10 years (2014-2024). Through a critical and rigorous analysis of the literature, 28 publications of academic excellence were selected that met the methodological criteria for the review process. The main finding of the research was that in the in vivo studies cone beam computed tomography (CBCT) presented higher sensitivity and accuracy, with values of 84% and 81%, respectively, in identifying root fractures. In conclusion, diagnosis requires a comprehensive approach that combines clinical evaluation with imaging tools. Cone beam computed tomography (CBCT) stands out as the most effective technique because of its high sensitivity and ability to detect complex anatomic features

Keywords: vertical root fracture, diagnostic imaging, cone beam computed tomography, periapical radiography, surgical exploration, diagnostic accuracy.



Reviewed by:
Mgs. Jenny Alexandra Freire Rivera
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0604235036

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

En la presente investigación se abordará acerca de la relación que existe entre el diagnóstico de fracturas verticales y su predisposición en los dientes posteriores que han recibido un tratamiento de conductos. Cabe destacar que la fractura radicular vertical (FRV) se entiende como una rotura orientada longitudinalmente completa o incompleta que se extiende a lo largo del eje vertical de la raíz del diente generalmente en dirección vestibulolingual.(2,3) Los dientes más afectados son los segundos premolares superiores y los primeros molares inferiores esto puede ocurrir debido a su topografía oclusal y las características morfológicas radiculares. (4–6)

El diagnóstico clínico de FRV es difícil debido a la ausencia de un patrón de signos y síntomas patognomónicos, por tal manera se debe realizar una revisión clínica minuciosa. Por lo general, los dientes perjudicados pueden manifestar un tracto sinuoso, inflamación, sensibilidad a percusión, dolor al morder y movilidad dental. Destaca la presencia de bolsas localizadas alrededor de la línea de fractura o un sondeo irregular, radiográficamente se observa una lesión en forma de halo o gota.(7)

La pérdida del efecto protector del tejido pulpar durante la masticación, así como la reducción de la propiocepción ocasionan cambios microestructurales en la dentina, al igual que la preparación excesiva y el desgaste innecesario de la estructura dental durante la instrumentación, el acondicionamiento químico y las fuerzas excesivas aplicadas a lo largo de la obturación son factores plausibles que favorecen al fallo estructural. (8)

Existen varios métodos que permiten diagnosticar la FRV, estos son: la transiluminación, uso de tinciones y el examen con microscopio. De manera invasiva se puede optar por técnicas quirúrgicas exploratorias con la aplicación de pigmentaciones, tanto en el carácter clínico es común utilizar las radiografías periapicales convencionales, pero el que mayor resultado ha brindado para el diagnóstico asertivo es la tomografía computarizada de haz cónico. (4,9) Por lo tanto, el presente trabajo tendrá como objetivo general describir los métodos de diagnóstico para la detección precisa de fracturas verticales en dientes posteriores sometidos a tratamiento endodóntico.

1.1.ANTECEDENTES

Alamri H, et al. (10) indican que la precisión en la detección de fracturas mediante radiografía periapical (PR) está influenciado por múltiples factores, incluyendo la angulación del haz radiográfico, así como el contraste y la densidad de la imagen obtenida. Esta técnica presenta una tasa de éxito del 35,7% en la detección, no obstante, la variación en las angulaciones optimiza la precisión diagnóstica. Por su parte, Rud et al. (7) señalan que las fisuras radiculares son visibles en las radiografías únicamente cuando el plano de fractura es paralelo o presente una inclinación $< 4^\circ$ con respecto al haz central de rayos X. Por lo general ocurre en un tercio de los casos, debido a las limitaciones impuestas por la superposición de estructuras anatómicas y la distorsión geométrica.

Khasnis et al. (11) destacan que la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) permite una visualización directa de las proyecciones de fractura. Sin embargo, su precisión diagnóstica se ve comprometida a medida que aumenta el tamaño del vóxel, siendo más efectiva en la detección de fracturas radiculares con un espesor de 0 a 2 mm. Las imágenes axiales proporcionan la mayor cantidad de información en comparación a los cortes sagitales y coronales. No obstante, el diagnóstico puede verse afectado por factores como la superposición de raíces en dientes multirradiculares, presencia de materiales de obturación y la interferencia de postes intrarradiculares, estos últimos generando falsos positivos.

Ferraz et al. (12) complementan los estudios radiográficos con la evaluación clínica, destacando signos clave como la aparición una bolsa periodontal estrecha y profunda, formación de un tracto sinusal próximo al margen gingival y la manifestación de dolor durante la masticación. Un hallazgo radiográfico importante es la presencia de un "halo" circundante. Además, las dehiscencias óseas y fenestraciones se consideran características distintivas, al igual que las áreas radiolúcidas adyacentes al material de obturación que pueden sugerir la existencia de fracturas.

García et al. (3) concluyeron que los factores de riesgo relacionados con el desarrollo de FRV varían en importancia según el intervalo de tiempo. En este sentido, el desgaste excesivo inducido por el retratamiento endodóncico ortógrado compromete la integridad estructural del diente, durante los primeros cinco años. Así mismo, la aplicación de hidróxido de calcio como medicación intraconducto provoca alteraciones químicas ocasionando debilitamiento en la resistencia dentinaria después de diez años.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) ha informado que en los últimos diez años la frecuencia de FVR en Estados Unidos ha aumentado significativamente. En un estudio interno realizado en 2015, el 49% de los profesionales reportaron un incremento en la incidencia de dientes con grietas y fracturas radiculares verticales en comparación con las décadas anteriores.(13) La tercera causa de pérdida de órganos dentarios es la fractura radicular después de la caries y la enfermedad periodontal, por ende destaca su prevalencia que oscila entre el 4 y el 32% siendo más común en personas mayores de 40 años. Podría estar relacionado el constante ciclo de restauraciones previas y al impacto acumulativo de la actividad (para)funcional al que se someten los dientes. La etiología no se comprende claramente y se considera multifactorial. (4–6)

En su investigación realizada en la Ciudad de Chihuahua, México, Espinosa (2022) indica que la hipersensibilidad dental es uno de los síntomas asociados a las fisuras en el esmalte. Se observó una mayor prevalencia en mujeres entre los 40 y 60 años, afectando un 61.5% los molares inferiores, 19.2% los molares superiores y 19.3% los bicúspides superiores.(14) Por otro lado, en su estudio comparativo entre las ciudades de Antioquia y Bogotá, Colombia, Garcia et al. (2021) destaca que la prevalencia de FRV es del 16,42 %. Un hallazgo importante fue que el uso prolongado de hidróxido de calcio como medicación intracanal aumenta el riesgo de fractura al reducir la resistencia de la dentina 12,6% debilitando la estructura dental y acelerando la propagación de grietas debido a tensiones cíclicas. Además, el desgaste ocasionado durante el retratamiento ortógrado y la remoción de postes intracanales constan como principales factores de riesgo.(3)

En Ecuador, las investigaciones sobre fracturas verticales en dientes son limitadas y todavía están en una fase temprana. Pocos estudios se dedican específicamente a este tema, según la revisión de la literatura. Un estudio de Bolaños et al. (2019) evaluó la eficacia de diversas técnicas de diagnóstico, en la que tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la fluorescencia láser demostraron mayor efectividad en la detección. Además, Guzmán et al. (2020) analizaron las características clínicas de los dientes con fracturas así como su frecuencia, evidenciando una prevalencia del 12,5%, localizando especialmente las proyecciones de fracturas en molares y premolares.(15)

1.3. JUSTIFICACIÓN

Conservar un diente con fractura vertical contribuye a mejorar tanto la función como la estética y al mismo tiempo salvaguarda la integridad del arco al mantener la altura del hueso alveolar y la posición de los dientes adyacentes con sus antagonistas. Un diagnóstico asertivo y temprano va permitir planificar opciones de tratamiento conservadores para preservar el órgano dental. En los últimos años ha aumentado considerablemente los reportes de casos de FRV, que por un diagnóstico deficiente o la falta de conocimiento derivan a la precipitada decisión de extraer el diente afectado. La investigación presentada es importante para dar a conocer los posibles métodos para diagnosticar las fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados, desde el punto de vista clínico y corroborando mediante diferentes exámenes radiográficos en las que se destacará las principales características para el reconocimiento certero y diferenciar posibles patologías.

En la investigación planteada los beneficiarios directos serán todos los pacientes que se hayan realizado un tratamiento endodóntico y manifiesten algún tipo de sintomatología clínica o para su respectivo seguimiento, los lectores que busquen información sobre el tema, indirectamente las personas que estarán beneficiados serán los familiares de los pacientes a los cuales podremos ayudar, puesto que al realizar el diagnóstico de manera temprana en una fractura vertical radicular, nos permitirá establecer estrategias para intentar preservar el diente en su alveolo y planificar una rehabilitación dental adecuada.

Con este proyecto se pretenderá aportar con información relacionada al diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados. Este trabajo de investigación será viable ya que dispone de recursos bibliográficos, humanos y tecnológicos, el investigador cuenta con los conocimientos necesarios para proceder y realizar la investigación. El tiempo de empleo de la investigación será óptimo ya que se estima un periodo de 6 meses.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Describir los métodos de diagnóstico para la detección precisa de fracturas verticales en dientes posteriores sometidos a tratamiento endodóntico.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los signos y síntomas clínicos asociados a las fracturas verticales en dientes posteriores endodonciados.
- Evaluar la eficacia de las técnicas de imágenes actuales para el diagnóstico de fracturas verticales.
- Identificar los factores etiológicos y biomecánicos que predisponen la ocurrencia de fracturas verticales en estructuras dentales.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fractura radicular

La fractura radicular vertical (FRV) es una fisura longitudinal que se extiende paralela al eje mayor de la raíz del diente, normalmente inician dentro del conducto radicular hasta alcanzar el periodonto de manera completa o incompleta.(14) Esta lesión tiende a evolucionar con el tiempo y se transforma en un foco de contaminación que puede provocar la destrucción de los tejidos de soporte circundantes.(4,16)

2.1.1. Etiología

Se considera que la etiología de las FRV es multifactorial. Sin embargo, según Patel et al., destaca múltiples factores de riesgo, estos se dividen en dos categorías: *predisponentes y contributivos*:(5,17)

Tabla 1. Factores de riesgo predisponentes y contributivos

Riesgos predisponentes	Riesgos contributivos
Integridad anatómica y mecánica de la estructura dentaria	Remoción excesiva de dentina durante el proceso de instrumentación en los conductos radiculares.
Existencia de microfisuras y líneas de fracturas previas	Exposición prolongada a agentes desinfectantes y medicación intracanal.
Respuesta biomecánica de la dentina frente a cargas funcionales	Rehabilitación inadecuada post-endodóncia
Configuración anatómica y morfológica del sistema de conductos radiculares	
Posición anatómica del diente en el arco dentario	
Hábitos parafuncionales y desarmonías en la oclusión	

Elaborado por: Edgar López

2.1.2. Manifestaciones clínicas

Las fracturas radicales verticales (FRV) se desarrollan lentamente durante las primeras etapas, por ende, no resaltan signos o síntomas evidentes. Habitualmente presentan una manifestación tardía alrededor de 2 a 5 años posterior al tratamiento del conducto radicular.(18) Clínicamente puede presentar la formación de un tracto sinuoso en proximidad a la encía marginal, inflamación gingival, sensibilidad a la percusión lateral, dolor sordo espontáneo al masticar y movilidad dental.(3,8)

El signo patognomónico es un sondeo periodontal irregular, que se enfoca en la profundidad localizada de un solo punto, así como la formación de una bolsa periodontal aislada y estrecha que se extiende desde el surco gingival en parte o totalmente hasta el ápice. Estas lesiones se han asociado con defectos óseos en forma de V o con la presencia de dehiscencias óseas. (11,14,19)

2.1.3. Patogenia

Las fracturas radicales verticales (FRV) se originan como fisuras en el tercio coronal o apical y progresan en sentido vestibulo-lingual. Por lo regular, tardan meses e incluso años en manifestarse y tienden a ser el resultado de un proceso dinámico de fatiga cíclica a la que se somete el órgano dental. (5,8) La fisura actúa como un nicho para la acumulación de agentes irritantes, incluidos microorganismos y sus metabolitos, tejido necrótico, cemento sellador y restos de tejido orgánico, que ingresan por la comunicación con el surco gingival. Esta infiltración favorece la formación de tejido granulomatoso en la periferia de la fractura, lo que conlleva a la degradación progresiva del periodonto y al desarrollo de defectos de sondaje profundo. (11) Según Patel et al., establece tres fases para su desarrollo:

2.1.3.1. Iniciación de grietas

El incremento en las concentraciones de tensión en la dentina favorece la formación de microdefectos o microfisuras en las regiones coronal o apical, producto de la interacción de múltiples factores. A nivel radicular, su desarrollo está influenciado por variaciones morfológicas y anatómicas específicas, como la presencia de un istmo radicular, conductos con geometría desfavorable y reducción del volumen dentinario residual. (5)

2.1.3.2. Propagación de fracturas

La progresión de una microfisura está influenciada por diversos factores biomecánicos. Entre ellos, se destaca el incremento de la tensión y el estrés traccional intrínseco de la dentina residual, consecuencia de la aplicación repetitiva de fuerzas mecánicas (para) funcionales. Asimismo, la reducción de la viscoelasticidad debido a la deshidratación y envejecimiento dentinario, junto con la disminución de la tenacidad a la fractura, es decir, su capacidad de absorción de energía, al someterse a deformaciones. (5)

2.1.3.3. Separación

En los casos que ocurre una FRV completa, es decir la separación longitudinal total de la raíz, su origen se atribuye principalmente a la fatiga cíclica prolongada inducida por fuerzas (para) funcionales. Esta condición facilita el intercambio bidireccional de microorganismos entre el medio externo e interno, promoviendo la formación de una biopelícula. La microfiltración de líquido tisular proporciona un entorno favorable para la supervivencia de microorganismos recalcitrantes. En esta etapa, es común la pérdida de inserción periodontal, acompañada de un patrón característico de reabsorción ósea vertical. (5)

2.1.4. Clasificación

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) ha reestructurado y establecido una nueva clasificación para las fracturas dentales longitudinales, la cual se ha convertido en la referencia más aceptada en la actualidad. Esta clasificación facilita la estandarización de los criterios clínicos entre los profesionales del área. (14,20)

2.1.4.1. Líneas de fisura

Consideradas como fisuras simples del esmalte, estas lesiones se presentan en dientes anteriores y posteriores de paciente adultos. Generalmente asintomáticas y de naturaleza múltiple, afectan predominantemente la región estética. Su diagnóstico se establece mediante transiluminación y, en la mayoría de los casos, no requiere intervención terapéutica. (14,20)

2.1.4.2. Cúspide fracturada

Es una fisura que progresa hasta provocar la fractura de la cúspide, con una pérdida de soporte cuspidé que puede ser parcial o total. Por lo general, esta lesión afecta a los dientes posteriores y compromete tanto el esmalte como la dentina. La sintomatología depende de

la profundidad y extensión, siendo frecuente el dolor durante la masticación y la sensibilidad al frío. Su pronóstico es favorable y su manejo consiste en la eliminación del fragmento fracturado seguida de una restauración coronal diseñada para preservar la integridad cuspea. (14,20)

2.1.4.3. Diente fisurado

Fisura que se extiende en dirección mesio-distal desde la corona hasta la región radicular, sin provocar la separación completa de los fragmentos. La presentación clínica es variable, desde pulpitis irreversible hasta el desarrollo de patologías periapicales. El enfoque terapéutico dependerá de la ubicación y la extensión del defecto, requiriendo habitualmente la protección del remanente dentario coronario para preservar la integridad estructural. (14,20)

2.1.4.4. Diente partido

Es una lesión caracterizada por la separación de fragmentos debido a la progresión de la grieta hacia la región apical, afectando igualmente al tejido coronario. Destaca el dolor intermitente durante la masticación, a causa del desarrollo de patologías periapicales como periodontitis y absceso periodontal. El manejo terapéutico y el tratamiento estarán determinados por la localización específica de la fractura. (14,20)

2.1.4.5. Fractura radicular vertical

Afecta específicamente la región radicular y no es visible clínicamente debido a la cobertura coronaria. En ocasiones, se manifiesta únicamente con síntomas periapicales y puede pasar desapercibida en estudios radiográficos hasta que presenten signos patognomónicos. El abordaje terapéutico varía desde la extracción completa del diente hasta la resección selectiva de la raíz comprometida. (14,20)

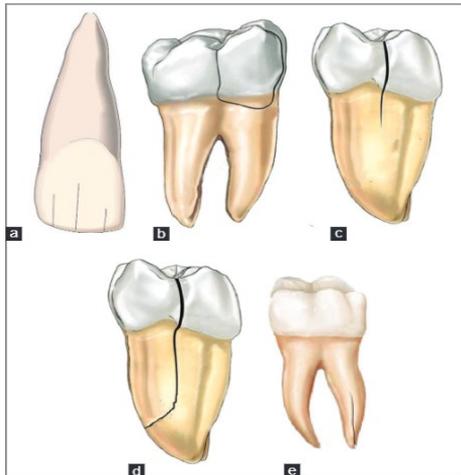


Figura 1. Clasificación de la Asociación Americana de Endodoncia. (a) Línea de fisura; (b) Cúspide fracturada; (c) Diente fisurado; (d) Diente partido; (e) Fractura radicular vertical. Tomado de: Hasan S, Singh K, Salati N. *Cracked tooth syndrome: Overview of literature* (21).

2.1.5. Predisposición dental

Los dientes más propensos a fracturarse son los bicúspides maxilares y los molares mandibulares. Según Wan-chuen et al., los primeros molares mandibulares son particularmente vulnerables debido a la interacción con las cúspides palatinas de sus antagonistas, las cuales son prominente y puntiagudas generando una oclusión intensa en los surcos centrales. Por otro lado, los segundos bicúspides maxilares son susceptibles debido a las pendientes pronunciadas de sus cúspides no funcionales, lo que genera fuerzas de torsión durante los movimientos funcionales. Por su parte, los bicúspides mandibulares están sujetas a fuerzas de compresión en las cúspides vestibulares por parte de sus antagonistas. (8,22)

Las estructuras radiculares con un diámetro mesio-distal angosto y una morfología aplanada y delgada presentan un mayor riesgo de fractura debido a la aplicación repetitiva de cargas cíclicas (para) funcionales. Específicamente, las depresiones radiculares o los istmos dentinarios situados en la raíz mesial de los molares mandibulares y en la raíz vestibular de los bicúspides maxilares bifurcados constituyen áreas de mayor fragilidad estructural, al generarse un desgaste excesivo de la dentina. (8)

2.1.6. Ubicación de los dientes y fuerzas oclusales

Los dientes posteriores al estar sujetos a una mayor carga oclusal (para) funcional, son más susceptibles al desarrollo de FRV en comparación con los dientes anteriores. Asimismo, al realizarse el tratamiento de conductos, conlleva a la pérdida de los mecanorreceptores periodontales y del reflejo de propiocepción pulpar lo que resulta en un incremento de las cargas oclusales. Además, las interferencias oclusales ocasionadas en el lado de no trabajo generan fuerzas de cizallamiento lateral excesivas, favoreciendo la aparición de fisuras.(5)

2.1.7. Tratamiento endodóntico

La dentina pericervical (PCD) desempeña un papel fundamental en la distribución de las fuerzas oclusales y localiza en proximidad a la cresta alveolar, entendiéndose aproximadamente 4 mm en sentido coronal y 4 mm apicalmente respecto a la cresta ósea. (23) La resistencia a la fractura está directamente relacionada con la cantidad de remanente dentinario pericervical, la cual puede verse afectada por la preparación de la cavidad de acceso y la instrumentación de los conductos radiculares. Adicionalmente, la remoción selectiva del techo de la cámara, contribuye a disminuir la flexión cuspeada y favorece la transmisión de las fuerzas oclusales. (5)

La instrumentación del conducto radicular con limas de aleación de níquel-titanio (Ni-Ti) en fase austeníticas y de mayor conicidad generan una mayor eliminación del tejido dentinario en comparación con las limas rotatorias en fase martensíticas, las cuales, debido a su diámetro y conicidad reducida, permiten una conformación más conservadora. Además, el uso de sistemas reciprocantes se asocia con una mayor predisposición a la generación de fisuras en la dentina en comparación con los sistemas de rotación continua. (5)

El empleo de ultrasonido para la remoción de instrumental fracturado o pernos en los tercios coronal y medio del conducto radicular genera una mayor pérdida de tejido dentinario, lo que puede inducir o exacerbar la propagación de grietas. Asimismo, la aplicación de soluciones irrigantes, como hipoclorito de sodio (NaOCl) o EDTA, junto con la medicación intracanal a base de hidróxido de calcio, provoca modificaciones en las propiedades biomecánicas de la dentina. (5,8)

La exposición prolongada y repetitiva a estos agentes, debido a múltiples sesiones de tratamiento incrementa la susceptibilidad al deterioro estructural de la dentina. Durante la fase de obturación, es posible que se apliquen fuerzas excesivas sobre la raíz particularmente en la técnica de condensación lateral ya que puede generar mayor concentración de tensiones en la región apical. Además, el uso del espaciador produce un efecto de cuña, lo que podría contribuir a la propagación de fisuras y comprometer la integridad del tejido dentinario. (8,11)

2.2. Diagnóstico de fractura radicular vertical

El diagnóstico preciso de la FRV representa un desafío en odontología, ya que en sus fases iniciales los signos clínicos son limitados y pueden ser fácilmente confundidos con enfermedad periodontal, fracaso del tratamiento endodóntico o patologías periapicales. (11) Clínicamente, la presencia y extensión de las fisuras es difícil de establecer objetivamente, debido a que la retracción de la encía permite visualizar una superficie. Por ello, se requiere el empleo de técnicas de diagnóstico por imagen que permitan visualizar tanto la estructura dentaria en tratamiento como los tejidos óseos circundantes. La identificación de anomalías en las estructuras internas del diente demanda el uso de métodos de imagenología, como radiografías convencionales y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).(20,22)

2.2.1. Sondaje de la fisura

El sondaje de la fisura puede inducir dolor, extravasación de contenido purulento o incluso revelar segmentos móviles a ambos lados de la línea proyectada, lo que sugiere la posibilidad de un diente fracturado. (24) La FRV se caracteriza por la presencia de un sondaje periodontal superior a 5 mm, de forma localizada y aislada, mientras que las demás superficies del surco gingival mantienen una inserción periodontal dentro de parámetros normales. En comparación, la enfermedad periodontal genera un patrón de pérdida de inserción cónico, amplio y generalizado, afectando completamente las estructuras periodontales. (17,25)

2.2.2. Sensibilidad selectiva

La fractura radicular vertical (FRV) puede manifestarse clínicamente como sensibilidad o dolor localizada al aplicar percusión en una dirección específica, debido a la disrupción de las estructuras dentarias afectadas. En este contexto, el extremo proximal de la sonda periodontal constituye una herramienta diagnóstica de gran utilidad en este caso. Este método implica la aplicación de una presión leve o un golpe controlado sobre el diente comprometido, con el objetivo de evaluar la respuesta del tejido periodontal a la estimulación mecánica. (24)

2.2.3. Microscopio quirúrgico dental

El microscopio quirúrgico dental (MQD), se ha consolidado como una herramienta de valor incalculable en la especialidad de endodoncia. Gracias a su capacidad de magnificación superior a 25 x aumentos y su sistema de iluminación permite al profesional observar con

alta precisión tanto detalles intracoronales como extracoronales. (24) Permiten reconocer grietas lineales microscópicas que pueden presentar leves contrastes de color en comparación con una superficie dental desecada. Se ve favorecida su identificación al aplicar tintes o mediante transiluminación. (22)

Mediante el uso de microscopios e iluminación coaxial, se puede perforar una columna exploratoria a través de una fisura longitudinal para determinar su profundidad o evaluar si se extiende hasta la cámara pulpar. En algunos casos, esta perforación es esencial para identificar que un diente asintomático presente compromiso pulpar directo o ya atravesó un proceso irreversible quedando un tejido pulpar necrótico. (22)

2.2.4. Transiluminación y tinción

La aplicación de azul de metileno o tintura de yodo sobre la superficie del diente resecaado facilita la identificación de una posible línea de fisura, ya que el agente colorante se infiltra a través de los microdefectos estructurales. Posteriormente, el exceso de tinte se elimina mediante alcohol isopropílico al 70%, lo que permite una visualización más clara de la línea de fractura, así como la extensión de la misma dentro de la estructura dentaria. (17,24)

La prueba de transiluminación consiste en la aplicación de una fuente de luz de alta intensidad en dirección horizontal sobre la superficie externa del diente, a nivel de la unión amelocementaria (UEC). La propagación de la luz a través de la estructura dental permite detectar la presencia y extensión de fracturas, las cuales se evidencian como áreas con una tonalidad grisácea debido a la alteración en la transmisión lumínica. (24)

2.2.5. Exposición quirúrgica

La exploración quirúrgica directa representa el método diagnóstico clínico más confiable para la identificación de fracturas radiculares verticales, ya que permite la visualización completa de la fractura longitudinal. Este procedimiento requiere la realización de una incisión con un colgajo de espesor total (mucoperióstico) a nivel del surco gingival, el cual se retrae en dirección apical para exponer la superficie radicular. Se recomienda la utilización de un colgajo triangular con una incisión de descarga, dado que proporciona un adecuado acceso sin necesidad de una extensión excesiva. (24)

Las FRVs se asocian con patrones característicos de reabsorción ósea. Al retraer el colgajo, es posible observar la presencia de tejido granulomatoso que recubre la periferia de la

fractura. La morfología del defecto óseo dependerá de la ubicación de la fisura, pudiendo manifestarse en forma de dehiscencia o fenestración. (11) Tras la eliminación completa del tejido inflamatorio, la línea de fractura suele volverse visible; sin embargo, en los casos en los que la fisura no sea directamente identificable, la presencia del defecto óseo se considera un hallazgo diagnóstico concluyente. (26,27)

2.2.6. Radiografía periapical

La radiografía periapical (PR) es el método de exploración de primera línea no invasivo para identificar alteraciones en la región coronal o radicular, así como para evaluar el estado de los tejidos periodontales. No obstante, presenta ciertas limitaciones diagnósticas, como la obtención de una imagen bidimensional con superposición de estructuras adyacentes al diente, la superposición de los conductos radiculares sobre la línea de fractura, la dificultad para visualizar fracturas en raíces fusionadas debido a la interferencia de estructuras anatómicas radiopacas y la distorsión geométrica. Para mejorar la detección de fracturas radiculares verticales (FRVs), es fundamental que el plano de fractura se encuentre paralelo al haz central de rayos X o dentro de un margen de 4°. Además, se recomienda la adquisición de radiografías en diferentes ángulos u optar por la técnica de Clark para optimizar el diagnóstico. (7,28) Otros signos radiográficos para identificar FRVs

2.2.6.1. Rastro de cemento

Las fracturas que se extienden en dirección mesio-distal del diente suelen identificarse con mayor frecuencia tras la finalización del tratamiento endodóntico. Esto se debe a la presencia de residuos de material de obturación que pueden visualizarse a nivel coronario o a lo largo de la raíz. Dicho material corresponde al cemento sellador que ha sido comprimido y se filtra al exterior de la fractura, haciéndose evidente en estudios radiográficos. Aunque puede asemejarse a la obturación de conductos accesorios, su apariencia es menos definida. (24)

2.2.6.2. Pérdida ósea en forma de halo

Los dientes con procesos necróticos presentan una reabsorción ósea localizada a nivel apical. En contraste, en presencia de una fractura radicular vertical (FRV), la pérdida ósea adopta un patrón característico en forma de "halo", circundando la superficie radicular. La imagen radiolúcida resultante suele extenderse de manera amplia sobre uno de los lados de la raíz, conformando un patrón conocido como lesión en "tipo J". En los dientes multirradiculares, la sombra radiolúcida puede situarse en el área de furcación o. (29)

2.2.7. Tomografía computarizada de haz cónico

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) genera imágenes tridimensionales (3D) con una reducción significativa del ruido anatómico y una mínima distorsión geométrica. Esta técnica de adquisición de imágenes emplea una fuente de rayos X en forma de cono que rota alrededor del paciente, proyectando la radiación sobre un detector digital de panel plano de movimiento recíprocante. Las proyecciones adquiridas sirven para generar un conjunto de datos volumétricos tridimensionales, a partir del cual es posible reconstruir imágenes seccionales en cualquier plano, optimizando así la evaluación de las estructuras anatómicas. (30)

2.2.7.1. Ventajas y Limitaciones del uso de la CBCT

Entre las principales ventajas de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se encuentra la generación de imágenes de alta calidad, con una reducción significativa de la superposición de estructuras anatómicas. En comparación con la tomografía convencional, esta técnica implica una menor exposición a la radiación y un costo más accesible. Además, la resolución de la imagen está directamente relacionada con el tamaño de los vóxeles; Cuanto más pequeños sean, mayor será la precisión y definición de la imagen, minimizando la distorsión. (11,31)

Las limitaciones de este método de diagnóstico incluyen una mayor exposición a la radiación en comparación con la radiografía periapical. Además, la presencia de artefactos intracanal, como pernos metálicos o gutapercha, puede dificultar la visualización precisa del trayecto de la fractura, reduciendo la capacidad diagnóstica de la CBCT. La precisión de la imagen también está influenciada por las características técnicas del equipo. (11,31)

2.2.7.2. Eficacia de la CBCT

La precisión diagnóstica de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en estudios in vivo presenta valores reducidos de especificidad y sensibilidad, debido a la influencia de diversos factores, como la respiración y los latidos cardíacos del paciente, que generan movimientos involuntarios durante el procedimiento. Además, la presencia de tejidos circundantes, así como materiales como gutapercha, postes metálicos e implantes, producen ruido metálico, así como el efecto de endurecimiento de haz puede afectar la calidad de las imágenes y la identificación de las fracturas. (31)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación adoptará una estructura del tipo de revisión bibliográfica, fundamentado en la recopilación, análisis crítico e interpretación de datos secundarios provenientes de diversas fuentes académicas y bibliográficas. El enfoque metodológico será cualitativo, permitiendo un examen profundo y detallado de la información relevante para el tema de estudio. (32)

3.2. Nivel de investigación

Se enmarca dentro de un diseño descriptivo, cuyo propósito principal es analizar y detallar, de manera objetiva y sistemática, las características inherentes al fenómeno en estudio, sin ejercer intervención alguna que pueda alterar su naturaleza. La investigación se centrará en la revisión y síntesis organizada de la literatura relacionada con los métodos de diagnóstico empleados para la detección de fracturas verticales en dientes posteriores tratados endodónticamente. Se pondrá especial énfasis en identificar y categorizar los parámetros clínicos, los signos radiográficos y la sintomatología asociada.

3.3. Diseño de investigación

El presente estudio es de tipo no experimental, dado que no implica la manipulación intencionada de las variables involucradas, sino que se limita a observar y analizar las relaciones existentes entre ellas en su contexto natural. Además, es de corte transversal, ya que la recopilación y el análisis de datos provenientes de revistas de alto impacto se realizaron en un momento específico en el tiempo.

3.4. Metodología PRISMA

La presente revisión sistemática se desarrolla siguiendo las directrices del método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) que permite garantizar la transparencia, exhaustividad y rigor metodológico en la elaboración de revisiones y metaanálisis, minimizando el sesgo y asegurando que los resultados obtenidos reflejen validez. (33)

3.5. Formulación de la pregunta PICO

La formulación de la pregunta de investigación se llevó a cabo utilizando la estructura PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcomes), permite delimitar con precisión los componentes clave del estudio, facilitando un examen específico, riguroso y metódico de la eficacia, seguridad y pertinencia de una intervención en una población definida.(33) Con base en este enfoque, la estructura PICO fue definida específicamente para guiar el proceso de diagnóstico de fracturas verticales en dientes posteriores sometidos a tratamiento endodóntico, quedó establecida de la siguiente manera:

Tabla 2. Estructura PICO

P (Paciente o problema)	Pacientes con dientes posteriores que han sido sometidos a tratamiento de endodoncia.
I (Intervención)	Método de diagnóstico utilizado para detectar fracturas verticales
C (Comparación)	Comparación entre diferentes métodos de diagnóstico (por ejemplo, radiografías tradicionales, CBCT, pruebas clínicas, etc.).
O (Resultados)	Precisión y efectividad en la detección de fracturas verticales.

Elaborado por: Edgar López

Estableciendo así la pregunta PICO: “*En pacientes con dientes posteriores endodonciados, ¿qué método de diagnóstico es el más efectivos para la detección de fracturas verticales?*”. La pregunta de investigación formulada orienta la revisión bibliográfica hacia estudios que analizan y comparan la sensibilidad y precisión de diversos métodos de diagnóstico utilizados para la detección de fracturas verticales en dientes posteriores tratados endodónticamente.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN:

- ¿Cuáles son los signos y síntomas clínicos asociados a las fracturas verticales en dientes posteriores tratados con endodoncia?
- ¿Cuáles son los factores etiológicos y biomecánicos que predisponen el desarrollo de fracturas verticales en estructuras dentales?

3.6. Establecimiento de criterios de selección

Tabla 3. Criterios de inclusión

Criterios de inclusión	
Tipo de estudio	Estudios aleatorizados, revisiones sistemáticas, artículos originales, estudios in vitro/ in vivo, ensayos clínicos y metaanálisis.
Tiempo de publicación	Últimos 10 años (2014-2024)
Idioma de publicación	Español e inglés
Disponibilidad de textos	Textos completos y gratuitos

Elaborado por: Edgar López

3.7. Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Formulada la pregunta de investigación, se llevó a cabo una búsqueda sistemática de información que cumpla con los criterios de inclusión en las bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, Google Scholar y Medigraphic. La estrategia de búsqueda empleada incluyó una combinación de términos DeCS/MeSH acompañado por la utilización de operadores booleanos: “AND”, “OR”, que permiten la conjugación de términos claves a su vez delimitan las opciones de búsqueda de artículos válidos para la investigación.

3.8. Selección de palabras clave o descriptores

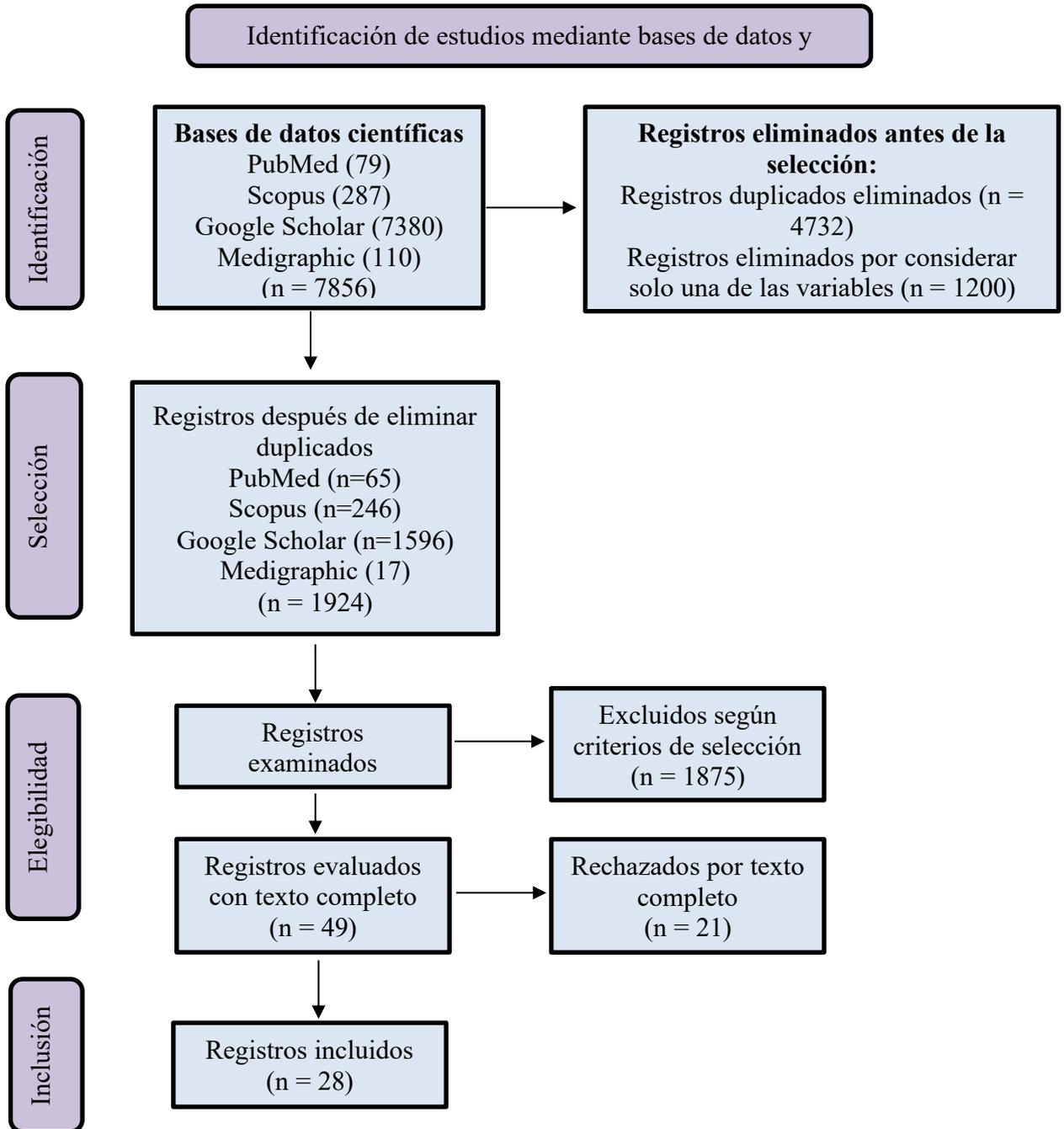
Tabla 4. Cadena de búsqueda en cada base de datos

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Artículos disponibles
PUBMED	"Cone-Beam Computed Tomography" OR "Radiography, Dental, Digital" OR "Radiography, Dental" AND "Tooth Fractures/diagnosis" OR "Tooth Fractures/diagnostic imaging" AND "Tooth Root/diagnostic imaging" OR "Tooth Root/injuries" AND "Sensitivity and Specificity"	79
SCOPUS	"Cone-Beam Computed Tomography OR Radiography, Dental, Digital AND Tooth Fractures AND Tooth Root AND Sensitivity and Specificity"	287
GOOGLE SCHOLAR	Vertical root fracture, Endodontics, Cone-Beam OR Computed OR Tomography, OR Radiography Dental "Diagnostic"	7380
MEDIGRAPHIC	Cone-Beam computed tomography, periapical radiographic AND vertical root fracture, signs and symptoms	110

Elaborado por: Edgar López

3.9. Flujograma prisma

Figura 2. Flujograma PRISMA



Elaborado por: Edgar López

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Tabla 5. En pacientes con dientes posteriores endodonciados, ¿qué método de diagnóstico es el más efectivos para la detección de fracturas verticales?

Nº	Título	Autor(es)	Tipo de estudio	Año de Public	Tipo de diente	Objetivo	Metodología	Técnicas de imagen para el diagnóstico	Sensibilidad	Especificidad	Precisión	Patrón Oro
1	Comparing the In Vivo Diagnostic Accuracy of Digital Periapical Radiography with Cone-beam Computed Tomography for the Detection of Vertical Root Fracture.	Rajesh Chavda, Francesco Mannocci, Manoharan Andiappan, Shanon Patel (26).	In Vivo	2014	Todo tipo	Determinar la variabilidad en el rendimiento diagnóstico de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la radiografía digital (DR) para detectar fracturas radiculares verticales (FRV). (26)	Analizaron 21 dientes con pronóstico desfavorable mediante DR y CBCT. Posteriormente, se extrajeron atraumáticamente, dichas imágenes se examinaron por 13 especialistas en 2 ocasiones confirmando su criterio. (26)	Radiografía digital Tomografía computarizada de haz cónico	16 % 27 %	92 % 83 %	- -	Exploración mediante microscopio quirúrgico a 12 x aumento.
2	Cone beam computed tomography for the diagnosis of vertical root fractures: a systematic review of the literature and meta-analysis.	Stefano Corbella, Massimo Del Fabbro, Aviad Tamse, Eyal Rosen, Igor Tsesis, Silvio Taschieri (34).	Revisión Sistemática a partir de estudios In Vivo/ Ex Vivo	2014	Todo tipo	Analizar la eficacia diagnóstica de la radiografía periapical (PR) y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para la identificación de FRVs. (34)	Se realizó una búsqueda sistemática en Medline, Cochrane y EMBASE, seleccionando estudios que evaluaran el uso de CBCT, PR o ambas en dientes sin tratamiento, obturados y con perno. (34)	CBCT en dientes obturados CBCT en dientes con perno PR en dientes obturados PR en dientes con perno	47 - 100 % 45 - 92 % 30 % 75 %	34 - 93 % 57 - 96 % 92 % 67 %	52 – 95 % 57 – 82 % 88 – 95 % 67 – 72 %	Exploración quirúrgica con magnificación.
3	Cone-beam Computed Tomography for Detecting Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review.	Edwin Chang, Ernest Lam, Prakesh Shah, Amir Azarpazhooh (30).	Revisión Sistemática a partir de estudios In Vivo	2016	Molar/ Premolar	Determinar la precisión diagnóstica de la CBCT en la identificación de FRV en dientes con tratamiento de conductos. (30)	Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en las principales bases de datos electrónicas, complementada con literatura gris. El riesgo de sesgo fue evaluado mediante la herramienta QUADAS. (30)	Tomografía computarizada de haz cónico	84 %	64 %	-	Evaluación intraoperatoria observada mediante microscopio óptico.
4	Detection of artificially induced vertical root fractures of different widths by	I.M. Makeeva, S.F. Byakova, N.E. Novozhilova, E.K. Adzhieva,	In Vitro/ In Vivo	2016	Premolar/ Canino/ Incisivo maxilar	Evaluar el rendimiento diagnóstico de la CBCT para identificar FRV provocadas	Seleccionaron 45 dientes, distribuidos en 2 grupos. El grupo experimental (n=25), se provocaron fracturas tras el	In Vitro anchos de 50-150 lm In Vivo anchos de 50-150 lm	54 % 18 %	93 % 48 %	71 % 29 %	Revisión bajo magnificación con microscopio quirúrgico.

	cone beam computed tomography in vitro and in vivo.	G.I. Golubeva, V.I. Grachev, I.V. Kasatkina (35).				artificialmente con distintos diámetros luminales. (35)	tratamiento endodóntico mediante la inserción de un perno y aplicación de presión. Cinco examinadores determinaron la presencia de FRV en distintos diámetros a través de cortes axiales. (35)	In Vitro con anchos >150 µm In Vivo con anchos de 50-150 µm	100 % 94%	92 % 52 %	97 % 80 %	
5	In Vitro Comparison of Cone Beam Computed Tomography with Digital Periapical Radiography for Detection of Vertical Root Fracture in Posterior Teeth	Mehrdad Abdinian, Hamid Razavian, Nastaran Jenabi (36).	In vitro	2016	Molar/ Premolar	Evaluar la exactitud diagnóstica de la CBCT y la radiografía periapical digital (DPR) aplicada en 3 angulaciones horizontales distintas (20°M, 0°O y 20°D) para la detección de FRV.(36)	Seleccionaron 120 dientes, de los cuales el 50% (n=60) presentaban fracturas, estos se distribuyeron aleatoriamente en 3 grupos: sin material intraconducto; obturados con gutapercha; con perno intraconducto. Posicionaron en una mandíbula seca, analizaron las imágenes 2 especialistas. (36)	PAR ortogonal DPR aplicada en 3 angulaciones sin poste DPR aplicada en 3 angulaciones con poste CBCT sin poste CBCT con poste prefabricado	53 % 60 % 85 % 80 % 70 %	85 % 75 % 70 % 60 % 65 %	- 67 % 77 % 75 % 67 %	Tinción con azul de metileno y visualización directa a través de una lupa 5x.
6	Detection of Vertical Root Fractures Using Three Different Imaging Modalities: An In Vitro Study	Dunia Al Hadi, Sana Parekh, Warda Naeem, Alexander Luke, Simy Mathew (37).	In Vitro	2020	Premolar	Analizar el rendimiento diagnóstico en tres modalidades: CBCT, DPR y PR en la detección de FRV en dientes con y sin tratamiento endodóntico. (37)	Utilizaron 60 dientes recién extraídos, divididos en 2 grupos. En el grupo experimental (n=30) se realizó el tratamiento endodóntico. Posteriormente, al 50% de dientes de ambos grupos se indujeron fracturas de forma mecánica. Tres profesionales valoraron las imágenes. (37)	Radiografía periapical (PR) Radiografía periapical digitales (DPR) Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	33 % 86 % 93 %	97 % 84 % 100 %	65 % 85 % 96 %	Exploración con microscopio de disección con 8x de aumento
7	Assessment of vertical root fracture using cone-beam computed tomography	Ehsan Moudi, Sina Haghanifar, Zahrasadat Madani, Abdolhamid Alhavaz, Ali Bijani, Mohammad Bagheri (38).	In Vitro	2014	Molar/ Premolar	Analizar la eficacia diagnóstica de la CBCT en dientes obturados con gutapercha y en rehabilitados con pernos prefabricados para detectar FRV. (38)	Eligieron 96 dientes, divididos en 6 grupos. Destacan para el análisis las siguientes parejas: A y D obturados con gutapercha y rehabilitados con perno prefabricado; B y E obturados con gutapercha, sin perno. Examinaron 3 radiólogos las imágenes. (38)	CBCT Grupo A-D con perno Grupo E-B sin perno	81 % 94 %	100 % 100 %	- -	Exploración con estereoscópico
8	The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo	S. F. Byakova, N. E. Novozhilova, I. M. Makeeva, V. I. Grachev, I. V. Kasatkina (39).	In Vivo	2019	Molar/ Premolar con sospecha de VRF	Determinar la exactitud de la CBCT en la identificación de fisuras en comparación con el diagnóstico clínico, utilizando como referencia	Se verificaron 88 dientes endodonciados con sintomatología patognomónica de FRV mediante CBCT y posteriormente se extrajeron. Se	Tomografía computarizada de haz cónico	84 %	77 %	81 %	Evaluación quirúrgica bajo magnificación microscópica

						los patrones de reabsorción ósea. (39)	dividieron en 2 grupos y las imágenes fueron analizadas en 2 sesiones por 5 especialistas.(39)						
9	Influence of CBCT metal artifact reduction on vertical radicular fracture detection.	Mariana Rodrigues, Thiago Oliveira, Aline Ferreira, Rogério Ribeiro, Jose Valladares, Fernanda Yamamoto, Maria Garcia (40).	Ex Vivo	2021	Premolares	Evaluar la precisión de la CBCT para el diagnóstico de FRV mediante el uso de una herramienta de reducción de artefactos metálicos (MAR) en dientes con distintos materiales intraconducto. (40)	Se examinaron 45 dientes, de los cuales se dividieron en 3 subgrupos: sin obturación; obturados con gutapercha; poste metálico. Posteriormente, se indujeron fracturas artificiales y dos especialistas evaluaron las nuevas imágenes con y sin MAR. (40)	CBCT sin poste sin MAR CBCT sin poste con MAR CBCT con poste sin MAR CBCT con poste con MAR	77 % 60 % 83 % 67 %	67 % 77 % 53 % 23 %	72 % 68 % 68 % 45 %	Exploración quirúrgica visualizada a través del microscopio	
10	Detection of Vertical Root Fractures Using Cone-Beam Computed Tomography in the Presence and Absence of Gutta-Percha.	Ehsan Hekmatian, Mitra Karbasi, Hossein Fathollahzade, Mahnaz Sheikhi (41).	In Vitro	2018	Premolar	Comparar la eficacia de la CBCT para identificar fisuras longitudinales en conductos tanto con como sin obturación de gutapercha. (41)	Seleccionaron 50 dientes, distribuidos en 2 grupos. El grupo experimental (n=25), se realizó tratamiento endodóntico con la técnica de retroceso y se les indujo fracturas. Obtuvieron las imágenes con los conductos obturados. Luego, se retiró la gutapercha y se adquirió una segunda CBCT. (41)	CBCT obturados con gutapercha CBCT sin obturación de gutapercha	36 % 72 %	68 % 96 %	- -	Observado mediante estereomicroscopio.	
11	Detection of simulated vertical root fractures; which is better multi-detector computed tomography or cone beam computed tomography?	Mostafa Ashmawy, Ibrahim Yamany, Ashraf Abou-Khalaf, Mary Farid, Mohamed Rady (42).	In Vitro	2018	Molar/Premolar	Analizar la precisión diagnóstica de la tomografía computarizada con múltiples detectores (MDCT) y la CBCT en la identificación de FRVs. (42)	Utilizaron 64 dientes, repartidos en 2 grupos. En el grupo experimental (n=32), se indujeron fracturas con un disco de diamante. Las imágenes se valoraron por 2 especialistas y repitieron el proceso en dos ocasiones. (42)	CBCT MDCT	94 % 83 %	100 % 100 %	96,9 % 90,6 %	Exploración con microscopio óptico	
12	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	Angambakkam PradeepKumar, Hagay Shemesh, Malli Nivedhitha, Mohamed Hashir, Selva Arockiam, Tirupambaram Uma, Velmurugan Natanasabapathy (43).	Revisión Sistemática a partir de estudios In Vivo	2021	Dientes Posteriores	Evaluar la eficacia de la CBCT para el diagnóstico de FRV en dientes con tratamiento de conductos, utilizando como referencia la exploración directa. (43)	Se realizó una búsqueda sistemática en Medline, Scopus, Cochrane, complementada con literatura gris. Siguiendo la metodología PRISMA y la estructura PICO. Se empleo la herramienta QUADAS-2 para valorar el riesgo de sesgo en las investigaciones. (43)	Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	78 %	80 %	86 %	Intervención exploratoria quirúrgica	

13	In Vivo Detection of Subtle Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth by Cone-beam Computed Tomography	Lei Zhang, Wang Tiemei, Ya Cao, Congyue Wang, Baochun Tan, Xuna Tang, Renxiang Tan, Zitong Lin (44).	In Vivo	2019	Dientes posteriores con sospecha clínica de VRF	Analizar la precisión de la CBCT para identificar fisuras longitudinales agudas y comparar con la literatura disponible para su diagnóstico. (44)	Examinaron 29 dientes bajo sospecha clínica y se confirmó tras la refracción de la mucosa. La evaluación de las imágenes de CBCT se centró en la identificación de línea de fisura y la extensión de la pérdida ósea en sentido buccopalatino. (44)	Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	33,3 %	100 %	37,9 %	Sondeo periodontal o la remoción quirúrgica dental.
14	Detection of vertical root fractures in the presence of artefacts by digital radiography and cone beam computed tomography	Rosany Carvalho, Flavia Spinelli, Luciana Mendonça, José Arruda, Amália Moreno, Pamella Alvares, Cleomar Rodrigues, Ana Sobral, Marcia Silveira (45).	In Vitro	2021	Premolar	Analizar el rendimiento diagnóstico de la CBCT y la técnica de Clark en dientes obturados y rehabilitados con/sin pernos metálicos. (45)	Utilizaron 22 dientes, divididos aleatoriamente en 3 grupos. G1 (2 dientes asintomáticos tratados endodóticamente); G2 (10 dientes tratados endodóticamente y con fisuras); y G3 (10 dientes tratados endodóticamente con fracturas y rehabilitados con perno metálico). (45)	Radiografía periapical (PR) Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	54 % 55 %	63 % 48 %	58 % 52 %	Analizados con microscopio de disección
15	Accuracy of High-resolution Small-volume Cone-Beam Computed Tomography in the Diagnosis of Vertical Root Fracture: An In Vivo Analysis.	Débora Dias, Lilian Iwaki, Alexandre de Oliveira, Felipe Martinhão, Robson Rossi, Mauricio Araújo, Roberto Hayacibara (46).	In Vivo	2020	Todos los dientes	Comparar la exactitud diagnóstica de la CBCT de volumen reducido y la radiografía periapical (PR) para la detección de FRV. (46)	Incluyeron 82 dientes con sospecha de fracturas con sintomatología, realizaron estudios de imagen y fueron analizadas de forma independiente por dos especialistas para afirmar la existencia de fisuras. (46)	Radiografía periapical (PR) Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	27 % 65 %	80 % 59 %	40 % 64 %	Procedimiento quirúrgico exploratorio
16	Is cone-beam computed tomography more accurate than periapical radiography for detection of vertical root fractures? A systematic review and meta-analysis	Abbas Shokri, Fatemeh Salemi, Tara Taherpour, Hamed Karkehabadi, Kousar Ramezani, Foozie Zahedi, Maryam Farhadian (47).	Revisión Sistemática a partir de estudios In Vivo/ In Vitro	2024	Todos los dientes	Analizar y compendiar la literatura científica actual sobre la exactitud diagnóstica de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la radiografía periapical (PR) para identificar fracturas longitudinales verticales (47).	Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos electrónicos Scopus, PubMed y Web of Science, complementada con literatura gris. La selección de estudios siguió las directrices de la metodología PRISMA y el riesgo de sesgo mediante la herramienta QUADAS-2 (47).	Radiografía Periapical (PR) Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	51 % 70 %	87 % 84 %	- -	Estudio In Vivo con exploración quirúrgica o extracción Estudios In Vitro con exploración microscópica y tinción con azul de metileno.

17	Sensitivity and Specificity of MRI versus CBCT to Detect Vertical Root Fractures Using MicroCT as a Reference Standard	Beth Groenke, Djaudat Idiyatullin, Laurence Gaalaas, Ashley Petersen, Alan Law, Brian Barsness, Mathew Royal, Alex Fok, Donald Nixdorf (48).	In Vitro	2024	Todos los dientes	Evaluar la capacidad diagnóstica de la resonancia magnética (RM) y la CBCT para detectar FRV evaluando la sensibilidad y especificidad. (48)	Evaluaron 120 raíces recién extraídas y sometidas a tratamiento endodóntico, en las cuales se generaron fracturas artificiales mediante métodos mecánicos controlados. Las imágenes axiales obtenidas fueron analizadas por 3 especialistas. (48)	Resonancia Magnética (RM) Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	66 % 58 %	72 % 87 %	- -	Microtomografía computarizada (microCT)
18	Comparison of Digital Diagnostic Value and Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in Determining Vertical Root Fracture in Single Root Teeth	Hamid Taghiloo, Hadi Shokri, Farzad Esmaeili, Sina Taghiloo, Ali-Hossein Dehghani, Mahdi Rahbar (49).	In Vitro	2018	Premolares	Examinar la capacidad diagnóstica de la CBCT y la radiografía digital para la detección de fracturas radiculares verticales. (49)	Seleccionaron 50 dientes íntegros y se distribuyeron aleatoriamente en 2 grupos. En el grupo experimental (n=25) realizaron el tratamiento de conductos con inducción de fracturas mediante escariadores. La CBCT se analizó mediante cortes axiales y transversales, y la radiografía digital con la técnica de Clark y paralela. (49)	Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) Radiografía digital (RPD)	40 % 36 %	100 % 80 %	70 % 58 %	Visualización directa con microscopio de disección

Elaborado por: Edgar López

Análisis:

La primera tabla analizada compara los parámetros diagnósticos (sensibilidad, especificidad y precisión) de distintos métodos, destacando a la cirugía exploratoria con visualización directa mediante microscopía como el estándar de oro. La tinción con azul de metileno facilita la identificación clínica de líneas de fractura, aunque su carácter invasivo ha motivado el desarrollo de técnicas imagenológicas menos agresivas. Entre estas, la radiografía periapical digital y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) son las más estudiadas. Si bien los valores diagnósticos varían entre estudios, los ensayos in vitro muestran mayor precisión debido a la separación artificialmente inducida entre las superficies dentales. En condiciones in vivo, el CBCT ha demostrado superior sensibilidad y precisión para detectar fracturas longitudinales, aunque su eficacia puede verse comprometida por el ruido metálico generado por materiales restauradores como gutapercha o pernos.

Tabla 6. ¿Cuáles son los signos y síntomas clínicos asociados a las fracturas verticales en dientes posteriores tratados con endodoncia?

Nº	Título	Autor(es)	Año de Publicación	Dientes con mayor incidencia de VRF	Signos y síntomas clínicos	Apariencia radiográfica	Conclusión
1	The association between clinical diagnostic factors and the prevalence of vertical root fracture in endodontic surgery.	Wi-Kiong See, Jung-Chun Ho, Chiung-Fang Huang, Wei-Chiang Hung, Chun-Wei Chang (50).	2019	-	Tracto sinusal (64%) Profundidad de la bolsa periodontal \geq 5 mm (59,3%) Hinchazón periodontal (37,3%) Dolor a la palpación (25,4%) Movilidad dental (24,4%) (50).	Áreas radiolúcidas en patrón de “halo” o “J” (52,5%) Área radiolúcida en periapical (47,5%) (50).	La presencia simultánea de un área radiolúcida con patrón “J” o “halo”, tracto sinusal y al sondaje una bolsa periodontal localizada > 5mm constituyen un fuerte indicio de FRV. (50)
2	Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study.	Angambakkam PradeepKumar, Hagay Shemesh, Sundaramurthy Jothilatha, Rangarajan Vijayabharathi, Somasundaram Jayalakshmi, Anil Kishen(18).	2016	Molares mandibulares (34%) Bicúspides maxilares (22,8%) Molares maxilares (17,3%) Bicúspides maxilares (13,2%) Incisivos maxilares (9,6%) Incisivos mandibulares (3%) (18).	Formación de bolsa periodontal localizada profunda y estrecha al sondaje (81%) Formación de tracto sinusal (67%) Hipersensibilidad a la percusión y palpación (60%) (18).	Ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal (23,4%) Radiolucidez en forma de “halo” alrededor de la raíz (48,7%) (18).	Las VRF se caracterizan por presentar sintomatología dolorosa a la palpación/percusión, bolsa profunda localizada, tracto sinusal y radiolucidez con patrón de “halo”. (18)
3	Vertical root fractures of endodontically treated posterior teeth: A histologic analysis with clinical and radiographic correlates	Thomas von Arx, Dieter Bosshardt (51).	2017	1er molar mandibular, compromiso de raíz mesial 2do bicúspide maxilar 1er bicúspide maxilar (51).	Sintomatología dolorosa, responde a la palpación y percusión (60%) Formación de tracto fistuloso (46,7%) Bolsa periodontal estrecha y aislada \geq 6 mm al sondaje (40%) Inflamación de la encía marginal (23,33%) Contenido purulento en fistula y surco (9,99%) (51).	Área radiolúcida en periapical (53,3%) o con forma de “J” (26,7%) a lo largo de la raíz fracturada. Hipodensidad con patrón de “J” (10%) Dehiscencia ósea en marginal (6,66%) Fenestración ósea en apical (6,66%) se examinó en la CBCT (51).	La lesión se extiende sentido vertical hasta comprometer el istmo de la furca. Los signos/síntomas clínicos predominantes incluyeron dolor y la presencia de un tracto fistuloso en el margen gingival. El hallazgo radiográfico más común correspondió a una radiolucidez en la región periapical (51).

4	Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth	Wan Liao, Yi Tsai, Chen Wang, Mei Chang, Wei Huang, Hsueh Lin, Hsin Liu, Chiu Chan, Shu Chang, Jjiang Jeng (52).	2017	Primer molar mandibular en su raíz mesial Segundo bicúspide superior Primer bicúspide superior Incisivos superiores. Segundo molar mandibular (52).	Resalta al sondaje periodontal una profundidad >5 mm en las fisuras. (52)	Observa pérdida ósea a nivel periodontal y apical. Ensanchamiento del espacio del L.P. Ampliación del conducto radicular y separación de fragmentos (52).	Los dientes con tratamientos de conductos que presenten FRVs clínicamente van a manifestar los hallazgos mencionados. (52)
5	In vivo detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth: Accuracy of cone-beam computed tomography and assessment of potential predictor variables.	Marcela Quintero, Leslie Bolaños, Paula Villa, Felipe Restrepo, Sergio Tobón (53).	2021	Dientes posteriores del maxilar y la mandíbula. Dientes multirradiculares con predisposición en la raíz mesial. (53)	Tractos fistulosos Hipersensibilidad a la palpación Absceso periodontal Profundidad al sondaje localizada ≥ 5 mm. (53)	Hipodensidad en patrón de "J" Hipodensidad periapical y perirradicular Hipodensidad en la furca. (53)	Para realizar un diagnóstico preciso de FRV, es esencial que el diente cumpla con al menos tres criterios clínicos patognomónicos, ya que la evaluación de signos/síntomas aislados podría generar confusión debido a los diagnósticos diferenciales. (53)
6	Vertical Root Fracture in Non-Endodontically and Endodontically Treated Teeth: Current Understanding and Future Challenge.	Wan Liao, Chi Chen, Yu Pan, Mei Chang, Jjiang Jeng (25).	2021	Bicúspides maxilares y raíces mesiales de molares mandibulares. (25)	Hiperestesia durante la masticación Inflamación de tejidos blandos y trayecto sinusal Atricción en superficies oclusales. (25)	Radiolucidez lineal en el interior del conducto radicular Halo radiolúcido perirradicular Destrucción ósea en patrones escalonados y angular Defecto óseo en forma de V con reabsorción radicular en la fisura. (25)	Las VRF en dientes sometidos a tratamiento endodóntico están vinculadas a cambios microestructurales acorde con la edad, morfologías radiculares predisponentes y manifestaciones clínicas y radiográficas mencionadas. (25)

Elaborado por: Edgar López

Análisis:

La segunda tabla sintetiza los signos clínicos y radiográficos asociados a las fracturas radiculares verticales, identificando como hallazgo patognomónico la presencia de bolsas periodontales localizadas, estrechas y profundas (>5 mm). Radiográficamente, estas fracturas se manifiestan

con un patrón en forma de “J”, correspondiente al trayecto de la fisura, habitualmente acompañado de pérdida ósea vertical en forma de “V” y tejido granulomatoso perilesional. La acumulación crónica de exudado purulento en la región apical favorece la formación de tractos sinuosos de drenaje. Los primeros molares mandibulares presentan mayor predisposición a este tipo de fracturas, debido al impacto funcional de la cúspide palatina del antagonista sobre el surco oclusal, lo que induce compresión mecánica progresiva por fatiga cíclica.

Tabla 7. *¿Cuáles son los principales factores que contribuyen al desarrollo de fracturas verticales en los dientes?*

Nº	Título	Autor(es)	Año de Publicación	Factores predisponentes
1	Vertical root fractures and their management	Sandhya Khasnis, Krishnamurthy Kidiyoor, Anand Patil, Smita Kenganal (11).	2014	Morfología del sistema de conductos radiculares Disminución de la humedad dentinaria Espesor remanente de la estructura dentinaria Efecto cuña al aplicar el espaciador Técnica de obturación por condensación lateral Cementación de postes intrarradiculares (11)
2	Vertical root fractures in root canal-treated teeth	Assil Russell, Nicholas Chandler, Lara Friedlander (54)	2017	Conformación mecánica del conducto radicular Soluciones irrigantes Medicación intraconducto Compactación y condensación de amalgamas Colocación de implantes adyacentes al diente comprometido Cirugía periapical o apicectomías. (54)
3	Factors Influencing Vertical Radicular Fractures in Teeth Supported by Metallic Dental Core: A Scoping Review	Ichraq Oulghazi, Amal El Yamani, Bouabid Morchad (8)	2020	Cargas oclusales Efecto de férula al conformar el muñón Materiales de post-cemento Pernos intrarradiculares dependiendo del material y coeficiente de elasticidad. (8)
4	Vertical root fractures: A time-dependent clinical condition. A case-control	Claudia García, William Mendoza, Mateo Roldan, Paula Villa, Felipe Restrepo (3).	2021	Retratamiento endodóncico ortógrado Abordaje >2 citas Apósito intraconducto a largo plazo Pacientes con hábitos parafuncionales crónicos (3).

Elaborado por: Edgar López

Análisis:

En la tercera tabla se identifica diversos factores anatómicos, iatrogénicos y funcionales que predisponen al desarrollo de fracturas radiculares verticales. Entre ellos, destacan la configuración anatómica del sistema de conductos radiculares particularmente en dientes con raíces delgadas o múltiples conductos, la pérdida de humedad dentinaria que disminuye la elasticidad del tejido dentinario. Se observa una fuerte asociación entre las técnicas de obturación, especialmente la de condensación lateral y el uso de espaciadores que generan un efecto de cuña, también la rehabilitación con postes intrarradiculares metálicos ocasionan una mayor de tensiones en las paredes del conducto. Factores biomecánicos, como el bruxismo y la carga oclusal excesiva, también contribuyen significativamente, especialmente en dientes debilitados estructuralmente o retratados.

4.2 DISCUSIÓN

La identificación de las fracturas radiculares verticales (FRV) representa un desafío clínico significativo debido a la posibilidad de obtener resultados falsos negativos, lo que puede favorecer la progresión del daño en los tejidos periodontales. Por otro lado, un falso positivo podría conducir a la extracción innecesaria del órgano dental. La precisión diagnóstica se ve comprometida por la presencia de signos y síntomas inespecíficos, así como por la mínima separación entre las superficies radiculares, lo que dificulta su detección mediante los métodos convencionales. (53)

En este sentido, la radiografía periapical convencional continúa siendo el método diagnóstico de elección inicial debido a su capacidad para proporcionar una representación bidimensional de la anatomía dentaria. No obstante, estudios *in vivo* realizados por Dias D et al. (46), Shokri A et al (47) han reportado una reducción significativa en la sensibilidad y precisión para la detección de fracturas radiculares, con valores de 27% y 51%, y 40%, de forma correlativa. Esta limitación es atribuida a factores como la distorsión geométrica y la incapacidad del haz de rayos x para atravesar paralelamente a la línea de fisura.

De manera complementaria, autores como Abdinian M et al. (36), Al Hadi D et al. (37) en sus estudios *in vitro* han evidenciado que el empleo de radiografías periapicales convencionales presentan limitaciones en términos de sensibilidad, especificidad y precisión. No obstante, al aplicar variaciones en la angulación del haz se logra mejorar la especificidad y precisión hasta un 60% y 67%, y 86% y 85%, respectivamente. A su vez, investigadores como Carvalho R et al. (45), Taghiloo H et al. (49) han comparado la precisión diagnóstica de la técnica de Clark con la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), en la que una diferencia angular de 15° en sentido mesial y distal coincidieron en un 58%. Sin embargo, al incorporar la reconstrucción tridimensional y la eliminación de estructuras superpuestas mediante CBCT, la precisión diagnóstica alcanzó un 52% y 70%, respectivamente.

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) posibilita la examinación del órgano dentario en múltiples planos espaciales y desde diversas angulaciones, mediante la obtención de cortes de alta resolución y contraste. (37) En este contexto, Chang et al. (30) en una revisión de casos *in vivo*, Moudi et al. (38) mediante un estudio *in vitro*, coinciden en señalar

que la CBCT presenta una sensibilidad diagnóstica relativamente alta, con valores del 84% y 81%. Además, destacan que la presencia de gutapercha como material de obturación no comprometió la precisión. Sin embargo, Hekmatian E et al. (41), en su estudio in vitro, reportaron una sensibilidad significativamente menor, cercana al 36%, lo cual atribuyen al efecto de endurecimiento del haz provocado por la presencia de materiales radiopacos/hiperdensos que ocasionan la distorsión de las estructuras metálicas y formación de bandas oscuras. De acuerdo con las investigaciones realizadas por Byakova S et al. (39), PradeepKumar A et al. (43), ambos estudios in vivo respaldan el uso de la CBCT como la herramienta más precisa para la detección de fracturas longitudinales, reportando niveles de exactitud elevados, del 81% y 86%, respectivamente. Sin embargo, Chavda R et al. (26) advierte que la calidad diagnóstica obtenida está condicionada por parámetros técnicos como el tamaño del vóxel, el campo de visión (FOV), la extensión/ancho de la fractura y el método de procesamiento de la imagen, los cuales influyen directamente en la resolución y nitidez de los cortes tomográficos.

Las FRV en estadios iniciales, presentan una notable dificultad diagnóstica dada la ausencia de manifestaciones clínicas evidentes o la presencia de signos y síntomas que simulan cuadros compatibles con patologías de origen endodóntico o periodontal. De acuerdo con PradeepKumar et al. (18) la presentación clínica suele ser tardía, aproximadamente 54 meses posterior a la finalización del tratamiento endodóntico. A medida que la fractura progresa, comienzan a manifestarse signos compatibles con periodontitis apical. En este sentido, von Arx T et al. (51), See et al. (50) señalan que la coexistencia de un tracto fistuloso a nivel del margen gingival, la presencia de una bolsa periodontal localizada estrecha (>5 mm), junto con dolor a la percusión, constituyen hallazgos clínicos indicativos de una posible fractura radicular. Adicionalmente Quintero M et al. (53) destaca que radiográficamente pueden observarse áreas de radiolucidez o hipodensidad con patrón en “J” a lo largo de la raíz, defectos óseos en forma de “V”, así como evidencias de dehiscencia o fenestración ósea, los cuales refuerzan la sospecha clínica.

Diversos factores pueden contribuir al desarrollo de fracturas radiculares. Según García C et al. (3), el retratamiento ortógrado representa un factor de riesgo primario, ya que implica una remoción adicional de dentina radicular con el objetivo de optimizar la desinfección del sistema de conductos. Asimismo, el uso prolongado de hidróxido de calcio como medicación intracanal ha sido identificado como un factor de riesgo secundario, debido a su efecto

negativo sobre la resistencia mecánica de la dentina, favoreciendo su fragilidad. Adicionalmente, la exposición continua a soluciones irrigantes como el hipoclorito de sodio y el EDTA se ha asociado con una disminución de la microdureza dentinaria.

Asimismo, autores como Khasnis S et al. (11), Russell A et al. (54) en sus revisiones señalan que durante la obturación del conducto radicular mediante la técnica de condensación lateral el espaciador puede generar un efecto de cuña induciendo tensiones en las paredes dentinarias. No obstante, Oulghazi I et al. (8) identifica a los postes metálicos como principales causantes, ya que la preparación del espacio para su colocación debilita estructuralmente la raíz y concentra mayores fuerzas de tensión en el conducto. sobre las paredes radiculares. Además, el proceso de corrosión de estos elementos puede inducir una expansión tridimensional, lo que amplifica las tensiones de acúñamiento

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se concluye que el diagnóstico preciso de las fracturas radiculares verticales (FRV) requiere un enfoque integral que combine la evaluación clínica detallada con el uso de herramientas imagenológicas. Los estudios analizados respaldan a la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como la modalidad de imagen más eficaz, dada su alta sensibilidad y su capacidad para identificar características anatómicas complejas, tales como líneas de fractura y defectos óseos asociados, los cuales suelen pasar desapercibidos en las radiografías periapicales convencionales. No obstante, su indicación debe ser cuidadosamente considerada dentro del contexto clínico, teniendo en cuenta factores como la disponibilidad tecnológica, los costos involucrados y la dosis de radiación. Por otra parte, la cirugía exploratoria continúa siendo considerada el estándar de referencia para confirmar la presencia de fracturas radiculares, junto con la aplicación de tinciones y la magnificación. Sin embargo, su efectividad diagnóstica puede verse limitada, al intentar explorar las superficies mesial o distal del diente.

La confirmación del cuadro clínico de las FRV no puede establecerse de manera fiable basándose únicamente en signos o síntomas aislados. Sin embargo, la concurrencia de tres o más hallazgos clínicos y radiográficos aumenta significativamente la sospecha, y puede considerarse altamente sugestiva de su presencia. Entre los criterios más relevantes se incluyen el sondaje periodontal profundo y localizado (>5 mm), el ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal, la pérdida ósea angular de origen apical, el dolor a la masticación y la existencia de trayectos fistulosos o sinusales. La detección temprana de estos signos resulta fundamental para prevenir la progresión del daño periodontal.

Los factores que favorecen el desarrollo de FRV comprenden tanto elementos anatómicos intrínsecos como variables asociadas a intervenciones clínicas. Entre los primeros destacan la morfología y el espesor radicular, los cuales condicionan la resistencia estructural del diente. Por otro lado, los factores extrínsecos incluyen prácticas odontológicas que generan tensiones indebidas en el conducto radicular. Adicionalmente, el envejecimiento fisiológico del diente, la pérdida de hidratación dentinaria posterior al tratamiento endodóntico y la exposición a cargas funcionales repetitivas constituyen elementos que comprometen la integridad biomecánica de la estructura radicular.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, ante la dificultad para establecer un criterio clínico certero, se considere el uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como una herramienta diagnóstica no invasiva de alta precisión, que permite la evaluación detallada de la periferia ósea y de las superficies radiculares en múltiples planos y ángulos. No obstante, en ausencia de esta tecnología, las radiografías periapicales empleando la técnica de Clark constituyen una alternativa viable. Aunque esta modalidad no proporciona reconstrucciones tridimensionales, permite obtener imágenes en diferentes proyecciones anguladas, lo cual puede mejorar la visualización. Por otra parte, la exploración quirúrgica continúa siendo el método más directo para la confirmación visual de la fractura, especialmente cuando se complementa con el uso de colorantes diagnósticos y sistemas de magnificación. Sin embargo, al tratarse de un procedimiento invasivo que implica la manipulación de tejidos blandos, su indicación debe ser cuidadosamente planificada, considerando riesgos, beneficios y posibles abordajes quirúrgicos.
- Ante la presencia de signos o síntomas clínicos aislados, resulta esencial considerar los diagnósticos diferenciales que puedan simular una FRV, dada la superposición de manifestaciones clínicas con otras patologías de origen endodóntico o periodontal. La precisión en la evaluación dependerá en gran medida de la competencia del profesional para realizar una anamnesis exhaustiva, así como de su capacidad para interpretar adecuadamente los hallazgos radiográficos y detectar posibles alteraciones estructurales. En las etapas iniciales del proceso patológico, no se recomienda enfocar la búsqueda exclusivamente en la visualización directa de la línea de fractura, sino más bien en la identificación de defectos óseos perirradiculares sutiles, los cuales constituyen un indicador clave para orientar el juicio clínico.
- En función de los factores predisponentes al desarrollo de FRV previamente analizados, se recomienda la implementación de técnicas mínimamente invasivas tanto durante la preparación biomecánica de los conductos radiculares como en la fase de rehabilitación protésica. Es fundamental considerar las alteraciones estructurales y biomecánicas que el diente ha sufrido como consecuencia del tratamiento endodóntico, priorizando estrategias restauradoras que minimicen el riesgo de concentraciones de estrés y que mitiguen la acción de fuerzas oclusales excesivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 1 de septiembre de 2021;74(9):790-9.
2. Salihu B, Stavileci M. Review of Approaches to the Management of Vertical Dental Root Fractures and Tooth Preservation. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 25 de febrero de 2024;30:e943100-1-e943100-7.
3. García-Guerrero C, Mendoza-Beltrán W, Roldan-Roldan M, Villa-Machado P, Restrepo-Restrepo F. Vertical root fractures: A time-dependent clinical condition. A case-control study in two colombian populations. *J Clin Exp Dent*. 1 de noviembre de 2021;13(11):e1104-11.
4. Landa de Bellera R. [Strategies for the use of cone beam tomography in teeth with suspected root fracture. Report of case series]. *Rev Cient Odontol Univ Cient Sur*. 2023;10(4):e136.
5. Patel S, Bhuvra B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J*. mayo de 2022;55(Suppl 3):804-26.
6. Byakova SF, Novozhilova NE, Makeeva IM, Grachev VI, Kasatkina IV. The detection of vertical root fractures in post-core restored teeth with cone-beam CT: in vivo and ex vivo. *Dentomaxillofacial Radiol*. 24 de mayo de 2019;48(6):20180327.
7. Yang P, Guo X, Mu C, Qi S, Li G. Detection of vertical root fractures by cone-beam computed tomography based on deep learning. *Dentomaxillofacial Radiol*. febrero de 2023;52(3):20220345.
8. Oulghazi I, El Yamani A, Morchad B. Factors Influencing Vertical Radicular Fractures in Teeth Supported by Metallic Dental Core: A Scoping Review. *Clin Cosmet Investig Dent*. 21 de abril de 2024;16:101-14.
9. Kim JH, Eo SH, Shrestha R, Ihm JJ, Seo DG. Association between longitudinal tooth fractures and visual detection methods in diagnosis. *J Dent*. 1 de octubre de 2020;101:103466.

10. Alamri HM, Altamimi A, Mirza MB, Aldosimani MA, Ghabbani H, Aljarbou F. Detecting Vertical Root Fractures Using Modified Methylene Blue Dye: A Preliminary In Vitro Study. *Healthcare*. 9 de febrero de 2023;11(4):504.
11. Khasnis SA, Kidiyoor KH, Patil AB, Kenganal SB. Vertical root fractures and their management. *J Conserv Dent JCD*. marzo de 2014;17(2):103-10.
12. Detección de fracturas radiculares verticales en dientes tratados endodónticamente en ausencia y en presencia de postes metálicos mediante tomografía computarizada de haz cónico - PubMed [Internet]. [citado 7 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27075880/>
13. AAE Online CE: 2022 Fall | Cracked Teeth and Vertical Root Fractures: A New Look at a Growing Problem [Internet]. [citado 9 de junio de 2024]. Disponible en: <https://endoondemand.aae.org/products/2022-fall-cracked-teeth-and-vertical-root-fractures-a-new-look-at-a-growing-problem>
14. Espinosa Torres A. Incidencia de fracturas dentales verticales reportadas en la Ciudad de Chihuahua y su relación con la evolución de la pandemia por COVID-19. *Rev Asoc Dent Mex*. 2022;79(3):136-45.
15. Villalba LDP, Lascano MMP, Cobos JDM. Estudio de caso en endodoncia de dientes fisurados en paciente ecuatoriana. *Rev Cuba Investig Bioméd* [Internet]. 16 de julio de 2023 [citado 10 de junio de 2024];42(2). Disponible en: <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/2937>
16. Chen S, Arola D, Ricucci D, Bergeron BE, Branton JA, Gu L sha, et al. Biomechanical perspectives on dentine cracks and fractures: Implications in their clinical management. *J Dent*. 1 de marzo de 2023;130:104424.
17. Shenoy N, Shenoy A. Periodontal Manifestations in Vertical Root Fractured Teeth. *J Health Allied Sci NU*. 18 de enero de 2022;12:230-4.
18. PradeepKumar AR, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study. *J Endod*. agosto de 2016;42(8):1175-80.

19. Habibzadeh S, Ghoncheh Z, Kabiri P, Mosaddad SA. Diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography for detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review. *BMC Med Imaging*. 1 de junio de 2023;23(1):68.
20. Conahcyt B. Otorgada para estudios de posgrado durante el período de estudios con CVU 1144919.
21. Hasan S, Singh K, Salati N. Cracked tooth syndrome: Overview of literature. *Int J Appl Basic Med Res* [Internet]. 2015 [citado 9 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/reader/316ebd5ce8773c00eb82702af50697922f788cf>
c
22. Mamoun JS, Napoletano D. Cracked tooth diagnosis and treatment: An alternative paradigm. *Eur J Dent*. 2015;9(2):293-303.
23. Barreiro CM, Baz PC, Vila RM, Biedma BM. Importancia de los nuevos instrumentos con tratamiento térmico en el manejo de conductos curvos. A propósito de tres casos. 2021;26.
24. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen. *Vías de la Pulpa*. Elsevier Health Sciences; 2022. 1091 p.
25. Liao WC, Chen CH, Pan YH, Chang MC, Jeng JH. Vertical Root Fracture in Non-Endodontically and Endodontically Treated Teeth: Current Understanding and Future Challenge. *J Pers Med*. diciembre de 2021;11(12):1375.
26. Chavda R, Mannocci F, Andiappan M, Patel S. Comparing the in vivo diagnostic accuracy of digital periapical radiography with cone-beam computed tomography for the detection of vertical root fracture. *J Endod*. octubre de 2014;40(10):1524-9.
27. Yumpu.com. yumpu.com. [citado 25 de octubre de 2024]. Cracking the Cracked Tooth Code - American Association of ... Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/read/51536741/cracking-the-cracked-tooth-code-american-association-of->
28. Menezes RF de, Araújo NC de, Rosa JMCS, Carneiro VSM, Neto AP dos S, Costa V, et al. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth in the absence

- and in the presence of metal post by cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 14 de abril de 2016;16:48.
29. Corbella S, Tamse A, Nemcovsky C, Taschieri S. Diagnostic issues dealing with the management of teeth with vertical root fractures: a narrative review. *G Ital Endodonzia*. 1 de noviembre de 2014;28(2):91-6.
 30. Chang E, Lam E, Shah P, Azarpazhooh A. Cone-beam Computed Tomography for Detecting Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *J Endod*. febrero de 2016;42(2):177-85.
 31. Elena GQA. Tomografía Cone Beam como instrumento complementario de diagnóstico para la detección de fracturas dentales verticales.
 32. Arias-Odón F. Investigación documental, investigación bibliométrica y revisiones sistemáticas. *REDHECS*. 2023;31(22):9-28.
 33. Mancin S, Sguanci M, Andreoli D, Soekeland F, Anastasi G, Piredda M, et al. Systematic review of clinical practice guidelines and systematic reviews: A method for conducting comprehensive analysis. *MethodsX*. 1 de junio de 2024;12:102532.
 34. Corbella S, Del Fabbro M, Tamse A, Rosen E, Tsesis I, Taschieri S. Cone beam computed tomography for the diagnosis of vertical root fractures: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. noviembre de 2014;118(5):593-602.
 35. Makeeva IM, Byakova SF, Novozhilova NE, Adzhieva EK, Golubeva GI, Grachev VI, et al. Detection of artificially induced vertical root fractures of different widths by cone beam computed tomography in vitro and in vivo. *Int Endod J*. octubre de 2016;49(10):980-9.
 36. Abdinian M, Razavian H, Jenabi N. In Vitro Comparison of Cone Beam Computed Tomography with Digital Periapical Radiography for Detection of Vertical Root Fracture in Posterior Teeth. *J Dent*. junio de 2016;17(2):84-90.

37. Al Hadi D, Parekh S, Naeem W, Luke AM, Mathew S. Detection of Vertical Root Fractures Using Three Different Imaging Modalities: An In Vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 1 de mayo de 2020;21(5):549-53.
38. Moudi E, Haghanifar S, Madani Z, Alhavaz A, Bijani A, Bagheri M. Assessment of vertical root fracture using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* marzo de 2014;44(1):37-41.
39. Byakova SF, Novozhilova NE, Makeeva IM, Grachev VI, Kasatkina IV. The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo. *Int Endod J.* septiembre de 2019;52(9):1255-63.
40. Oliveira MR, Sousa TO, Caetano AF, de Paiva RR, Valladares-Neto J, Yamamoto-Silva FP, et al. Influence of CBCT metal artifact reduction on vertical radicular fracture detection. *Imaging Sci Dent.* marzo de 2021;51(1):55-62.
41. Hekmatian E, Karbasi kheir M, Fathollahzade H, Sheikhi M. Detection of Vertical Root Fractures Using Cone-Beam Computed Tomography in the Presence and Absence of Gutta-Percha. *Sci World J.* 9 de julio de 2018;2018:1920946.
42. Ashmawy MS, Yamany I, Abou-Khalaf A, Farid MM, Rady M. Detection of simulated vertical root fractures; which is better multi-detector computed tomography or cone beam computed tomography? *Egypt J Radiol Nucl Med.* 1 de marzo de 2018;49(1):60-5.
43. PradeepKumar AR, Shemesh H, Nivedhitha MS, Hashir MMJ, Arockiam S, Uma Maheswari TN, et al. 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. *J Endod.* agosto de 2021;47(8):1198-214.
44. Zhang L, Wang T, Cao Y, Wang C, Tan B, Tang X, et al. In Vivo Detection of Subtle Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth by Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* julio de 2019;45(7):856-62.
45. Carvalho RLS de, Spinelli F de LC, Mendonça LS de, Arruda JAA de, Moreno A, Alvares PR, et al. Detection of vertical root fractures in the presence of artefacts by

- digital radiography and cone beam computed tomography. *Res Soc Dev.* 10 de agosto de 2021;10(10):e284101018393-e284101018393.
46. Dias DR, Iwaki LCV, de Oliveira ACA, Martinhão FS, Rossi RM, Araújo MG, et al. Accuracy of High-resolution Small-volume Cone-Beam Computed Tomography in the Diagnosis of Vertical Root Fracture: An In Vivo Analysis. *J Endod.* agosto de 2020;46(8):1059-66.
 47. Shokri A, Salemi F, Taherpour T, Karkehabadi H, Ramezani K, Zahedi F, et al. Is cone-beam computed tomography more accurate than periapical radiography for detection of vertical root fractures? A systematic review and meta-analysis. *BMC Med Imaging.* 22 de octubre de 2024;24:286.
 48. Groenke BR, Idiyatullin D, Gaalaas L, Petersen A, Law A, Barsness B, et al. Sensitivity and Specificity of MRI Versus CBCT to Detect Vertical Root Fractures Using MicroCT as a Reference Standard. *J Endod.* junio de 2023;49(6):703-9.
 49. Taghiloo H, Shokri H, Esmaeili F, Taghiloo S, Dehghani AH, Rahbar M. Comparison of Digital Diagnostic Value and Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in Determining Vertical Root Fracture in Single-Root Teeth. *Pesqui Bras Em Odontopediatria E Clin Integrada.* 2018;18(1):10.
 50. See WK, Ho JC, Huang CF, Hung WC, Chang CW. The association between clinical diagnostic factors and the prevalence of vertical root fracture in endodontic surgery. *J Formos Med Assoc.* 1 de marzo de 2019;118(3):713-20.
 51. von Arx T, Bosshardt D. Vertical root fractures of endodontically treated posterior teeth: A histologic analysis with clinical and radiographic correlates. *Swiss Dent J.* 12 de enero de 2017;127(1):14-23.
 52. Liao WC, Tsai YL, Wang CY, Chang MC, Huang WL, Lin HJ, et al. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. *J Endod.* 1 de mayo de 2017;43(5):687-93.
 53. Quintero-Álvarez M, Bolaños-Alzate L, Villa-Machado P, Restrepo-Restrepo F, Tobón-Arroyave S. In vivo detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth:

Accuracy of cone-beam computed tomography and assessment of potential predictor variables. *J Clin Exp Dent*. 2021;e119-31.

54. Russell AA, Chandler NP, Friedlander LT. Vertical root fractures in root canal-treated teeth. | EBSCOhost [Internet]. Vol. 11. 2017 [citado 18 de enero de 2025]. p. 173. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:128623095?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:128623095>