



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

María Soledad
Mareque Bueno

Tesis Doctoral

Estudio Radiológico de la fractura dentaria: Radiografía 2D versus CBCT 3D

Santiago de Compostela, 2024



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

TESIS DOCTORAL

ESTUDIO RADIOLÓGICO DE LA FRACTURA DENTARIA: RADIOGRAFÍA 2D VERSUS CBCT 3D

María Soledad Mareque Bueno

Director: Pablo Castelo Baz

Tutor: Benjamín Martín Biedma

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS



SANTIAGO DE COMPOSTELA
2024



CONFLICTO DE INTERÉS

Yo, María Soledad Mareque Bueno, con DNI 44.078.423-G,

Declaro no tener ningún tipo de conflicto de interés, ni ninguna relación económica, personal, política, interés financiero ni académico que pueda influir en este trabajo.

Así mismo, y con la presente, declaro la completa autoría de todas las figuras que se muestran en la tesis.

En Santiago de Compostela, 20 de diciembre de 2023

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas cuya participación ha sido fundamental en la elaboración de este trabajo:

Al profesor Pablo Castelo Baz, por aceptar ser el director de mi tesis y por su inestimable ayuda en la realización del trabajo.

Al profesor Benjamín Martín Biedma por ser el tutor de mi tesis.

Al profesor Manuel Ruiz Piñón por su gran ayuda en la elaboración del trabajo.

Al resto de miembros de la Unidad docente de Patología y Terapéutica Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, en especial a la doctora Sara Garrido.

A los pacientes que formaron parte de este estudio.

Resumen

Las fracturas longitudinales de los dientes (LTF, por sus siglas en inglés) representan un desafío diagnóstico significativo para los profesionales clínicos debido a su naturaleza compleja y a sus diversas presentaciones clínicas. Este estudio clínico retrospectivo tuvo como objetivo comparar la sensibilidad de las imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) y las radiografías periapicales (PA) para revelar dientes agrietados, dientes divididos y dientes con fracturas verticales de la raíz (FRV) en pacientes que asisten a tres clínicas dentales.

Se incluyeron noventa y ocho pacientes (98 dientes) diagnosticados con una fractura longitudinal del diente (dientes agrietados, dientes divididos y FRV) mediante visualización directa después de la extracción y con registros clínicos y radiográficos completos. Se recopilaron datos demográficos, clínicos y radiográficos, incluyendo edad, sexo, tipo de diente, estado periodontal y presencia de restauraciones. Los datos derivados de las radiografías incluyeron la presencia de obturaciones radiculares, postes intracanales y defectos óseos periodontales. Las imágenes de PA y CBCT fueron evaluadas de manera independiente por dos examinadores para identificar líneas de fractura y los diferentes patrones de pérdida ósea asociados con estos dientes (sin defecto, un defecto angular, un defecto en forma de J o un defecto combinado). Se utilizaron estadísticas descriptivas, tablas de contingencia y pruebas estadísticas para analizar las asociaciones entre variables. Se utilizó la prueba de McNemar para comparar la detección de pérdida ósea perirradicular en radiografías periapicales y escaneos CBCT. La prueba de Fisher se utilizó para examinar las relaciones entre los tipos de fracturas y las variables demográficas. ANOVA se utilizó para comparar la edad de los pacientes según el tipo de fractura. El nivel de significancia se estableció en 0.05. El CBCT fue significativamente más efectivo ($p < 0.05$) en la detección de patrones de pérdida ósea asociados con LTF en comparación con PA, con un 71% de casos detectados por CBCT en comparación con un 42% por radiografías.

La edad promedio fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los dientes con VRF que en los dientes divididos. Se observó una relación significativa entre el tipo de fractura y las siguientes variables: tratamiento de conducto radicular (dientes divididos y VRF, $p = 0.002$), profundidad de sondaje profundo (VRF, $p = 0.026$) y tener más de 8 dientes extraídos en la boca (VRF, $p = 0.032$). En general, el 45% de las fracturas fueron visibles en las PA, y el 65% en los escaneos CBCT.

Los escaneos CBCT proporcionaron significativamente más información sobre las LTF que las radiografías periapicales, especialmente en la identificación de cambios óseos perirradiculares.

Palabras clave: fractura dentaria longitudinal, CBCT, radiografía periapical, tamaño voxel, endodoncia.

Resumo

As fracturas lonxitudinais dos dentes (LTF) representan un desafío diagnóstico significativo para os profesionais clínicos debido á súa natureza complexa e ás súas diversas presentacións clínicas. Este estudo clínico retrospectivo tivo como obxectivo comparar a sensibilidade da tomografía computadorizada de feixe cónico (CBCT) e as radiografías periapicais (PA) para revelar dentes fisurados, dentes divididos e dentes con fracturas radiculares verticais (VRF) en pacientes que asisten a tres clínicas dentais.

Incluíronse noventa e oito pacientes (98 dentes) diagnosticados de fractura dental lonxitudinal (dentes fisurados, dentes divididos e VRF) mediante visualización directa despois da extracción e con rexistros clínicos e radiográficos completos. Recolléronse datos demográficos, clínicos e radiográficos, incluíndo idade, sexo, tipo de dente, estado periodontal e presenza de restauracións. Os datos derivados das radiografías incluíron a presenza de recheos radiculares, postes intracanales e defectos óseos periodontais. As imaxes de PA e CBCT foron avaliadas de forma independente por dous examinadores para identificar as liñas de fractura e os diferentes patróns de perda ósea asociados a estes dentes (sen defecto, un defecto angular, un defecto en forma de J ou un defecto combinado). Utilizáronse estatísticas descritivas, táboas de continxencia e probas estatísticas para analizar as asociacións entre variables. Utilizouse a proba de McNemar para comparar a detección da perda ósea periradicular nas radiografías periapicais e as exploracións CBCT. Utilizouse a proba de Fisher para examinar as relacións entre os tipos de fracturas e as variables demográficas. Utilizouse ANOVA para comparar a idade do paciente segundo o tipo de fractura. O nivel de significación estableceuse en 0,05. O CBCT foi significativamente máis eficaz ($p < 0,05$) na detección de patróns de perda ósea asociados á LTF en comparación coa PA, cun 71% dos casos detectados por CBCT fronte ao 42% polas radiografías. A idade media foi significativamente maior ($p < 0,05$) nos dentes con VRF que nos dentes divididos. Observouse unha relación significativa entre o

tipo de fractura e as seguintes variables: tratamento do canal radicular (dentes divididos e VRF, $p = 0,002$), profundidade de sondaxe profunda (VRF, $p = 0,026$) e ter máis de 8 dentes extraídos na boca (VRF, $p = 0,032$). En xeral, o 45% das fracturas eran visibles nas PA e o 65% nas exploracións CBCT.

As exploracións CBCT proporcionaron significativamente máis información sobre os LTF que as radiografías periapicais, especialmente para identificar os cambios óseos periradiculares.

Palabras chave: fractura lonxitudinal de dentes, CBCT, radiografía periapical, tamaño de voxel, endodoncia.

Abstract

Longitudinal tooth fractures (LTF) pose a significant diagnostic challenge for clinicians due to their complex nature and diverse clinical presentations. This retrospective clinical study aimed to compare the sensitivity of cone beam computed tomography (CBCT) images and periapical radiographs (PA) to reveal cracked teeth, split teeth, and teeth with vertical root fractures (VRFs) in patients attending three dental clinics.

Ninety-eight patients (98 teeth) diagnosed with a longitudinal tooth fracture (cracked teeth, split teeth and VRF) through direct visualization after extraction and with comprehensive clinical and radiographic records were included. Demographic, clinical, and radiographic data were collected, including age, sex, tooth type, periodontal status, and presence of restorations. Data derived from radiographs included presence of root fillings, intra-canal posts, and periodontal bone defects. PA and CBCT images were evaluated independently by two examiners to identify fracture lines and the different patterns of bone loss associated with these teeth (no defect, an angular defect, a J-shaped defect, or a combined defect). Descriptive statistics, contingency tables, and statistical tests were used to analyze associations between variables. The McNemar test was used to compare detection of periradicular bone loss on periapical radiographs and CBCT scans. The Fisher test was used to examine relationships between fracture types and demographics. ANOVA was used to compare the age of patients by type of fracture. The significance level was set at 0.05.

CBCT was significantly more effective ($p < 0.05$) in detecting bone loss patterns associated with LTFs compared to PA, with 71% of cases detected by CBCT compared to 42% by radiographs. Mean age was significantly greater ($p < 0.05$) in teeth with VRFs than in teeth with split teeth. A significant relationship was observed between the type of fracture and the following variables: root canal treatment (split and VRF, $p = 0.002$), deep probing depth (VRF, $p = 0.026$) and having more than 8 extracted teeth in the

mouth (VRF, $p = 0.032$). Overall, 45% of fractures were visible on PAs, 65% on CBCT scans.

CBCT scans provided significantly more information on LTFs than periapical radiographs, particularly in the identification of periradicular bone changes.

Abreviaturas

CBCT:	Tomografía computerizada de haz cónico
LTF:	Fractura dentaria longitudinal (Longitudinal root fracture-inglés)
PA:	Radiografía periapical
VFR:	Fractura radicular vertical
AAE:	Asociación Americana de Endodoncia
ESE:	Sociedad Europea de Endodoncia
µm:	Micras
FOV:	Campo de Visión (Field of view-inglés)
TC:	Tomografía computerizada
3D:	Tres dimensiones
2D:	Dos dimensiones
FRV:	Fractura radicular vertical
VRF:	Fractura radicular vertical (Vertical root fracture-inglés)
Ma:	Mil amperajes
Micro-CT:	Microtomografía computerizada

1. INTRODUCCIÓN	23
1.1 DEFINICIÓN DE ENDODONCIA.....	23
1.2 INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES	23
1.3 RESTAURACIÓN DEL DIENTE ENDODONCIADO.....	24
1.4 PRONÓSTICO Y CAUSAS DE FRACASO DE UNA ENDODONCIA.....	26
1.5 DIAGNÓSTICO EN ENDODONCIA	27
1.6 RADIOLOGÍA EN ENDODONCIA	28
1.6.1 Radiología 2D.....	29
1.6.1.1 Limitaciones y desventajas	29
1.6.2 Radiología 3D: CBCT	30
1.6.2.1 Campo de visión y Vóxel.....	30
1.6.2.2 Ventajas respecto al 2D.....	31
1.6.2.3 Desventajas y limitaciones.....	31
1.6.2.4 Aplicaciones en endodoncia.....	32
1.7 FRACTURAS DENTALES LONGITUDINALES.....	33
1.7.1 Clasificación	33
1.7.2 Pronóstico	36
1.7.3 Prevalencia	38
1.7.4 Etiología	39
1.7.4.1 Factores de riesgo predisponentes.....	39
1.7.5 Patogénesis	40
1.7.6 Diagnóstico.....	40
1.7.6.1 Historia dental	41
1.7.6.2 Examen visual	42
1.7.6.3 Hallazgos clínicos	42
1.7.6.4 Hallazgos radiológicos.....	45
1.7.6.5 Otras intervenciones con fines diagnósticos	46

1.7.7 Manejo clínico.....	46
1.7.8 Prevención.....	48
1.8 FRACTURAS LONGITUDINALES Y CBCT: ¿QUÉ DICE LA LITERATURA?.....	49
2. JUSTIFICACIÓN	59
3. OBJETIVOS	63
3.1 OBJETIVO PRINCIPAL	63
3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	63
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	67
4.1 DECLARACIÓN ÉTICA.....	67
4.2 DISEÑO DEL ESTUDIO Y POBLACIÓN DE PACIENTES.....	68
4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	68
4.3.1 Criterios de inclusión	68
4.3.2 Criterios de exclusión.....	68
4.4 RECOPIACIÓN DE DATOS	68
4.5 DIAGNÓSTICO DE LA FISURA RADICULAR LONGITUDINAL Y FRACTURA LONGITUDINAL	69
4.6 EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA Y PERIODONTAL	70
4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	71
5. RESULTADOS.....	75
5.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO	75
5.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	78
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	82
5.4 RESUMEN	91
6. DISCUSIÓN.....	95
7. CONCLUSIONES.....	115
8. BIBLIOGRAFÍA	119
9. PUBLICACION DERIVADA DE ESTA TESIS.....	129
10. ANEXOS	143
ANEXO 1. COMITÉ DE ÉTICA.....	145
ANEXO 2. AUTORIZACIÓN PUBLICACIÓN	147

Índice de Tablas y Figuras

TABLAS

Tabla 1: Basada en la clasificación de la AAE (AAE 2008). Elaboración propia.	36
Tabla 2: Tabla con el análisis descriptivo para variables demográficas: Edad y Sexo.	76
Tabla 3: Tabla con el análisis descriptivo para variables clínicas, todas ellas categorías: exposición de categorías, frecuencias relativas y absolutas y número de datos faltantes.	77
Tabla 4: Tabla con el resultado del análisis descriptivo (cuatro primeras columnas) y estadístico (cuatro últimas columnas) realizado para identificar la relación entre las variables pérdida ósea en radiografía 2D y señal ósea de fractura en CBCT.	78
Tabla 5: Análisis descriptivo de la detección de pérdida ósea entre PAs y CBCT.	79
Tabla 6: Tabla con el resultado del análisis descriptivo (cuatro primeras columnas) y estadístico (cuatro últimas columnas) realizado para identificar la relación entre las variables pérdida ósea en radiografía 2D y fractura visible en CBCT.	80
Tabla 7: Tabulación cruzada de la clasificación de pérdida ósea detectada tanto por CBCT como por PAs (n = 41) por tipo de defecto.	81
Tabla 8: Análisis estadístico para determinar la relación entre los tipos de fractura y las variables demográficas del estudio.	83
Tabla 9: Análisis estadístico para determinar entre qué tipos de fractura hay diferencias en cuanto a edad a nivel estadístico.	84
Tabla 10: Análisis estadístico para determinar la asociación entre el tipo de fractura y las variables clínicas de estudio.	84
Tabla 11: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Endodoncia.	87
Tabla 12: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Fractura visible clínicamente.	87

Tabla 13: Análisis estadístico para determinar la asociación entre el tipo de fractura y las variables radiológicas de estudio.....	89
Tabla 14: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Pérdida ósea en radiografía 2D (No/Sí).	90
Tabla 15: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Señal ósea de fractura en CBCT.	91

FIGURAS

Figura 1. Fractura cuspídea palatina en un primer molar superior derecho.	34
Figura 2. Primer molar inferior fisurado.	35
Figura 3. Premolar que presenta una fractura radicular vertical.	35
Figura 4. Diente dividido. Elaboración propia.....	36
Figura 5. Primer molar superior que presenta un sondaje profundo.	43
Figura 6. Cirugía exploratoria para confirmar fractura vertical.....	46
Figura 7. La imagen muestra la diferencia entre una fractura pequeña a nivel apical de un 11, señalada con la flecha, frente a una fractura mucho más evidente radiográficamente a nivel del 21.....	53
Figura 8. Gráfico boxplot para la representación de la variable Edad, en años.....	75
Figura 9. Gráfico de barras para representar la información de la variable Sexo.....	76

1

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DE ENDODONCIA

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE), en su Glosario de Términos Endodónticos, define la endodoncia como "la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y de los tejidos perirradiculares, incluyendo la biología de la pulpa normal y la etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades y lesiones de la pulpa y condiciones perirradiculares asociadas" (AAE 2020). Por lo tanto, es la disciplina odontológica encargada de los tejidos pulpar y periradicular, así como de la prevención, diagnóstico y tratamiento.

La terapia endodóntica consiste en el tratamiento químico y mecánico del sistema de conductos para eliminar la patología y promover la reparación de los tejidos perirradiculares. Incluye la limpieza, conformación, eliminación de la infección microbiana y obturación del sistema de conductos. Todo ello ha de realizarse bajo aislamiento absoluto con dique de goma, y debe continuar con la restauración coronal del diente (AAE 2013). La Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) defiende que el objetivo final de un tratamiento endodóntico es la preservación del diente y su función (ESE 2006).

1.2 INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES

La Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) defiende que el tratamiento de conductos ha de ser realizado en dientes con pronóstico razonable, válidos a nivel funcional y/o estético en las situaciones que se describirán a continuación. En primer lugar, la presencia de tejido pulpar dañado de forma irreversible o pulpa necrótica tenga o no signos clínicos y/o radiológicos de periodontitis apical. En segundo lugar, aunque controvertida, está la

desvitalización electiva del diente por motivos restauradores cuando no hay suficiente estructura y es necesaria la colocación de un poste radicular para la posterior retención de una restauración fija, cuando la salud pulpar es dudosa previa a procedimientos restauradores y antes de realizar un tratamiento de hemisección o amputación radicular (ESE 2006). Sumadas a los criterios anteriores, la AAE añade como indicaciones aquellos dientes con un grado de hipersensibilidad térmica que interfiera en su función normal, cuando métodos alternativos para la reducción de la hipersensibilidad han fracasado; así como dientes fracturados o fisurados con afectación pulpar, tengan o no síntomas clínicos, que se espera que de forma razonable puedan mantener una salud periodontal satisfactoria (AAE 2013).

Según la ESE sus principales contraindicaciones son aquellos dientes no restaurables, no funcionales o que presentan un soporte periodontal insuficiente. Entre estos están los dientes de mal pronóstico, en pacientes poco colaboradores o en los que los tratamientos dentales no puedan realizarse por una condición oral pobre que no puede mejorar en un periodo razonable de tiempo (ESE 2006).

1.3 RESTAURACIÓN DEL DIENTE ENDODONCIADO

La restauración del diente endodonciado es una fase clave en dicho tratamiento, ya que en ella se devuelve la función y la estética, y se protege el tejido remanente de un posible fracaso biológico o estructural mediante el sellado coronal (ESE 2021). No obstante, siempre ha suscitado una gran controversia y aún más hoy en día dadas las numerosas opciones de tratamiento y materiales a seleccionar disponibles.

La resistencia a la fractura de un diente disminuye en proporción a la pérdida de tejido (Faria 2011), siendo el efecto ferrule, número de paredes y estructura remanente factores clave en el pronóstico (ESE 2021). En una endodoncia la presencia de caries, la apertura cameral, el ensanchamiento del conducto, empleo de químicos y colocación de un poste reducen significativamente la resistencia del diente, por lo que es de vital importancia minimizar el sacrificio de tejido (Dietschi 2007). No obstante, hay que señalar que, aunque debemos tener presentes los principios de la odontología mínimamente

invasiva, a veces será necesario decantarse por opciones terapéuticas menos conservadoras con el fin de proteger la estructura remanente y minimizar la posibilidad de fracturas.

La selección del tratamiento restaurador no es un proceso sencillo. Cada diente se debe analizar de forma individual, evaluando no sólo la pérdida de tejido, sino también la localización del diente en la arcada, y presencia de puntos de contacto proximales, existencia de fisuras y factores oclusales (ESE 2021). Mientras la presencia de contactos proximales aumenta la supervivencia del diente, que este se sitúe en una posición final en la arcada o no presente puntos de contacto, reduce su supervivencia (Bhuva 2021).

No existe un consenso a seguir en cuanto a la determinación de una u otra restauración para el diente endodonciado. Esta se tiende a establecer en función del número de paredes o de la cantidad de tejido remanente. Autores como Dietschi (Dietschi 2008) defienden que la restauración directa se debe limitar a aquellos casos en los que la pérdida de tejido consiste en una pequeña cavidad de Black tipo I o II mesio-oclusal, disto-oclusal o mesio-ocluso-distal, cuando exista un contexto oclusal favorable y en ausencia de parafunciones. Cuando el tamaño de la cavidad es considerable, y sea necesaria la protección cuspídea o bien existan parafunciones o cargas oclusales aumentadas, la reconstrucción indicada será una incrustación indirecta tipo overlay, siempre dependiendo del pronóstico del diente. Este procedimiento también está indicado si existen facetas de desgaste (Ng 2008). Según Ferraris, las principales indicaciones para la restauración indirecta son cavidades de tamaño mediano a amplio con una o más cúspides perdidas, en las que esté indicada la protección cuspídea, modificación morfológica o aumento de la dimensión vertical para rehabilitaciones orales, en presencia de síndrome del diente fisurado para mantener la vitalidad del diente y en cavidades múltiples en el mismo cuadrante de mediano o gran tamaño. Este autor también determina que cuando el espesor de las paredes remanentes en un diente endodonciado sea menor a 3 mm o exista una fisura se debe realizar protección cuspídea y restaurarlo de manera indirecta con una incrustación (Ferraris 2017). Por el contrario, clases I de dientes posteriores donde las paredes remanentes presentan el grosor adecuado, no existen fisuras o no hay diente antagonista, no será necesaria (ESE 2021). Finalmente, cuando el tejido coronal remanente se reduce a la mitad se deberá optar por una endocorona o corona de recubrimiento total (Dietschi 2008).

En cuanto a la colocación de postes, son de indicación en dientes tratados endodónticamente sin paredes remanentes (ESE 2021), o bien cuando se preserve menos de la mitad de tejido dental residual (Dietschi 2008, Faria 2011), particularmente en dientes anteriores y premolares (ESE 2021). En el pasado, muchos clínicos pensaban incorrectamente que la colocación de un poste aumentaría la resistencia del diente, pero hoy en día se acepta que su función se limita a la retención del material restaurador (Faria 2011).

En molares, la endocorona parece ser una alternativa válida frente a la convencional restauración mediante corona de recubrimiento total más poste (ESE 2021), aunque son necesarios más estudios (Bhuva 2021). En estos dientes, el espacio de la cámara pulpar constituye un elemento de retención para el material restaurador, evitando la colocación del poste y pérdida adicional de esmalte y dentina que provoca el tallado de una corona.

Actualmente las técnicas adhesivas han permitido cambiar el escenario clínico restaurador (Ferraris 2017). Aunque son necesarios estudios prospectivos con periodos de seguimiento amplios, parece ser que las técnicas actuales de restauración, como coronas cerámicas, incrustaciones o endocoronas, son tan duraderas como las tradicionales coronas metal-cerámica (Bhuva 2021). La supervivencia a 5 años tanto de coronas como incrustaciones tipo inlay u onlay excede el 90% (Vagropoulou 2018).

1.4 PRONÓSTICO Y CAUSAS DE FRACASO DE UNA ENDODONCIA

El tratamiento endodóntico tiene una tasa de éxito muy elevada cuando el pronóstico periodontal y restaurador del diente es bueno (Friedman 2002). Según los clásicos estudios de Ngen 2010, la supervivencia, entendida como mantenimiento del diente en boca permitiendo una función adecuada, es de entre el 86% y el 93% para períodos de seguimiento de 2 a 10 años (Ng 2010), y el éxito, definido como salud periapical, del 83% en seguimientos de 2 a 4 años (Ng 2011). La última revisión sistemática publicada, señala un 82% de tasa de éxito con ausencia de lesión periapical tras un seguimiento mínimo de un año (Burns 2022).

Las causas de fracaso de un diente endodonciado pueden ser biológicas, bien endodónticas y/o periodontales, o estructurales. Los principales motivos de fracaso de una endodoncia son la infección postratamiento, la presencia de lesiones cariosas no restaurables, el fracaso restaurador, las fracturas cuspídeas o coronales no reparables, la enfermedad periodontal o las fracturas radiculares verticales. Como se ha mencionado anteriormente, la cantidad del tejido sano remanente y la elección de la restauración son los factores clave que influyen en su supervivencia del diente endodonciado (ESE 2021). El principal motivo que conduce al fracaso endodóntico es la infección microbiológica persistente que a su vez puede ser debida a una obturación inadecuada de los conductos, su sobreobturación, que alguno de ellos no sea tratado o que exista un sellado coronal deficiente (Ng 2010). Varios estudios coinciden en que el primer molar mandibular es el diente endodonciado más extraído, cuando este no ha sido restaurado mediante corona (Touré 2011, Zadik 2008).

Un estudio prospectivo que evaluó 119 dientes extraídos desvitalizados halló como causa primordial la enfermedad periodontal (40.3%), seguida del fracaso endodóntico (19.3%), la fractura cuspídea o coronal (15.1%), la fractura radicular vertical (13.4%) y la lesión cariosa no restaurable (5.2%) (Touré 2011). Por otro lado, un estudio retrospectivo que analizó las causas de extracción de 547 dientes tratados endodónticamente halló que estos son principalmente extraídos debido a la presencia de una lesión cariosa no reparable (61.4%); y en menor medida por motivos endodónticos (12.1% por fracaso endodóntico, 8.8% por fractura radicular vertical, y la misma cifra por perforación iatrogénica) (Zadik 2008). Por tanto, la fractura radicular vertical es uno de los principales motivos de causa endodóntica por el que se produce la extracción del diente.

1.5 DIAGNÓSTICO EN ENDODONCIA

La primera fase del tratamiento de conductos es la de diagnóstico, en la que se ha de determinar el estado del diente, para así establecer un abordaje terapéutico y también plantear un juicioso pronóstico. En el marco de la terapéutica endodóntica, el diagnóstico puede estar presente en varios momentos, no solo preoperatoriamente, sino también peri,

durante el tratamiento, y postoperatoriamente, identificando el resultado del tratamiento y durante el control de su evolución.

El clínico tiene a su disposición diversas herramientas clínicas y radiológicas para realizar un adecuado diagnóstico. Una historia médica y odontológica adecuada, la descripción subjetiva del paciente en cuanto a su molestia, y el examen clínico y radiológico proporcionan la información básica. Estas se acompañarán, en función del cuadro, de pruebas complementarias específicas como las pruebas de sensibilidad térmica, eléctrica, la palpación, percusión, movilidad y sondaje. También están contempladas las pruebas de la cavidad, la anestesia selectiva, transiluminación o la observación de discrepancias oclusales (AAE 2013, ESE 2006). Además, el uso de magnificación puede ser útil y, en ocasiones, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) está indicada (AAE 2013).

1.6 RADIOLOGÍA EN ENDODONCIA

La radiología en endodoncia es una herramienta esencial, que complementa la anamnesis y a la exploración clínica. Su utilidad se extiende a todas las fases del tratamiento, siendo empleada de manera preoperatoria para evaluar la morfología del diente, presencia de fracturas, defectos iatrogénicos, extensión de lesiones cariosas y patología periapical y su extensión, como intraoperatoria, para determinar la longitud del conducto y conometría. De manera posoperatoria se emplearía para evaluar el sellado y condensación del sistema de conductos tras la realización del tratamiento, así como para realizar los controles posteriores que permiten evaluar la evolución del caso (Scarfe 2009).

Cabe destacar que toda prueba radiológica debe emplearse siguiendo el principio ALARA (del inglés As Low As Reasonably Achievable), que establece que toda exposición a la radiación debe ser mantenida a niveles tan bajos como sea razonablemente posible (Patel 2019).

1.6.1 Radiología 2D

La radiografía intraoral convencional es una herramienta muy valiosa en el campo endodóntico (Scarfe 2009). Las proyecciones más útiles para la planificación endodóntica y restauradora son la periapical y la de aleta de mordida. Las radiografías periapicales, con las que se visualiza el diente desde la corona hasta su ápice y los tejidos perirradiculares, permiten estudiar la anatomía radicular y del sistema de conductos, así como detectar la patología periapical y diversas alteraciones, ya sean reabsorciones, fracturas, perforaciones, instrumentos divididos, o la presencia de postes, entre otros. Por su parte, las aletas de mordida permiten visualizar las coronas y tercio coronal-medio de los dientes posteriores del primer y cuarto o segundo y tercer cuadrante, permitiendo evaluar por tanto la presencia de lesiones cariosas proximales, y siendo de utilidad en la planificación restauradora del diente.

1.6.1.1 Limitaciones y desventajas

No obstante, la radiología convencional aporta en 2D (dos dimensiones) una representación de estructuras anatómicas 3D (tridimensionales) (AAE 2016), por lo que fracasa en proporcionar información detallada en cuanto a la morfología del sistema de conductos y estructuras adyacentes, debido a la aparición de artefactos por magnificación, distorsión o superposición (Scarfe 2009). Esto hace que la interpretación de la información pueda ser compleja.

En un estudio realizado por Goldman en el que 6 evaluadores determinaban la curación de lesión periapical, mostró que la tasa de acuerdo entre ellos era del 47% (Goldman 1972). Por tanto, la evaluación radiográfica en 2D es tremendamente dependiente del clínico. No sólo eso, según otro estudio del mismo autor, cuando esos mismos examinadores volvieron a analizar las mismas placas tras unos meses, la concordancia consigo mismos fue del 72% al 88% (Goldman 1974).

1.6.2 Radiología 3D: CBCT

En los últimos años, han aparecido nuevos sistemas de imagen de utilidad en odontología. Uno de ellos es la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT por sus siglas en inglés), una técnica radiológica seccional que emplea un haz de radiación en forma de cono para adquirir un volumen tridimensional en una única rotación de 360 grados (Danforth 2003). Este sistema se desarrolló a finales de los años 90 (Arai 1999), con el fin de obtener imágenes maxilofaciales en 3D con una menor dosis de radiación respecto a la tomografía computarizada (TC), que había surgido pocos años antes (Robb 1982). Desde que en 2001 se aprobó en Estados Unidos el empleo de la primera unidad de CBCT para uso dental (Scarfe 2009), su aplicación en el campo endodóntico no tardó en hacerse valer.

1.6.2.1 Campo de visión y Vóxel

Así como una radiografía convencional se subdivide en píxeles, el CBCT lo hace en vóxeles, que esencialmente son píxeles 3D (Scarfe 2009). Se definen como elementos volumétricos con forma regular dispuestos en una matriz 3D (Schulze 2011). A menor tamaño de vóxel, mayor resolución espacial (AAE 2016).

En función del campo de visión o FOV (field of view por sus siglas en inglés), que es la extensión del volumen escaneado, los sistemas de CBCT se pueden clasificar en grandes, medianos o pequeños (AAE 2016). Cuanto menor FOV, menor dosis de radiación y mayor resolución. Por ello, el campo de visión debería ser aquel que se limitase a cubrir la dimensión de la anatomía que se quiere evaluar, excediéndola levemente. Por ello, para el diagnóstico endodóntico, se recomienda la utilización de un CBCT de alta resolución y campo de visión pequeño, menor a 5 cm, lo que permite minimizar la dosis efectiva de radiación, reducir el tiempo de escaneado y la aparición de artefactos, al mismo tiempo que mejora la resolución espacial (Cotton 2007, Patel 2019, AAE 2016). Para los CBCTs de campo pequeño, el campo de visión o FOV está entre 40-100 mm de diámetro, con vóxeles de 0.1-0.2 mm; frente al campo de 100-200 mm y 0.3-0.4 vóxeles del campo amplio (Cotton 2007).

Siguiendo el principio ALARA, se recomienda emplear el FOV más pequeño posible, el menor tamaño de vóxel, la menor configuración de mA, dependiendo del peso del paciente, y el menor tiempo de exposición, sin comprometer la calidad de la imagen (AAE 2016).

1.6.2.2 Ventajas respecto al 2D

Como se ha mencionado anteriormente, el CBCT ofrece información clínica relevante adicional que no puede obtenerse a través de la radiología convencional (Cotton 2007, Patel 2012, Liang 2011, Ee 2014). Al adquirir un volumen tridimensional, permite realizar cortes en los tres planos del espacio, axial, sagital y coronal, lo que evita la superposición anatómica del 2D (Danforth 2003, Lofthag-Hansen 2006). Así, el autor Ee señala que la evaluación preoperatoria mediante CBCT puede llevar a una modificación del plan de tratamiento en un 62% de los casos respecto de la planificación inicial establecida mediante radiología convencional (Ee 2014).

Diversos estudios afirman que la detección de lesiones periapicales es significativamente mayor cuando se evalúan mediante CBCT respecto a la radiografía periapical (Liang 2011, Cheung 2013, Aminoshariae 2018, Patel 2015). Por ejemplo, Lofthag-Hansen et al. compararon radiografías intraorales con CBCTs en el diagnóstico de lesiones periapicales, hallando que el CBCT permitió el diagnóstico de una lesión periapical en 86 raíces, respecto a 33 diagnosticados a través de radiología 2D (Lofthag-Hansen 2006).

Ya que la información diagnóstica precisa lleva a mejores resultados clínicos, el CBCT es una herramienta clave en la práctica endodóntica moderna (Cotton 2007).

1.6.2.3 Desventajas y limitaciones

El CBCT aporta un mayor análisis tridimensional, a expensas de una mayor dosis de radiación en comparación con las técnicas previamente descritas. Por tanto, su uso ha de considerarse de forma individual para cada caso, empleándose cuando la radiografía

convencional y otras pruebas diagnósticas básicas no aportan una información diagnóstica concluyente (Patel 2019, AAE 2016).

Por otra parte, debe tenerse presente la posible aparición de artefactos. Un artefacto es una estructura que se visualiza en la imagen tridimensional obtenida, pero no está presente en el objeto analizado. Por tanto, pueden interferir en el diagnóstico (Schulze 2011) especialmente cuando existen objetos muy radiopacos como postes, restauraciones metálicas, gutapercha u otros materiales de obturación (Chavda 2014). Varios estudios concuerdan en que la presencia de gutapercha en el sistema de conductos reduce la eficacia del CBCT (Edlund 2011, Wang 2011).

Cabe mencionar además que la calidad de la imagen puede variar en función del escáner, por lo que es dispositivo-dependiente (Patel 2019, Metska 2012).

1.6.2.4 Aplicaciones en endodoncia

El CBCT debe considerarse sólo después de haber realizado un examen clínico y radiológico convencional, cuando la imagen tridimensional pueda proporcionar información útil para el diagnóstico, plan de tratamiento y/o manejo clínico del caso (Patel 2019). Es decir, no se empleará de forma rutinaria en cualquier tratamiento de conductos (AAE 2016). Según las últimas actualizaciones de la ESE (Patel 2019) y la AAE (AAE 2016), la realización de un CBCT de campo pequeño en endodoncia está indicada en las siguientes situaciones:

- Detección de signos radiográficos de patología periapical, cuando los signos y/o síntomas no son específicos y las pruebas bidimensionales no son concluyentes.
- Evaluación y/o tratamiento de traumatismos dentoalveolares, que no pueden apreciarse plenamente mediante radiografía convencional.
- Evaluación preoperatoria de sistemas de conductos anatómicamente complejos, por ejemplo, dens invaginatus.

- Retratamiento no quirúrgico de casos con posibles conductos no tratados y/o complicaciones como, por ejemplo, perforaciones o instrumentos separados.
- Evaluación y/o manejo de la reabsorción radicular potencialmente reparable.
- Evaluación prequirúrgica de una cirugía perirradicular compleja, para evaluar por ejemplo la proximidad a estructuras anatómicas.
- Identificación de la localización espacial de conductos obliterados.
- Detección de fracturas radiculares, cuando el examen clínico y radiológico convencional no son concluyentes.

Profundizando en la última indicación, la ESE puntualiza que está indicado para la detección de cambios óseos periradiculares sugerentes de fracturas radiculares (Patel 2019). En la mayoría de los casos, la sospecha surge por la visualización de un patrón de pérdida ósea específico o el ensanchamiento del espacio periodontal, no por la visualización directa de la fractura (AAE 2016).

1.7 FRACTURAS DENTALES LONGITUDINALES

La presencia de fisuras o fracturas dentales supone un gran reto para el odontólogo, tanto desde el punto de vista diagnóstico, como en lo referente a su manejo clínico. La fractura dental longitudinal, en sus distintas formas y manifestaciones, es una entidad difícil de identificar que consiste en la pérdida de continuidad de los tejidos dentarios a lo largo del plano axial de la raíz (AAE 2020).

1.7.1 Clasificación

Es importante para el odontólogo estar familiarizado con todas las formas de fractura longitudinal para establecer un correcto diagnóstico, pero a menudo es difícil distinguir clínicamente las distintas entidades, ya que los síntomas que las acompañan suelen ser

bastante inespecíficos, por lo que es difícil establecer un plan de tratamiento adecuado, puesto que este depende de la profundidad y extensión de las lesiones, que suele ser imposible de determinar clínicamente. Por ello, la AAE propone una clasificación que pretende servir de guía para el pronóstico y modalidad de tratamiento a elegir, en la que cataloga los dientes con fracturas longitudinales en 5 tipos (Tabla 1): líneas de esmalte, cúspide fracturada, diente fisurado, diente dividido y fractura radicular vertical (AAE 2008).

1. Las líneas de esmalte son aquellas que se limitan a este, sin pérdida de estructura dental. En los dientes posteriores, suelen atravesar las crestas marginales y extenderse en las superficies vestibulares y linguales. En anteriores, se presentan como largas líneas de fisura verticales (AAE2008).
2. La cúspide fisurada o fracturada se define como una pérdida de continuidad completa o incompleta que se inicia en la corona dental y se extiende subgingivalmente hasta la zona cervical, usualmente en dirección mesiodistal y bucolingual, involucrando al menos dos caras de una cúspide al cruzar la cresta marginal (AAE 2008).



**Figura 1. Fractura cuspídea palatina en un primer molar superior derecho.
Elaboración propia.**

3. Un diente fisurado es aquel que presenta una fractura incompleta iniciada en la corona que se propaga subgingivalmente, generalmente en dirección mesiodistal, de extensión y profundidad desconocida (AAE 2008).



Figura 2. Primer molar inferior fisurado. Elaboración propia.

4. La fractura radicular vertical, de ahora en adelante FRV, consiste en una fractura completa o incompleta que suele comenzar en la raíz y se dirige generalmente en dirección bucolingual (AAE 2008).

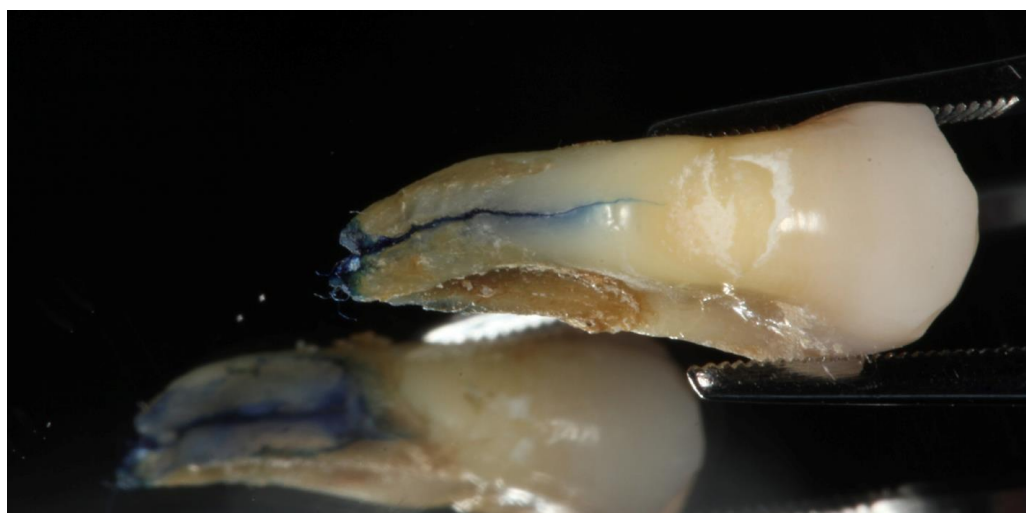


Figura 3. Premolar que presenta una fractura radicular vertical. Elaboración propia.

5. El diente dividido, es consecuencia de la continuación de una fisura o FRV en la que los segmentos se encuentran separados longitudinalmente. Se inicia

coronalmente y se propaga subgingivalmente, normalmente en dirección mesiodistal (AAE 2008).



Figura 4. Diente dividido. Elaboración propia.

Tabla 1: Basada en la clasificación de la AAE (AAE 2008). Elaboración propia.

Fracturas dentales longitudinales	Dirección	Extensión	Comienzo
Líneas de esmalte	Vertical en superficies vestibulares o linguales.	Afectan el esmalte.	Oclusal.
Cúspide fracturada	Mesio-distal y buco-lingual.	Afectan esmalte, dentina y/o pulpa.	Oclusal.
Diente fisurado	Mesio-distal.	Afectan esmalte, dentina y/o pulpa.	Oclusal.
Diente dividido	Mesio-distal.	Afectan esmalte, dentina y/o pulpa.	Oclusal.
Fractura radicular vertical	Buco-lingual.	Afectan esmalte, dentina y/o pulpa.	Apical.

1.7.2 Pronóstico

El pronóstico del diente fisurado es más variable respecto a los otros tipos de fracturas longitudinales. Es importante avisar de ello al paciente, advirtiéndole que el pronóstico será cuestionable, ya que es preferible informar y preparar a los pacientes del potencial de fracaso. Además, el paciente debe saber que aunque el tratamiento sea exitoso en un principio la fisura puede continuar expandiéndose y dividir el diente, pudiendo ser necesaria en última instancia la extracción (AAE 2008).

No obstante, a través de los resultados de numerosos estudios, parece que su tasa de supervivencia es lo suficientemente alta para apoyar su tratamiento. Leong, a través de una revisión sistemática de 4 estudios retrospectivos, determinó una supervivencia del 84% a 5 años de dientes con fisuras (Leong 2020). Otro estudio prospectivo demostró una tasa de éxito del 90.6% a 2-4 años, en dientes endodonciados y restaurados mediante corona, que presentaban fisuras que se extendían hasta el conducto radicular o 5 mm más abajo en sentido apical, concluyendo que el éxito y supervivencia de dientes fisurados con extensión radicular de la fisura es similar a la de dientes endodonciados, y parece ser mayor a la reportada en estudios previos (Davis 2019). Otros estudios hallaron supervivencias 90 % tras 2 años (Kang 2016), o 82% tras un año (Krell 2018, Olivieri 2020) de la realización del tratamiento de conductos. En un estudio que examinó las causas del fracaso de tratamientos endodónticos, halló que tan sólo un 1.2% eran debidos a la presencia de fisuras (Song 2011).

Se han encontrado diversos factores pronósticos asociados a las fisuras:

- Extensión: según la AAE, el pronóstico a largo plazo es mejor cuando la fisura no es visible o no se extiende a través del suelo de la cámara pulpar (AAE 2008). Las fisuras coronales pueden tratarse de forma predecible, pero las radiculares incrementan las posibilidades de extracción (Leong 2020). No obstante, en otro estudio reciente, Davis concluye que no parece que la profundidad de la fisura afecte a su pronóstico (Davis 2019).
- Sintomatología: el pronóstico a largo plazo es mejor cuando el diente permanece asintomático (AAE 2008).
- Sondaje puntual profundo: el sondaje profundo es un factor clínico significativo para la supervivencia del diente fisurado endodonciado (Kang 2016, Davis 2019, Krell 2018, Olivieri 2020, Leong 2020). Leong señala que sondajes mayores a 3 mm se asociaron a dientes con un mayor riesgo de extracción (Leong 2020).

- Número de fisuras: Leong señala la presencia de múltiples fisuras como factores asociados a dientes con un mayor riesgo de extracción (Leong 2020). Por el contrario, otros autores no consideran este factor predictivo (Olivieri 2020).
- Diagnóstico pulpar y periapical: según Krell, el estado periapical previo debe considerarse factor pronóstico (Krell 2018), mientras que parece que el estado pulpar previo no es un factor para tener en cuenta (Krell 2018, Olivieri 2020).

1.7.3 Prevalencia

No es sencillo establecer la prevalencia de estas patologías, debido entre otros motivos a la dificultad para establecer un diagnóstico certero. El diente fisurado parece ser una patología cada vez más frecuente debido, probablemente, tanto al progresivo incremento de la edad de conservación de los dientes, como al aumento del estrés cotidiano, y a la mayor detección de casos en los últimos años gracias a la mayor concienciación de los clínicos y de disponer de mejores medios diagnósticos (AAE 2008). En cuanto a la FRV, parece ser una de las razones más comunes para la exodoncia de dientes desvitalizados, como se ha mencionado anteriormente (Zadik 2008, Touré 2011).

Todas las fracturas longitudinales, excepto las líneas de esmalte se encuentran mayoritariamente en dientes posteriores (AAE 2008), en su mayoría, en dientes restaurados (Seo 2012). Aunque en su mayoría las FRV se observan en dientes endodonciados, también pueden presentarse en dientes vitales (Patel 2022). Los dientes más frecuentemente fisurados son los segundos molares mandibulares (Krell 2018, Kang 2016), seguidos por los primeros molares mandibulares, los molares maxilares y, después, los premolares maxilares (Kang 2016). Los dientes que más FRV son los molares mandibulares, seguido de premolares maxilares (Pradeep 2016). Esto puede explicarse debido a la proximidad de estos dientes a la articulación temporomandibular, que por el efecto palanca hace que la fuerza masticatoria sea mayor en ellos. La mayor incidencia en los molares inferiores podría deberse a la presencia de un surco central más pronunciado (Kang 2016).

La edad se correlaciona con la presencia de fracturas longitudinales, siendo más frecuentes en adultos mayores de 40 años (Pradeep 2016, Seo 2012). Que la mayor incidencia de dientes fisurados se dé en adultos se explica por la pérdida de elasticidad de la dentina, el mayor número de restauraciones y la fatiga por estrés acumulado con los años (Kang 2016). De hecho, la edad media con mayor prevalencia de FRV es la cuarta década de vida (Testori 1993).

1.7.4 Etiología

Aunque la etiología de las fracturas longitudinales es multifactorial, se han hallado diversos factores de riesgo relacionados (Patel 2022).

1.7.4.1 Factores de riesgo predisponentes

Dado que la prevalencia de fracturas longitudinales en dientes endodonciados es significativamente mayor a la de los que conservan su vitalidad, la combinación de pérdida estructural, la presencia de fracturas y líneas de esmalte preexistentes, y los efectos biomecánicos de la pérdida de vitalidad son factores predisponentes (Patel 2022).

Según Tang, hay una serie de factores iatrogénicos que potencian el riesgo de fracturas dentales en dientes endodonciados. En dientes inmaduros, se deben realizar técnicas de apicoformación mediante MTA para lograr el cierre apical antes de obturar el sistema de conductos. En dientes maduros, la remoción de tejido sano debe ser la mínima posible en todas las fases del tratamiento, desde el acceso endodóntico, a la instrumentación del sistema de conductos, preparación del poste y restauración coronal. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el uso prolongado de irrigantes a alta concentración pueden comprometer la integridad mecánica dentinaria, y las fuerzas de compactación elevadas durante la obturación pueden llevar a la fractura de raíces debilitadas. La colocación de postes ha de limitarse a casos esenciales, buscando con su colocación la retención del material restaurador coronal, e inclinándose por la colocación de postes de fibra, en los cuales las fracturas, de producirse, no suelen ser catastróficas. Por último, Tang señala esencial el sellado del acceso endodóntico y la protección de las

cúspides debilitadas en la mayor brevedad posible, tanto para evitar la contaminación del sistema de conductos como para prevenir posibles fracturas, siendo necesario realizar una evaluación del esquema oclusal del paciente y sus posibles hábitos parafuncionales (Tang 2010). Pradeep, en su estudio, al analizar el tratamiento endodóntico del diente con FRV, la característica más hallada fue la sobreobturación del conducto (Pradeep 2016).

Por otra parte, existen también factores anatómicos predisponentes, como la morfología del sistema de conductos y la localización del diente en la arcada, así como la presencia de parafunciones o cargas oclusales desfavorables (Patel 2022).

1.7.5 Patogénesis

Como señala la AAE, en estas entidades, el término longitudinal hace referencia a la extensión de las fracturas tanto en dirección, vertical, como en tiempo (AAE 2008). Aunque no se ha establecido con claridad la patogénesis de las fracturas longitudinales, Patel propone tres estados en el desarrollo de las fracturas. Tienen su inicio como microfisuras en la dentina por la concentración de estrés, pudiéndose iniciar tanto apical, más frecuente, como coronal. En este punto, como señala la AAE, el mayor problema de la presencia de una fisura es el potencial de las bacterias para penetrar a través de ellas, causando patología (AAE 2008). Según Ricucci, independientemente de su tamaño, forma, dirección o extensión, las fracturas longitudinales son colonizadas por bacterias (Ricucci 2015). A continuación, diversos factores biomecánicos serán los responsables de la progresión de la micro-fisura a fractura y, finalmente, el avance de la fractura conducirá a la separación de sus fragmentos, en forma de FRV completa o de diente dividido (Patel 2022).

1.7.6 Diagnóstico

Las fracturas longitudinales suponen en muchos casos un gran desafío diagnóstico para el clínico. Por ello, se deben emplear varios métodos de examinación, combinando el estudio clínico y radiológico (Seo 2012, Bernardes 2009, Kajan 2012). En muchos casos, el diagnóstico definitivo sólo podía realizarse mediante la inspección de la superficie

radicular mediante cirugía exploratoria (Pitts 1983). Actualmente, la magnificación puede permitir en muchos casos la visualización de la línea de esmalte y confirmar así los hallazgos clínicos y/o radiológicos (Alaugaily 2022).

Ante la sospecha de una fractura longitudinal, se debe comenzar cubriendo una historia dental detallada y realizar un examen visual y táctil, para continuar con la realización de diversas pruebas en función del caso: percusión, pruebas de vitalidad, prueba de mordida, sondaje periodontal, examen radiológico, remoción de la restauración, tinción, transiluminación y, por último, exploración quirúrgica (AAE 2008). Además, como el diagnóstico final de una FRV supone generalmente un reto, será crucial hacer un diagnóstico diferencial con otras entidades patológicas (Tamse 1999, Patel 2022).

La facilidad en el diagnóstico depende del caso ante el que nos enfrentemos. La cúspide fracturada y el diente dividido son más fáciles de diagnosticar clínicamente, debido a la movilidad parcial o completa de la parte fracturada, o directamente su ausencia (AAE 2008). Por su parte, el diente fisurado o la FRV suelen presentar hallazgos clínicos y radiográficos similares, que pueden mimetizar lesiones de origen endodóntico, haciendo el diagnóstico y plan de tratamiento un desafío (AAE 2008).

1.7.6.1 Historia dental

El paciente suele presentar dolor al masticar, lo que en algunos casos provoca que haya dejado de masticar por el lado afectado. Los pacientes suelen haber consultado con otros odontólogos con anterioridad, y pueden referir también un accidente masticatorio, o una intervención dental previa.

Los dientes con FRV a menudo presentan una larga historia clínica de malestar o dolor variable, pudiendo ser de intensidad leve a moderada. Rara vez hay dolor intenso asociado a ellos (Tamse 1999, Moule 1999).

1.7.6.2 Examen visual

Para facilitar el examen visual, existen diversas herramientas. El empleo de microscopio es beneficioso para la localización de fisuras y fracturas no visibles de forma normal o no detectables con un explorador endodóntico (Leong 2020). También es útil el uso de lámparas de polimerización para transiluminar el diente y determinar la extensión de la línea. Si la fisura se extiende por la estructura dental, la luz es interrumpida por el plano de fractura, dejando el lado contralateral oscuro. Las líneas de esmalte se diferenciarán de las fisuras reales mediante esta técnica (AAE 2008). El empleo de tintes, como el azul de metileno o detector de caries, también facilitará la visualización de la fractura longitudinal (AAE 2008). Según Patel, el examen clínico mediante magnificación, junto con la transiluminación, son esenciales para el diagnóstico de FRV (Patel 2022).

1.7.6.3 Hallazgos clínicos

Existen diversos hallazgos clínicos relacionados con las fracturas longitudinales, así como pruebas encaminadas a reproducir los síntomas del paciente:

- Sondaje periodontal: el sondaje puntual profundo es, según diversos estudios, el hallazgo clínico más frecuente asociado a FRV (Pradeep 2016, Tamse 1999) aunque suele aparecer en un estadio más avanzado de la fractura, acompañándose ya de un defecto óseo (Moule 1999). Alaugaily halló una correlación estadísticamente significativa entre la extensión radicular de la línea de fractura y la profundidad del sondaje (Alaugaily 2022). Es clave diferenciar entre el patrón de sondaje de un diente con FRV y uno con enfermedad periodontal, en los que la profundidad de la bolsa es bastante uniforme alrededor de gran parte del diente (Tamse 1999, Moule 1999). Cuando se halle un sondaje profundo y estrecho, se debe realizar un diagnóstico diferencial con la periodontitis retrógrada, normalmente en dientes con tratamientos de conductos deficientes, y el surco del desarrollo, más frecuente en incisivos laterales superiores (Moule 1999). Aunque la presencia de un único punto de sondaje profundo no es patognomónico de FRV, sí lo es la combinación de dos puntos de sondajes puntuales profundos en dos caras opuestas del mismo diente (Tamse 1999, Moule 1999), así como la

presencia de un tracto sinusal junto con sondaje puntual profundo en un diente endodonciado (AAE 2008).



Figura 5. Primer molar superior que presenta un sondaje profundo. Elaboración propia.

- Prueba de mordida: si durante esta prueba aumenta el dolor con la liberación de la presión masticatoria, se podrá diagnosticar la fisura del diente, ya que dicho resultado se considera patognomónico. Remarcar que esta prueba resultará dolorosa solamente cuando la pulpa se mantiene vital. Según Seo, la prueba de mordida es la más fiable para reproducir los síntomas, ya que un 82.2% de los pacientes mostraron respuesta positiva a ella (Seo 2012). Cuando se detecta una fisura, realizar el test de la cuña puede permitir diferenciar un diente fisurado de una cúspide fracturada o diente dividido, ya que en estos últimos, tendrá lugar la movilidad de los segmentos (AAE 2008).
- Percusión y palpación: la percusión axial y la palpación suelen ser negativas, solo se positivizan en casos de necrosis pulpar con afectación periapical. En pulpas vitales, la percusión direccional puede abrir momentáneamente la fisura,

tal como ocurre durante la masticación. Cuando el paciente refiere dolor al morder o a la percusión, se debe realizar un diagnóstico diferencial con entidades como la periodontitis apical, enfermedad periodontal o trauma oclusal. Cuando un diente presenta un tratamiento endodóntico correctamente realizado, y dolor a la mordida de forma sostenida en el tiempo, se contemplará la posibilidad de FRV; en cambio, si el tratamiento de conductos es deficiente, probablemente la molestia se deba a que la endodoncia no esté funcionando (Moule 1999).

- Fístula: la presencia de fístula suele asociarse a un fracaso del tratamiento endodóntico, sobre todo cuando esta se sitúa en apical. Cuando la fístula o el absceso se localiza cerca de la encía adherida de un diente endodonciado, debemos sospechar de una posible fractura vertical, aunque también de una posible perforación dental, especialmente si hay colocado un poste, enfermedad periodontal o fracaso endodóntico. Eso sí, la presencia de más de una fístula, en vestibular y palatino, es un signo patognomónico de FRV (Tamse 1999, Moule 1999).

Las fisuras dentales se suelen manifestar en forma del llamado ‘síndrome del diente fisurado’, caracterizado por dolor agudo a la masticación, a la presión o a la liberación, y dolor breve y punzante al frío. Estos síntomas también se correlacionan a la cúspide fracturada. No obstante, el diente fisurado puede presentar signos y síntomas muy variados, desde un dolor muy leve hasta severo y espontáneo, en dientes con patología pulpar irreversible, necrosis o periodontitis apical. Por ello, no debe ser nombrado síndrome (AAE 2008).

En definitiva, la clínica de la FRV puede ser muy variable, y los signos y síntomas clínicos cambiarán en función de la posición de la fractura, tipo de diente, tiempo de evolución, estado periodontal y patrón de destrucción ósea alrededor del diente (Moule 1999). Como se ha explicado, diversos estudios hallaron como pruebas asociadas a la FRV el sondaje puntual profundo, la presencia de tracto sinusal o la inflamación, y el dolor a la palpación y/o percusión (Pradeep 2016, Tamse 1999, Testori 1993, Dias 2020, Pitts 1983). No obstante, los pacientes con FRV usualmente presentan signos y síntomas mínimos, por

lo que normalmente se perciben cuando surge patología periapical. Además, pueden mimetizar otras condiciones, como patología periodontal o un tratamiento endodóntico fallido, lo que hace que su diagnóstico sea aún más complicado (AAE 2008).

1.7.6.4 Hallazgos radiológicos

La apariencia radiográfica de las FRV puede ser muy variable, pudiendo desde no haber ningún cambio, a una pérdida ósea perirradicular, defectos verticales de la cresta ósea, o la separación franca de los fragmentos radiculares (Patel 2022).

Las imágenes radiográficas convencionales muchas veces son inconcluyentes al no ser las fracturas detectables radiográficamente, dado que suelen tener una dirección mesiodistal. La FRV solamente será visible si existe una separación de los fragmentos y esta transcurre en la dirección del plano del foco (Meister 1980, Pitts 1983), o bien si la fractura tiene lugar durante el tratamiento de conductos y el material de obturación se extruye (Pitts 1983).

Cuando la fractura no es visible, el clínico establecerá interpretaciones en base a la lesión perirradicular, ya sea en forma de lesión en J, radiolucidez lateral, angular o en halo (Testori 1993, Tamse 1999, Rud 1970, Pitts 1983). Es decir, por lo general, las radiografías son útiles para detectar signos indirectos, ya sean defectos óseos asociados a la pérdida de inserción del ligamento periodontal, o radiolucidez apical, que es una consecuencia tardía derivada de la necrosis pulpar (AAE 2008).

Dadas las limitaciones de la radiología 2D, diversos estudios han evaluado la utilidad del CBCT para visualizar fracturas radiculares longitudinales (Cotton 2007, Kajan 2012). Cuando existen signos y síntomas clínicos, el CBCT puede ser recomendado para el diagnóstico de FRV en dientes no restaurados (AAE 2016). No obstante, aunque el CBCT es una herramienta útil cuando se combina con el examen clínico, es más probable que el diagnóstico se realice gracias a la detección de cambios en el hueso perirradicular, antes que por medio de la visualización de la línea de fractura (Chavda 2014).

1.7.6.5 Otras intervenciones con fines diagnósticos

Cuando un diente sospechoso de estar fisurado presenta una restauración, su retirada puede confirmar el diagnóstico. De igual forma, en casos de duda sobre la presencia o no de LTF, por ejemplo, ante un sondaje profundo y estrecho, se puede ofrecer al paciente la opción de levantar un colgajo exploratorio para determinar la extensión radicular de una fisura (Patel2022).

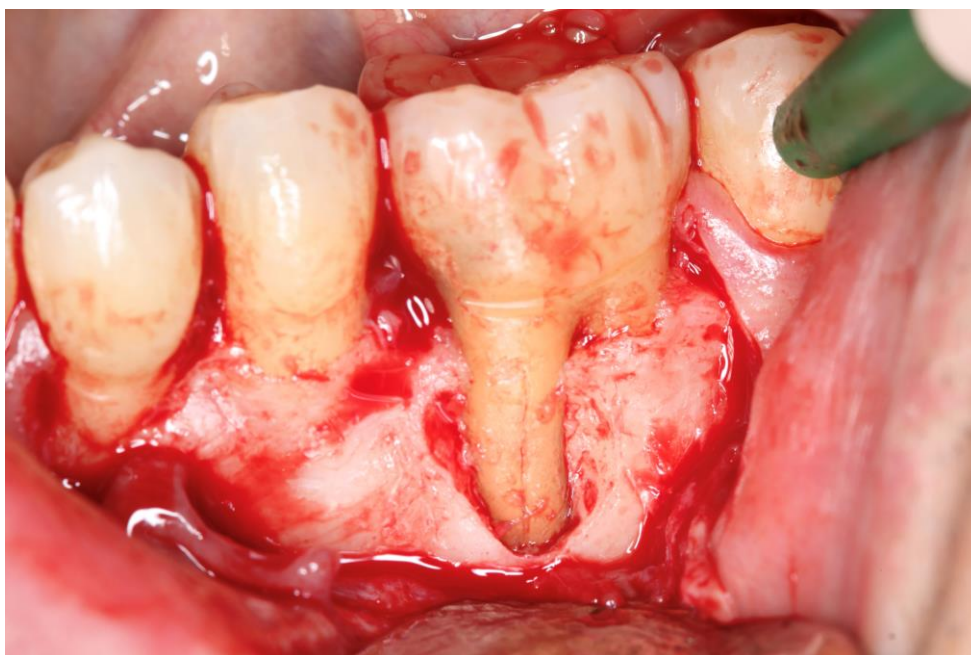


Figura 6. Cirugía exploratoria para confirmar fractura vertical. Elaboración propia.

1.7.7 Manejo clínico

El clínico debe conocer el manejo de cada uno de los 5 tipos de fracturas longitudinales.

El paciente con líneas en esmalte normalmente permanece asintomático, por lo que esta condición no supone un problema clínico (AAE 2008). El manejo de la cúspide fracturada depende de la estructura dental remanente. Si es posible, el diente se tratará removiendo la cúspide afectada y restaurándola mediante técnica directa o bien una restauración indirecta con protección cuspídea, ya sea corona total o incrustación (AAE

2008). Según Castelo-Baz, el manejo de las fracturas cuspídeas dependerá de su profundidad, pudiendo combinarse técnicas de alargamiento coronal y preparación vertical para casos complejos con fracturas subgingivales (Castelo-Baz 2020). Cuando la fractura afecta la cámara pulpar o el diente presenta pulpitis irreversible, se realizará el tratamiento del conducto o técnicas de terapia pulpar vital (AAE 2008).

Aunque el tratamiento del diente fisurado ha suscitado una gran controversia, la tasa de supervivencia de dientes fisurados parece ser lo suficientemente alta para apoyar su restauración (Leong 2020, Davis 2019, Kang 2016, Olivieri 2020). Las opciones de tratamiento para estos dientes deben debatirse con el paciente, para que puedan tomar una decisión, siendo informados del pronóstico e importancia de la conservación del diente en cuestión. Los dientes fisurados requieren un seguimiento clínico y radiológico para monitorizar un posible daño periodontal por la propagación de la fisura, que podría comprometer opciones terapéuticas posteriores del diente como la colocación de un implante (ESE 2021). Según la AAE, el tratamiento de conductos se realizará si el estado pulpar y/o periapical lo requiere (AAE 2008), pero según la ESE, de forma rutinaria, los dientes fisurados han de tratarse mediante tratamiento de conductos (ESE 2021). Según Signore, un onlay/overlay de composite puede eliminar con efectividad los síntomas del diente fisurado sin que fuese necesario realizar la endodoncia en la mayoría de los casos (Signore 2007).

Según la AAE, su manejo dependerá de la extensión y localización de la fisura que como se ha señalado, es difícil de determinar. Cuando una fisura se visualiza en el suelo de la cavidad y/o en la superficie proximal externa, se debe considerar:

- Suelo de la cavidad: eliminar con una fresa la línea de fisura en el área que sería incluida en la apertura cameral ayuda a determinar la extensión apical y si esta involucra o no la pulpa (AAE 2008).
- Superficie proximal: no se recomienda eliminar la línea de fisura debajo del nivel de la unión amelo-cementaria, ya que el diente puede volverse no restaurable. No obstante, debe tenerse en cuenta que no eliminar la fisura puede hacer que las bacterias continúen penetrando (AAE 2008).

Los resultados del tratamiento endodóntico en dientes fisurados pueden mejorarse colocando barreras en la fisura extendiéndolas apicalmente bajo magnificación, realizando una reducción oclusal completa, proporcionando instrucciones postoperatorias específicas y restaurando mediante cobertura total (Davis 2019). Algunos autores defienden que, de forma rutinaria, los dientes fisurados deben ser restaurados mediante recubrimiento cuspeado (Ferraris 2017, ESE 2021).

En la mayoría de los casos, la presencia de FRV es sinónimo de extracción (Tang 2010), aunque en dientes multirradiculares, puede considerarse la amputación de la raíz afectada o la hemisección (AAE 2008, Patel 2022).

Por último, un diente dividido nunca puede mantenerse intacto. El manejo lo determina la extensión de la fractura. Si esta es profunda, el diente debe ser extraído. Si no profundiza más del tercio medio a cervical de la raíz, se puede valorar remover el segmento más pequeño, que será más móvil, y restaurar el remanente (AAE 2008).

1.7.8 Prevención

La prevención de las LTF es crucial, siendo imprescindible identificar dientes los susceptibles de sufrirlas, así como emplear técnicas endodónticas y restauradoras conservadoras (Patel 2022). Las principales pautas para seguir son: evitar la excesiva remoción de dentina interradicular, y minimizar fuerzas internas de cuña, la compactación del material de obturación debe ser controlada y la colocación de postes ha de limitarse a la necesidad de retención de la restauración (AAE 2008).

La detección y manejo temprano de fracturas longitudinales es esencial para aumentar las posibilidades de conservación del diente afectado, o minimizar las consecuencias de una posible complicación, como una FRV completa o diente dividido, asociadas más frecuentemente a dolor y una mayor pérdida ósea perirradicular (Patel 2022).

1.8 FRACTURAS LONGITUDINALES Y CBCT: ¿QUÉ DICE LA LITERATURA?

Hace años, Testori señalaba un periodo medio de 10 años para el diagnóstico de la FRV tras la realización del tratamiento de conductos (Testori 1993). En la actualidad, según Pradeep, el tiempo medio oscila entre los 2 a 5 años (Pradeep 2016). Las nuevas herramientas diagnósticas, sumado al mayor conocimiento actual en torno a las fracturas, han ayudado al diagnóstico de estas entidades. No obstante, este sigue suponiendo un reto para el clínico.

Como se ha indicado, la primera prueba complementaria a realizar ante una sospecha de FRV es el examen radiológico convencional, que se realizará en distintas proyecciones variando el ángulo horizontal del foco (da Silveira 2012). Mediante esta tecnología, el diagnóstico definitivo de FRV sólo es posible si existe una separación de los fragmentos y ésta transcurre en la dirección del plano del foco (Meister 1980). De no ser así, el clínico establecerá interpretaciones en base a los signos indirectos de fractura (AAE 2008).

Cuando esta tecnología no es capaz de proporcionar la información adecuada, la realización de un CBCT está indicada (da Silveira 2012, Patel 2019, AAE 2016, Cotton 2007, Kajan 2012, Edlund 2011). Al compararlo con la radiología convencional, el CBCT permite diagnosticar fracturas dentales en un mayor porcentaje de casos, tanto fracturas radiculares horizontales simuladas (Kamburoğlu 2009), como fracturas radiculares verticales y horizontales en pacientes con dientes endodonciados (Bernardes 2009), o fracturas radiculares artificiales en dientes endodonciados y sin endodonciar (Wang 2011).

Aunque, al igual que mediante el 2D, el CBCT no siempre es capaz de detectar las FRV per se, el patrón de pérdida ósea asociado a ellas sí suele apreciarse (Patel 2022), ya que la FRV es una lesión endoperiodontal (Pitts 1983). Según Alaugaily, mediante CBCT hay 4.4 veces más posibilidades de detectar defectos óseos asociados a fracturas longitudinales en comparación con la radiología convencional (Alaugaily 2022). Aunque hay numerosos estudios que evalúan la habilidad del CBCT en la detección de FRV en dientes endodonciados, sus evaluaciones no suelen incluir los cambios perirradiculares anteriormente descritos.

Según Patel, en estadios iniciales, los signos radiográficos asociados a FRV son un engrosamiento del espacio del ligamento periodontal a lo largo de la pared radicular o bien puede no presentarse ningún cambio óseo. En estadios avanzados, pueden desencadenarse defectos óseos verticales, que incluyen el defecto en J y la radiolucidez en halo; hasta la separación, completa o incompleta, de los fragmentos radiculares (Patel 2022). Tamse clasificó las lesiones perirradiculares asociadas a la FRV en 6 tipos (Tamse 2006):

- Radiolucidez apical: localizada en la región apical sin extenderse 2 mm de la raíz coronalmente.
- Radiolucidez perilateral aislada: limitada a un lado de la raíz sin incluirla coronal ni apicalmente.
- Radiolucidez en ‘halo’: radiolucidez perirradicular localizada lateralmente a la raíz extendiéndose apicalmente a ese lado (a mesial, distal o ambos). Esta lesión fue descrita por Pitts, quién observó la presencia de una radiolucidez similar a un halo alrededor de la raíz de los dientes fracturados cuando la fractura afectaba a la porción apical radicular (Pitts 1983). Se considera un signo clásico de FRV, aunque también puede corresponderse con una periodontitis apical de causa pulpar, aunque la apariencia radiográfica es diferente, ya que cuando la fractura sólo afecta un lado de la raíz, puede evidenciarse una banda que se extiende sólo en esa cara (Pitts 1983).
- Radiolucidez periodontal: radiotransparencia lateral que se extiende apical a la cresta ósea, a mesial, distal o ambos, sin afectar al área periapical. Pitts señaló que cuando la FRV se sitúa en la porción corono radicular, puede simular la pérdida ósea de una lesión periodontal, en forma de radiolucidez lineal que se extiende paralela a la superficie radicular, normalmente hasta el nivel al que se sitúa la fractura. En pacientes sin enfermedad periodontal, una pérdida ósea horizontal bilateral en un diente aislado, debe hacer sospechar de una fractura radicular (Pitts 1983).

- Pérdida ósea vertical: pérdida ósea interproximal en dirección angular o escalonada. Estos defectos óseos escalonados se suelen producir cuando la fractura atraviesa oblicuamente la raíz o no se extiende hasta apical, pero también se dan en lesiones endodónticas como perforaciones, o en dientes con surco del desarrollo (Pitts 1983).
- Radiolucidez en furca: cuando se observa una radiolucidez en furca sin causa aparente y sin signos de patología apical, se debe sospechar de FRV. Esta lesión también puede indicar la presencia de una perforación, conducto lateral, fracaso del tratamiento endodóntico o enfermedad periodontal (Pitts 1983).

La combinación de varios de estos patrones puede aumentar la probabilidad de presencia de una FRV (Pitts 1983). Además, pueden ser visibles signos radiopacos derivados de la extrusión del material de obturación si la FRV tiene lugar durante el tratamiento de conductos, o una reabsorción radicular externa como consecuencia de la inflamación crónica derivada de la línea de fractura (Pitts 1983).

Según Pradeep, la presentación radiográfica más común de la FRV es el halo, seguido del engrosamiento del ligamento periodontal (Pradeep 2016). Por su parte, Tamse halló una radiolucidez lateral o combinación de radiolucidez lateral y periapical en más de la mitad de los casos (Tamse 1999). Para Testori, la presentación más común fue la banda perirradicular (Testori 1993).

Según Ricucci, al emplear CBCT, la sensibilidad en la detección de efectos angulares se incrementó un 46% en dientes fisurados; y el incremento fue del 92% en defectos en J o combinados en dientes con FRV (Ricucci 2015).

Alaugaily ha estudiado mediante CBCT distintos patrones de defectos óseos asociados a las fracturas longitudinales, correlacionándolos con hallazgos clínicos. Halló que los dientes con FRV se asociaron a restauraciones indirectas, sondajes puntuales profundos (>6mm), ausencia de cortical ósea y defectos óseos en J. En cuanto al diente fisurado, este se asoció con restauraciones directas, sondajes poco profundos (< 6mm), corticales óseas intactas, y defectos óseos de tipo angular. Esta diferencia entre los

patrones de pérdida ósea del diente fisurado y de la FRV es estadísticamente significativa, lo que puede ayudar a diferenciarlas y realizar un correcto diagnóstico (Alaugaily 2022).

Youssefzadeh publicó uno de los primeros estudios que evaluó el uso del CBCT para diagnosticar FRV, en el que compararon esta tecnología y la radiología convencional, demostrando la mayor precisión del 3D (Youssefzadeh 1999). A este le siguieron otros que evaluaron la capacidad diagnóstica del CBCT mediante el estudio de fracturas creadas artificialmente.

Hassan comparó el CBCT y la radiología convencional, sin especificar el ancho de la fractura creada y con un CBCT de FOV 10X16 cm y un vóxel de 250 μm , concluyendo que en dientes endodonciados, la precisión del CBCT para detectar FRV es mayor a la de la radiografía periapical (Hassan 2009). Luego, da Silveira apunta que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la capacidad diagnóstica de ambas pruebas en la detección de FRV, cuando la radiografía convencional se realiza en tres angulaciones horizontales diferentes (da Silveira 2012). No obstante, este estudio, al igual que el anterior, tampoco especificó el ancho de las fracturas que creó de forma artificial y, si el tamaño de estas es considerable, puede que esta sea perfectamente visible mediante ambas técnicas. Además, el tipo de vóxel es muy grande no indicado para este tipo de patologías

Özer fue el primero en medir el ancho de las fracturas creadas, comparando aquellas de menos de 200 μm , que consideró fisura, de 200 y de 400 μm , que consideró FRV. Según él, el CBCT es más preciso que el 2D en los tres grupos (Ozer 2010). Por su parte, Patel no halló una mayor precisión del CBCT versus radiografía 2D en el diagnóstico de FRV artificiales completas, más de 200 μm , e incompletas, de entre 50–110 μm , aunque no especificó ni el FOV ni el vóxel empleado. Brady logró generar fracturas de menor calibre, entre 30 y 100 μm en dientes extraídos no endodonciados, concluyendo que aquellas fracturas de ≥ 50 μm , completas, se detectaron significativamente más que las de < 50 μm , que clasificó como incompletas, siendo tanto el CBCT como la radiografía convencional técnicas fidedignas para la detección ex-vivo de fracturas radiculares verticales completas simuladas, pero no para las incompletas (Brady 2013). Como se ha mencionado, se ha de tener en cuenta que las fracturas creadas artificialmente pueden tener anchos mayores que las reales, y por ello es posible que sean detectadas mediante ambos sistemas (Ozer 2010, Patel 2013).

Chavda comparó in vivo la capacidad diagnóstica del CBCT (40 mm³ FOV y 80 μ m vóxel) frente a la radiología convencional, en fracturas de entre 60 y 770 μ m, estableciendo dos grupos, aquellos con fracturas ≥ 300 μ m y <300 μ m, concluyendo que no hay diferencias en el diagnóstico de ambos anchos (Chavda 2014).

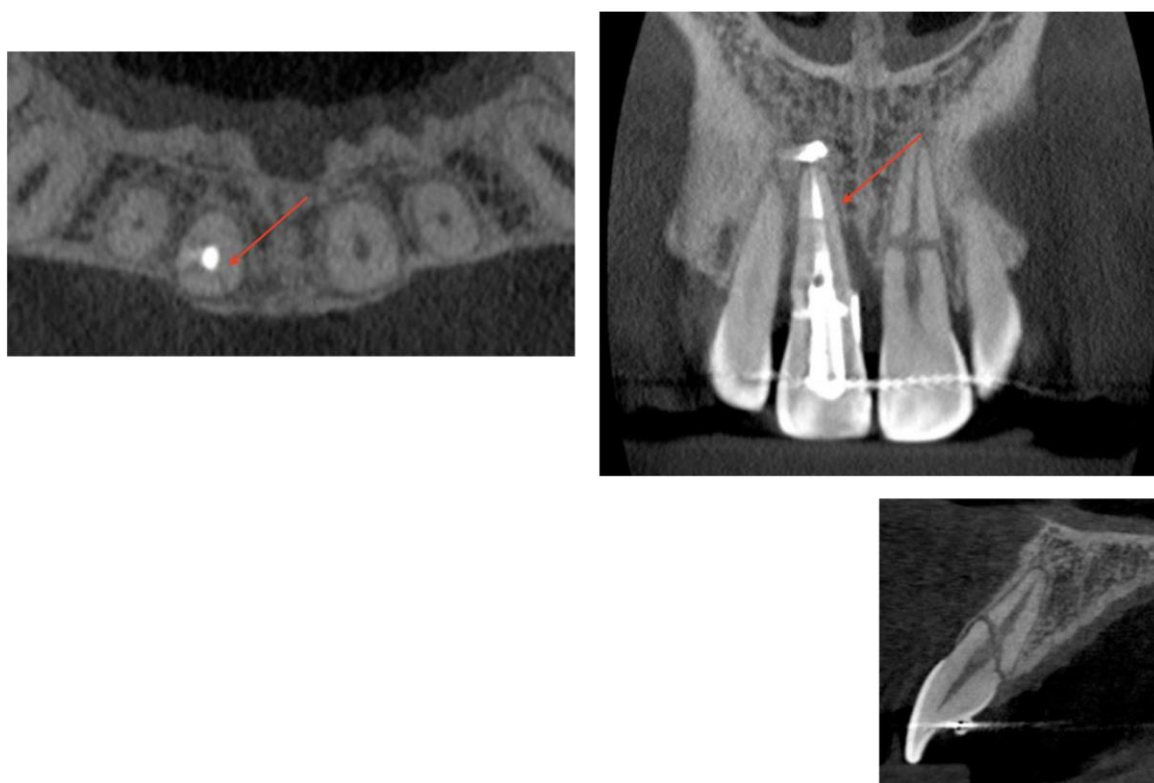


Figura 7. La imagen muestra la diferencia entre una fractura pequeña a nivel apical de un 11, señalada con la flecha, frente a una fractura mucho más evidente radiográficamente a nivel del 21. Elaboración propia.

En un estudio reciente que evaluó in vivo mediante CBCT y micro-CT dientes endodonciados diagnosticados con FRV encontró que, de 32 dientes, sólo en 9 la fractura era visible al CBCT. Aquellas visibles presentaban unos anchos que rondaron las 126 μ m, mientras que las no visibles rondaron las 107 μ m, siendo por tanto su ancho un factor clave para visualizarlas (Gulibire 2020).

A la hora de emplear esta tecnología, es importante tener en cuenta que un campo de visión pequeño con el menor tamaño de vóxel posible aumenta la capacidad de detección de fracturas radiculares verticales de dientes tratados endodónticamente (Edlund 2011). Cuando el ancho de la fractura es menor que el tamaño del vóxel, la fractura y lo que la

rodea suelen formar parte del vóxel (Scarfe 2009). En 2011, Özer publica el primer estudio que compara vóxeles para la evaluación de FRV simuladas. Comparando resoluciones de 0.125, 0.2, 0.3, 0.4, concluye que el vóxel de 0.2mm el mejor protocolo (Ozer 2011). Según da Silveira, el vóxel seleccionado dependerá de si el diente está o no endodonciado, debiendo seleccionar vóxeles de 0.3 para dientes no endodonciados, y 0.2 para dientes endodonciados y/o con poste metálico (da Silveira 2012). En 2016, Talwar publica una revisión sistemática en la que también señala el vóxel de 0.2 mm como mejor protocolo en dientes no endodonciados, indicando que la sensibilidad de esta tecnología se reduce mucho en dientes tratados y puede no ser fidedigna (Talwar 2016).

El sistema CBCT empleado es un factor relevante en el diagnóstico. Hassan comparó 5 sistemas de CBCT para el diagnóstico de FRV, concluyendo que hay una gran diferencia en la habilidad para detectar FRV en función del sistema empleado, dependiendo de las características del detector, FOV y tamaño de vóxel seleccionado. Señala además que los cortes axiales son más precisos que los sagital y coronal para la detección de FRV (Hassan 2010). Brady comparó dos sistemas de CBCT, 3D Accuitomo (J. Morita, Kyoto, Japan), con un FOV de 40x40 mm, y 80 μm de vóxel; e I-CAT (Imag. Scienc. Int., Hatfield, USA) (FOV 16x4 cm, vóxel de 125 μm), siendo el primero más preciso en la detección de FRV menores a 50 μm (Brady 2013). Dias también señala que uno de los mejores sistemas CBCT del mercado es 3D Accuitomo 170 (J. Morita, Kyoto, Japan), con un vóxel de 80 μm (Dias 2020).

En 2019, Guo publica el primer artículo que evalúa de forma simultánea tanto el ancho de la fractura como el tamaño de vóxel, estudiando ex-vivo FRV de 110 a 376 μm en dientes no endodonciados mediante 4 sistemas CBCT, analizando cada uno de los aparatos seleccionando varios tamaños de vóxel. Según él, el ancho de la fractura sí afecta a la capacidad diagnóstica, pero el efecto del tamaño de vóxel depende del sistema CBCT empleado, ya que dicho factor juega un papel importante para las unidades de 3D Accuitomo 170 (J Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan) y ProMax 3D Mid (Planmeca Oy, Helsinki, Finland), pero no para NewTom VGi (Quantitative Radiology, Verona, Italy) e i-CAT FLX (Imaging Sciences International Inc., Hatfield, PA, USA) (Guo 2019). Una revisión sistemática publicada en 2016 afirma que, para I-CAT FLX (I-CAT (Imag.

Scienc. Int., Hatfield, USA) y 3D Accuitomo 170 (J. Morita, Kyoto, Japan), la selección del tamaño de vóxel no juega un factor importante en su precisión (Ma 2015).

Ha de tenerse en cuenta que el diagnóstico mediante CBCT está limitado por la aparición de artefactos. Tanto la obturación del sistema de conductos (Hassan 2009, Wang 2011) como la presencia de postes (Dias 2020) perjudican la visualización de la fractura. Es importante también la subjetividad inherente en el empleo de esta herramienta, ya que el acuerdo entre examinadores al evaluar tanto CBCTs como radiología convencional es pobre, aunque mejora en el CBCT (Chavda 2014).

2

Justificación

2. JUSTIFICACIÓN

A pesar de los avances en Odontología, el diagnóstico de fracturas longitudinales radiculares sigue siendo un reto y en muchas ocasiones plantea un dilema para el clínico. El diagnóstico definitivo a menudo se complica por la baja sensibilidad de las radiografías convencionales en 2D para este tipo de patología.

La aparición del CBCT está mejorando el diagnóstico ya que permite una visualización y evaluación más precisa de los dientes que presentan fracturas, ya sea de manera directa en los propios cortes del estudio, como de manera indirecta, viendo zonas con pérdida de hueso en donde se presupone que se sitúa dicha fractura longitudinal como efecto secundario de la misma.

Es imprescindible el diagnóstico precoz de las fracturas para prevenir la pérdida ósea extensa y los tratamientos innecesarios. Los casos de fracturas dentarias que terminan en exodoncia cada vez son más frecuentes. Suelen estar producidas por hábitos parafuncionales como el bruxismo o apretamiento dentario; siendo los dientes con tratamientos previos de endodoncia o reconstrucción, más sensibles a padecerlas.

Los signos y síntomas más habituales de la fractura dentaria son: dolor, inflamación, sondaje vertical puntual, presencia de fístulas, etc. En ocasiones la fractura de la corona dentaria es evidente, aunque no se conocerá su alcance, hasta la zona radicular donde se extiende. Por eso, es necesario complementar el diagnóstico clínico con el radiológico.

Existe una limitación de la radiología convencional, y por eso en un estudio de la Sociedad Europea de Endodoncia sobre el uso del CBCT se describen estos casos de sospecha de fractura, como una indicación para la realización de un CBCT. (Patel S. et al. 2021).

3

Objetivos

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal del presente estudio clínico retrospectivo es comparar la capacidad de las imágenes CBCT de alta resolución (90 μm) y la radiografía periapical para revelar líneas de fractura longitudinales radiculares y los patrones de pérdida ósea que sugieren dientes fisurados, dientes divididos y fractura radicular vertical.

3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Los objetivos secundarios serán:

- Analizar cómo influye la edad y el sexo dependiendo del tipo de fractura.
- Analizar las variables asociadas a un mayor número de fracturas longitudinales: tipo y localización del diente, presencia de fístula, percusión, palpación, bruxismo, sondaje periodontal, fractura visible clínicamente, tratamiento de conductos, variables relacionadas con la restauración del diente (presencia de obturaciones y de que tipo, amalgama o composite, presencia de coronas de recubrimiento total y presencia de postes) y variables radiográficas (defecto angular, lesión en J, defecto combinado, señal de pérdida ósea, pérdida ósea y fractura visible).

4

Material y Métodos

4. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio actual se realizó de acuerdo con las pautas de los Estándares para la presentación de informes de estudios de precisión diagnóstica (STARD) de 2015 26.

4.1 DECLARACIÓN ÉTICA

Este estudio se realizó respetando las normas éticas y legales de la declaración de Helsinki (1964) y el Convenio de los derechos humanos y biomedicina de Oviedo (1997 y posteriores actualizaciones), de acuerdo con la Ley 14/2011, del 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Con respecto al tratamiento de datos, se realizó en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, de la ley del 41/2002, del 14 de noviembre; básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. Además, también se siguió la Ley 3/2001, del 28 de mayo, reguladora del consentimiento informado y de la historia clínica de los pacientes y la Ley 3/2005, del 7 de marzo, de modificación de la Ley 3/2001 y el Decreto 29/2009 del 5 de febrero, por el que se regula el acceso a la historia clínica electrónica. Las historias clínicas de los 98 pacientes se designaron con un número para anonimizar los datos de sujetos de estudio (1-98).

Este estudio fue aprobado por el comité de bioética de la Universidad de Santiago de Compostela, en Galicia, España (15/2022).

4.2 DISEÑO DEL ESTUDIO Y POBLACIÓN DE PACIENTES

Este estudio retrospectivo analizó datos de pacientes que asistieron a tres clínicas privadas entre 2018 y 2023. Los pacientes incluidos firmaron un consentimiento informado por escrito, aceptando que sus datos fueran analizados con fines científicos.

4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

4.3.1 Criterios de inclusión

- Pacientes sometidos a extracción dental por dientes fisurados, divididos y FRV.
- Examen clínico completo registrado con radiografía periapical tomada mediante la técnica de paralelismo y exploración CBCT.
- Al menos uno de los siguientes signos o síntomas: dolor al masticar, dolor a la percusión, absceso, tracto sinusal, profundidad de sondaje periodontal de 5 mm o mayor al menos en un punto.

4.3.2 Criterios de exclusión

- Pacientes que no requirieran extracción dental.
- Pacientes que no tuvieran un registro clínico completo de las pruebas anteriormente citadas.
- Dientes que se hayan fracturado o seccionado durante la extracción.

4.4 RECOPIACIÓN DE DATOS

Se registró un identificador numérico (1-98) con la información recogida de cada paciente en - cada caso:

- Demográficos: edad y sexo.
- Tipo de diente.
- Sondaje periodontal, fístula o absceso.
- Diagnóstico pulpar.
- Restauración postendodóncica: tipo de prótesis y restauración.
- Hallazgos radiográficos: tratamiento de conducto radicular, presencia de poste y tipo, defecto periodontal (en forma de J, angular o combinado y ensanchamiento del ligamento periodontal).
- Número de ausencias dentales: se diferenció entre más de 8 dientes o menos.

La historia y los detalles relacionados con el tratamiento se obtuvieron de los registros del dentista que había realizado el tratamiento del conducto radicular.

4.5 DIAGNÓSTICO DE LA FISURA RADICULAR LONGITUDINAL Y FRACTURA LONGITUDINAL

Según la Asociación Estadounidense de Endodoncistas, un diente fisurado es una alteración superficial delgada del esmalte, la dentina y posiblemente del cemento, de profundidad o extensión desconocida. Un diente dividido es una continuación de una grieta o fractura vertical de la raíz por la cual los segmentos fracturados quedan completamente separados longitudinalmente, puede ocurrir vestibular-lingual o mesial-distal. La FRV es una fractura en la raíz por la cual los segmentos fracturados no están completamente separados.

El diagnóstico definitivo del tipo de fractura radicular se confirmó después de la extracción bajo visualización directa. Cada muestra se sumergió en hipoclorito de sodio al 3% durante 10 horas para eliminar cualquier rastro de tejido orgánico. La presencia o ausencia de líneas de fractura se observó bajo una lupa Zeiss (S100/OPMI pico; Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Alemania), y los hallazgos se documentaron con una cámara Canon EOS 90D a una magnificación de 16X acoplada al microscopio.

4.6 EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA Y PERIODONTAL

Se tomaron tres radiografías convencionales en 2D, cambiando la proyección, utilizando una unidad Carestream CS 2200 y un sensor digital RVG6200 (Carestream Health, Rochester, EE. UU.), ajustando la dosis de radiación según las características del paciente y el diente, siguiendo las instrucciones del fabricante. La imagen CBCT se realizó con un Carestream CS9300 Select (Carestream Health, Rochester, EE. UU.), siguiendo el protocolo de exposición recomendado por el fabricante para escáneres de alta resolución con un tamaño de voxel de $90\mu\text{m}^3$ (84kVp, 5mA). Se analizaron los planos axial, coronal y sagital de cada diente. El estudio periodontal se realizó analizando la pérdida ósea vertical con una sonda Florida (Florida Probe Corporation, Gainesville, EE. UU.).

Una vez confirmada la fractura longitudinal, se observaron los CBCT preoperatorios de forma independiente por dos examinadores clínicamente experimentados para evaluar los hallazgos radiográficos compatibles con la fractura longitudinal. Antes de analizar las pruebas diagnósticas, se llevó a cabo una calibración y estandarización para la interpretación de las imágenes CBCT. Los examinadores estudiaron las imágenes CBCT de manera independiente, y las lecturas se compararon. En caso de desacuerdo, el caso se discutió con un tercer experto hasta llegar a un consenso. Se evaluó la confiabilidad entre evaluadores mediante la prueba Kappa de Cohen. Para prevenir la fatiga visual un mismo examinador evaluó un máximo de tres casos sin un período de descanso. Cinco semanas después, tuvo lugar un segundo análisis de la confiabilidad del examinador.

Se buscó la presencia de una línea de fractura, completa o incompleta, en los diferentes planos del escáner y se confirmó cuando estaba presente en al menos 3 cortes consecutivos con un grosor de $899\mu\text{m}$ desde el plano axial (Hassan 2009), (Youssefzadeh 1999). Los examinadores clasificaron la línea de fractura utilizando una escala de 3 puntos, según los siguientes criterios (Dias 2020):

- **0**: ausente (sin línea de fractura).
- **1**: incierto (no claramente visible).
- **2**: presente (línea de fractura clara).

En cuanto al estudio periodontal, se consideró que un diente tenía sondaje vertical positivo cuando presentaba una profundidad mayor o igual a 5 mm en uno de los 6 puntos de sondaje (See 2018):

- **0:** no hay pérdida ósea.
- **1:** pérdida ósea vertical mayor o igual a 5 mm en uno de los 6 puntos de sondaje.

Los examinadores también analizaron los patrones de pérdida ósea radiográficos sugestivos de fracturas longitudinales y los categorizaron de la siguiente manera (Alaugaily 2022):

- **0:** no hay defectos óseos visibles: no se observa pérdida ósea aparente.
- **1:** defecto angular: reabsorción angular del hueso crestral a lo largo de la raíz en uno o ambos lados, sin afectar la zona periapical (Tamse 2006).
- **2:** defecto en forma de J: una radiolucidez perirradicular ubicada en el aspecto lateral de la raíz que se extiende apicalmente, alcanzando el ápice del diente.
- **3:** defecto combinado/irregular: un patrón de pérdida ósea que combina los defectos anteriormente descritos o un patrón de pérdida ósea aleatorio.

4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo que proporciona frecuencias absolutas y relativas para variables categóricas, mientras que las numéricas se describieron mediante medidas de centralización y dispersión. Además, se analizaron las asociaciones entre variables categóricas utilizando tablas de contingencia. Para comparar la detección de pérdida ósea entre la radiografía 2D y CBCT, se utilizó el test de McNemar para datos pareados, siendo este una alternativa del test χ^2 de Pearson. Se realizó una aproximación exacta, el test de Fisher, para determinar la relación estadística entre los tipos de fractura y las características demográficas, clínicas y radiológicas. Para aquellas variables cuya asociación sea significativa con el tipo de fractura se realizará un análisis post hoc en el que se determinará entre qué tipos concretos de fracturas existe asociación a nivel estadístico. Se llevó a cabo una prueba de análisis de varianza, ANOVA, para comparar si la edad es

diferente entre los tipos de fracturas. En consecuencia, se realizó un análisis post hoc ajustado de Bonferroni, utilizando el test de Tukey, para determinar las diferencias entre grupos de dientes con respecto al tipo de fractura. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R v4.2.21 y el nivel de significancia se estableció en 0.05.

5

Resultados

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO

La edad promedio de la cohorte de estudio fue de 50.2 años, similar a la mediana, 50 años. El rango de valores para la edad fue amplio, desde 23 hasta 80 años. Sin embargo, el cincuenta por ciento de los valores de edad estaban entre los 42 (cuartil 1) y 57 (cuartil 3) años (Tabla 2, Figura 8). La mayoría de los sujetos eran mujeres, sin significación estadística (Figura 9).

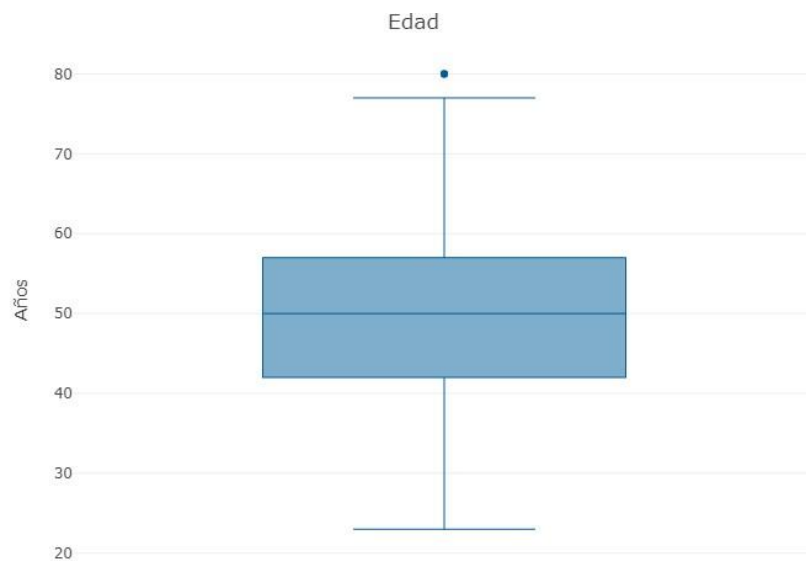


Figura 8. Gráfico boxplot para la representación de la variable Edad, en años. Elaboración propia.

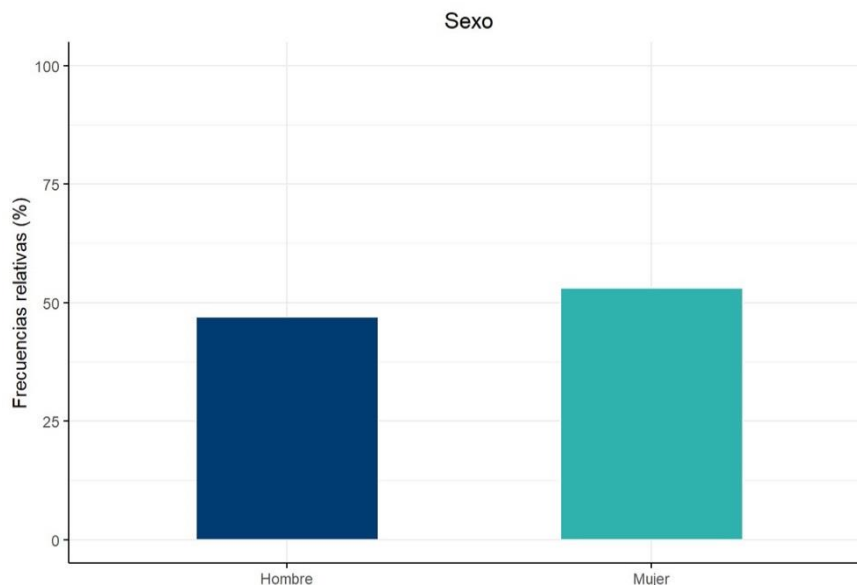


Figura 9. Gráfico de barras para representar la información de la variable Sexo. Elaboración propia.

Tabla 2: Tabla con el análisis descriptivo para variables demográficas: Edad y Sexo.

Variable	Total (N=98)
Edad	
- N	98
- Media (DS)	50.22 (11.78)
- Mediana (Q1, Q3)	50.00 (42.00, 57.00)
- Rango	23.00 - 80.00
Sexo	
- N	98
- Hombre	46 (46.94%)
- Mujer	52 (53.06%)

En la siguiente tabla (Tabla 3) se observa que el tipo de fractura más frecuente fueron los dientes divididos (78.6%), seguida de la fractura vertical (12.2%) y finalmente de los dientes fisurados (9.2%). A nivel general, las fracturas se produjeron en un 65.3% de los casos en molares, 26.5% en premolares y 8.2% en dientes anteriores. Del total, un 55.1% fueron en dientes mandibulares. La mayoría de los dientes con fractura presentan obturación y endodoncia, siendo solamente el 17.3% del total dientes sin tratamiento. Sin embargo, muy pocos presentan poste, ya sea de metal o de fibra, o corona.

En cuanto a la evaluación clínica, en el 61.2% de los casos la fractura fue visible directamente y en la mayoría de los casos se pudo detectar defecto periodontal por sondaje vertical (71.4%). La palpación resultó positiva en más de la mitad de los casos, mientras que un porcentaje muy reducido se identificó con bruxismo, y un porcentaje aun menor de dientes se encontraban en pacientes con pérdida de más de 8 dientes.

Tabla 3: Tabla con el análisis descriptivo para variables clínicas, todas ellas categóricas: exposición de categorías, frecuencias relativas y absolutas y número de datos faltantes.

Variable	Categorías	Freq absoluta (N)	Freq relativa (%)	Datos faltantes
Tipo de fractura		98	100.00%	0(0%)
	Fisurado	9	9.2%	
	Dividido	77	78.6%	
	Vertical	12	12.2%	
Localización del diente		98	100.0%	0(0%)
	Inferior	54	55.1%	
	Superior	44	44.9%	
Tipo de diente		98	100.0%	0(0%)
	Anterior	8	8.2%	
	Molar	64	65.3%	
	Premolar	26	26.5%	
Presencia obturación		98	100.0%	0(0%)
	No	31	31.6%	
	Sí	67	68.4%	
Obturación		98	100.0%	0(0%)
	No	31	31.6%	
	Amalgama	4	4.1%	
	Composite	63	64.3%	
Corona		98	100.0%	0(0%)
	No	79	80.6%	
	Sí	19	19.4%	
Endodoncia		98	100.0%	0(0%)
	No	30	30.6%	
	Sí	68	69.4%	
Diente sin tratamiento		98	100.0%	0(0%)
	No	81	82.7%	
	Sí	17	17.3%	
Presencia de poste		98	100.0%	0(0%)
	No	74	75.5%	
	Sí	24	24.5%	
Poste (metal o fibra)		98	100.0%	0(0%)
	No	74	75.5%	
	Fibra	2	2.0%	
	Metal	22	22.4%	
Fractura visible clínicamente		98	100.0%	0(0%)
	No	38	38.8%	
	Sí	60	61.2%	

Variable	Categorías	Freq absoluta (N)	Freq relativa (%)	Datos faltantes
Fístula		98	100.0%	0(0%)
	No	64	65.3%	
	Sí	34	34.7%	
Sondaje vertical		98	100.0%	0(0%)
	No	28	28.6%	
	Sí	70	71.4%	
Palpación		98	100.0%	0(0%)
	No	51	52.0%	
	Sí	47	48.0%	
Percusión		98	100.0%	0(0%)
	No	41	41.8%	
	Sí	57	58.2%	
Bruxismo		98	100.0%	0(0%)
	No	62	63.3%	
	Sí	36	36.7%	
Pérdida de más de 8 dientes		98	100.0%	0(0%)
	No	91	92.9%	
	Sí	7	7.1%	

5.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En primer lugar, se cruzarán las variables *Pérdida ósea en radiografía 2D* y *Señal de fractura en CBCT*, presentándose el resultado de los cruces en la siguiente tabla (Tabla 4).

Tabla 4: Tabla con el resultado del análisis descriptivo (cuatro primeras columnas) y estadístico (cuatro últimas columnas) realizado para identificar la relación entre las variables pérdida ósea en radiografía 2D y señal ósea de fractura en CBCT. Todos los porcentajes están calculado respecto al total de observaciones de estudio, N = 98.

Variable	Pérdida ósea en radiografía 2D: No (N=57)	Pérdida ósea en radiografía 2D: Sí (N=41)	Total (N=98)	Test	Estadístico	Valor p	Significación
Señal ósea de fractura en CBCT				McNemar	$\chi^2 (1) = 29.000$	<0.001	p<0.001 ***
No	28 (28.6%)	0 (0.0%)	28 (28.6%)				
Si	29 (29.6%)	41 (41.8%)	70 (71.4%)				
Total	57 (58.2%)	41 (41.8%)	98 (100%)				

En las cuatro primeras columnas se observa la tabla de contingencia obtenida mediante el cruce de las dos variables anteriores. Los porcentajes se calculan respecto al total de dientes estudiados, de forma que, del total de 98 dientes de la base de datos:

- Hay 28 en los cuales no se observó ni pérdida ósea por radiografía 2D ni señal ósea de fractura por CBCT. Esto supone un porcentaje del 28.6% sobre el total.
- En ninguno se observó pérdida ósea por radiografía 2D y ausencia de señal ósea de fractura por CBCT (0%).
- Hay 29 dientes en los cuales no se observó pérdida ósea por radiografía 2D y sí se identificó fractura visible por CBCT. Esto supone un porcentaje del 29.6% sobre el total.
- Hay 41 dientes en los que se detectó tanto pérdida ósea en radiografía 2D como señal ósea fractura en CBCT, lo que supone un 41.8% del total de dientes de la base.
- En 70 de ellos se observa señal ósea de fractura en CBCT, lo que supone un 71.4% de fracturas detectadas.

En 41 de los 98 dientes fisurados, divididos y FRV se detectó pérdida ósea tanto por PAs como por CBCT. De los 98 dientes en total no se detectó pérdida ósea en 28 (28%) por ninguno de los dos métodos. En 70 de los mismos se detectó pérdida ósea por CBCT. Todos los dientes con pérdida ósea detectada por PAs también fueron detectados por CBCT. El CBCT identificó 29 dientes más con pérdida ósea en comparación con las PAs. La radiografía periapical detectó un 41.8% de los casos mientras que el CBCT detectó un 71.4% de los casos (Tabla 5). Prueba de McNemar, $p < 0.001$. Por lo tanto, la detección de pérdida ósea mediante imágenes CBCT fue significativamente mayor que mediante PAs ($p < 0.001$).

Tabla 5: Análisis descriptivo de la detección de pérdida ósea entre PAs y CBCT.

	Pérdida ósea PA No	Pérdida ósea PA si	Total
Pérdida ósea CBCT: No	28 (28%)	0 (0%)	28 (28%)
Pérdida ósea by CBCT: si	29 (29%)	41 (41%)	70 (71%)*
Total	57 (58%)	41 (41%)*	98 (100%)

Los porcentajes se calculan sobre el número total de dientes ($N=98$). La comparación se realizó mediante la prueba pareada de McNemar: $\chi^2=29$, valor $p < 0.001$. Negrita y * indican significancia.

En la tabla siguiente (Tabla 6) se observan los resultados del análisis descriptivo y estadístico que permite estudiar la relación entre las variables *Pérdida ósea en radiografía 2D* y *Fractura visible en CBCT*.

Tabla 6: Tabla con el resultado del análisis descriptivo (cuatro primeras columnas) y estadístico (cuatro últimas columnas) realizado para identificar la relación entre las variables pérdida ósea en radiografía 2D y fractura visible en CBCT. Todos los porcentajes están calculado respecto al total de observaciones de estudio, N = 98.

Variable	Pérdida ósea en radiografía 2D: No (N=57)	Pérdida ósea en radiografía 2D: Sí (N=41)	Total (N=98)	Test	Estadístico	Valor p	Significación
Fractura visible en CBCT				McNemar	$\chi^2 (1) = 9.281$	0.002	p<0.01 **
No	17 (17.4%)	17 (17.4%)	34 (34.7%)				
Si	40 (40.8%)	24 (24.5%)	64 (65.3%)				
Total	57 (58.2%)	41 (41.8%)	98 (100%)				

Como en el caso anterior en las cuatro primeras columnas se observa la tabla de contingencia obtenida mediante el cruce de las dos variables anteriores. Los porcentajes se calculan respecto al total de dientes estudiados, de forma que, del total de 98 dientes de la base de datos:

- Hay 17 en los cuales no se observó ni pérdida ósea por radiografía 2D ni fractura visible por CBCT. Esto supone un porcentaje del 17.4% sobre el total.
- Hay 17 en los cuales sí se observó pérdida ósea por radiografía 2D pero no se identificó fractura visible por CBCT. Esto supone un porcentaje del 17.4% del total.
- Hay 40 dientes en los cuales no se observó pérdida ósea por radiografía 2D y sí se identificó fractura visible por CBCT. Esto supone un porcentaje del 40.8% sobre el total de 98 dientes.
- Hay 24 dientes en los que se detectó tanto pérdida ósea en radiografía 2D como fractura visible en CBCT, lo que supone un 24.5% del total de dientes de la base.

En las cuatro últimas columnas se presenta el resultado de la prueba estadística, indicándose el nombre del test realizado, el estadístico de contraste estimado (los grados de libertad van entre paréntesis), el valor p asociado a la prueba y la interpretación a nivel de

significación estadística de dicho valor p. El test realizado es el de McNemar, para datos pareados, que además de comparar porcentajes tiene en cuenta para cada diente concreto la información que presenta en las dos variables de estudio.

Por lo tanto, se compara el porcentaje de dientes con pérdida ósea en radiografía 2D (41.8%) respecto al porcentaje de dientes con fractura visible en CBCT (65.3%). Como conclusión, se establece que las diferencias en los porcentajes anteriores son relevantes a nivel estadístico ($p < 0.01$).

La pérdida ósea diagnosticada tanto mediante radiografía como por CBCT se clasificó en tres tipos diferentes de defectos: angulares, en forma de J o combinado/irregular. En la siguiente tabla (Tabla 7) se recopilaban los diagnósticos de los 41 dientes que se diagnosticaron tanto por PAs como por CBCT para evaluar la discrepancia entre ambos métodos.

Tabla 7. Tabulación cruzada de la clasificación de pérdida ósea detectada tanto por CBCT como por PAs (n = 41) por tipo de defecto.

		Pérdida ósea por PA: tipo de defecto			Total
		Defecto Angular	Lesión en j	Defecto combinado	
Pérdida ósea por CBCT: tipo de defecto	Defecto angular	14*	0	0	14
	Lesión en J	1	17*	0	18
	Defecto combinado	1	2	6*	9
	Total	16	19	6	41*

Se observa un total de 57 dientes sin señal de pérdida ósea en radiografía 2D, de los cuales:

- En 28 tampoco hay señal ósea en CBCT.
- En 22 hay señal ósea en CBCT del tipo angular.
- En 6 hay señal ósea en CBCT del tipo lesión en J.
- En 1 hay señal ósea en CBCT del tipo combinado.



Se observa un total de 16 dientes con pérdida ósea según radiografía 2D, del tipo angular, de los cuales:

- En todos ellos también se detectó señal ósea de fractura mediante CBCT.
- En 14 de 16 el tipo de defecto identificado por CBCT también fue angular.
- En 1 de ellos el tipo de defecto en CBCT fue lesión en J.
- En 1 de ellos, el tipo de defecto detectado en CBCT fue combinado.

Se observa un total de 19 dientes con pérdida ósea según radiografía 2D del tipo lesión en J, de los cuales:

- En todos ellos también se detectó señal ósea de fractura mediante CBCT.
- En ninguno de los 19 dientes el tipo de defecto detectado por CBCT fue angular.
- En 17 de los 19 dientes, el tipo de defecto identificado por CBCT también fue lesión en J.
- En 2 de ellos, el tipo de defecto detectado en CBCT fue combinado.

Se observa un total de 6 dientes con pérdida ósea según radiografía 2D del tipo combinado, de los cuales:

- En todos ellos también se detectó señal ósea de fractura mediante CBCT, y el tipo de defecto detectado siempre fue combinado.

A pesar de que la pérdida ósea se clasificó de manera similar mediante CBCT y PAs (discrepancia del 10%), como se comenta con anterioridad, se produjo más detección de defectos óseos por CBCT (29 casos más).

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

La tabla presentada a continuación (Tabla 8) tiene la misma estructura que la anterior:

1. En las cuatro primeras columnas, se presenta el análisis descriptivo para el cruce entre las variables *Tipo de fractura* y cada una de las variables de la base de datos.
2. En las cuatro últimas columnas se indica información sobre el análisis estadístico realizado: el test de contraste usado, el estadístico de contraste y grados de libertad

asociados al test (en caso de que este los tenga), el valor p asociado a la prueba y la interpretación de ese valor p a nivel de significación estadística.

Los resultados de la prueba estadística indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas con la edad entre los tipos de fractura. Sin embargo, no se identifica una asociación estadísticamente significativa entre sexo y el tipo de fractura. Más de la mitad de los dientes pertenecían a mujeres (n=53%), sin alcanzar significación estadística.

Tabla 8: Análisis estadístico para determinar la relación entre los tipos de fractura y las variables demográficas del estudio.

Variable	Fisurado (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test	Estadístico	Valor p	Significación
Edad					One-way ANOVA	F (2, 95) = 5.015	0.009	p<0.01 **
- Total	9	77	12	98				
- Media (DS)	54.22 (15.26)	48.42 (10.83)	58.83 (11.24)	50.22 (11.78)				
- Mediana (Q1, Q3)	47.00 (43.00, 65.00)	48.00 (41.00, 56.00)	58.00 (51.75, 66.75)	50.00 (42.00, 57.00)				
- Rango	36.00 - 80.00	23.00 - 80.00	37.00 - 75.00	23.00 - 80.00				
Sexo					Fisher		0.169	No significativo
- Hombre	7 (77.78%)	34 (44.16%)	5 (41.67%)	46 (46.94%)				
- Mujer	2 (22.22%)	43 (55.84%)	7 (58.33%)	52 (53.06%)				
- Total	9	77	12	98				

En la Tabla 9 se observa el resultado del análisis post hoc, que permite comprobar entre qué tipos de fracturas existen realmente diferencias significativas en cuando a la edad. Su distribución se muestra en la figura 10. Según dicho análisis, existen diferencias relevantes a nivel estadístico en edad entre el tipo de fractura vertical y el tipo diente fisurado. La edad media fue significativamente mayor en los dientes con FRV, 58 años, que en los dientes con fisuras, 48 años (ANOVA $p < 0.01$; prueba de Tukey con corrección de Bonferroni $p < 0.05$).

Tabla 9: Análisis estadístico para determinar entre qué tipos de fractura hay diferencias en cuanto a edad a nivel estadístico.

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia de medias	Límite inferior (IC95%)	Límite superior (IC95%)	Valor p (test de Tukey)	Significación
Dividido	Fisurado	-5.807	-15.301	3.688	0.317	No significativo
Vertical	Dividido	4.611	-7.273	16.495	0.627	No significativo
Vertical	Fisurado	10.418	2.053	18.782	0.011	p<0.05 *

Los dientes de cada tipo, fisurados, divididos y FRV, se describen según sus características clínicas y demográficas en la Tabla 10.

Tabla 10: Análisis estadístico para determinar la asociación entre el tipo de fractura y las variables clínicas de estudio.

Variable	Fisurado (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test Estadístico	Valor p	Significación
Localización del diente					Fisher	0.443	No significativo
- Inferior	3 (33.33%)	44 (57.14%)	7 (58.33%)	54 (55.10%)			
- Superior	6 (66.67%)	33 (42.86%)	5 (41.67%)	44 (44.90%)			
- Total	9	77	12	98			
Tipo de diente					Fisher	0.168	No significativo
- Anterior	0 (0.00%)	5 (6.49%)	3 (25.00%)	8 (8.16%)			
- Molar	5 (55.56%)	53 (68.83%)	6 (50.00%)	64 (65.31%)			
- Premolar	4 (44.44%)	19 (24.68%)	3 (25.00%)	26 (26.53%)			
- Total	9	77	12	98			
Presencia obturación					Fisher	1.000	No significativo
- No	3 (33.33%)	24 (31.17%)	4 (33.33%)	31 (31.63%)			
- Sí	6 (66.67%)	53 (68.83%)	8 (66.67%)	67 (68.37%)			
- Total	9	77	12	98			
Corona					Fisher	0.193	No significativo
- No	9 (100.00%)	62 (80.52%)	8 (66.67%)	79 (80.61%)			
- Si	0 (0.00%)	15 (19.48%)	4 (33.33%)	19 (19.39%)			
- Total	9	77	12	98			
Endodencia					Fisher	0.002	p<0.01 **
- No	7 (77.78%)	22 (28.57%)	1 (8.33%)	30 (30.61%)			
- Si	2 (22.22%)	55 (71.43%)	11 (91.67%)	68 (69.39%)			
- Total	9	77	12	98			

Variable	Fisurado (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test	Estadístico	Valor p	Significa- ción
Diente sin tratamiento					Fisher		0.023	p<0.05 *
- No	5 (55.56%)	64 (83.12%)	12 (100.00%)	81 (82.65%)				
- Si	4 (44.44%)	13 (16.88%)	0 (0.00%)	17 (17.35%)				
- Total	9	77	12	98				
Presencia de poste					Fisher		0.770	No significativo
- No	8 (88.89%)	57 (74.03%)	9 (75.00%)	74 (75.51%)				
- Si	1 (11.11%)	20 (25.97%)	3 (25.00%)	24 (24.49%)				
- Total	9	77	12	98				
Fractura visible clínicamente					Fisher		<0.001	p<0.001 ***
- No	7 (77.78%)	22 (28.57%)	9 (75.00%)	38 (38.78%)				
- Si	2 (22.22%)	55 (71.43%)	3 (25.00%)	60 (61.22%)				
- Total	9	77	12	98				
Fístula					Fisher		0.598	No significativo
- No	5 (55.56%)	52 (67.53%)	7 (58.33%)	64 (65.31%)				
- Si	4 (44.44%)	25 (32.47%)	5 (41.67%)	34 (34.69%)				
- Total	9	77	12	98				
Sondaje vertical					Fisher		0.026	p<0.05 *
- No	4 (44.44%)	24 (31.17%)	0 (0.00%)	28 (28.57%)				
- Si	5 (55.56%)	53 (68.83%)	12 (100.00%)	70 (71.43%)				
- Total	9	77	12	98				
Palpación					Fisher		0.103	No significativo
- No	6 (66.67%)	42 (54.55%)	3 (25.00%)	51 (52.04%)				
- Si	3 (33.33%)	35 (45.45%)	9 (75.00%)	47 (47.96%)				
- Total	9	77	12	98				
Percusión					Fisher		0.248	No significativo
- No	2 (22.22%)	32 (41.56%)	7 (58.33%)	41 (41.84%)				
- Si	7 (77.78%)	45 (58.44%)	5 (41.67%)	57 (58.16%)				
- Total	9	77	12	98				
Bruxismo					Fisher		0.806	No significativo
- No	5 (55.56%)	50 (64.94%)	7 (58.33%)	62 (63.27%)				
- Si	4 (44.44%)	27 (35.06%)	5 (41.67%)	36 (36.73%)				
- Total	9	77	12	98				

Variable	Fisurado (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test Estadístico	Valor p	Significación
Ensanchamiento ligamento periodontal - movilidad					Fisher	0.070	No significativo
- No	7 (77.78%)	38 (49.35%)	3 (25.00%)	48 (48.98%)			
- Si	2 (22.22%)	39 (50.65%)	9 (75.00%)	50 (51.02%)			
- Total	9	77	12	98			
Pérdida de más de 8 dientes					Fisher	0.032	p<0.05 *
- No	8 (88.89%)	74 (96.10%)	9 (75.00%)	91 (92.86%)			
- Si	1 (11.11%)	3 (3.90%)	3 (25.00%)	7 (7.14%)			
- Total	9	77	12	98			

Se observó una relación significativa entre el tipo de fractura y las siguientes variables: tratamiento de conducto radicular, diente intacto, fractura visible clínicamente, profundidad de sondaje mayor a 5 mm y la pérdida de más de 8 dientes. Para conocer entre qué porcentajes concretos de los anteriores existen diferencias se realiza posteriormente el análisis post hoc.

Para las variables *diente sin tratamiento*, *sondaje vertical* y *pérdida de más de 8 dientes* no se identifican diferencias estadísticamente significativas entre tipos de fracturas a pares, aunque alguna comparación sí queda muy próxima a la significación estadística. Este resultado no concuerda con el obtenido en el análisis global del apartado anterior, lo cual es debido al bajo tamaño muestral de dos de los grupos de comparación (fisurado y vertical), puesto que este factor está afectando a la potencia estadística de la propia prueba. Es importante en estos casos quedarse con las tendencias de diferencias entre tipos de fractura que muestran los valores p más próximos a 0.05.

Para las variables *Endodoncia* y *Fractura visible clínicamente* sí se logra determinar entre qué tipos de fracturas hay diferencias (Tabla 11):

- *Endodoncia:*



La proporción de dientes endodonciados en fracturas de tipo *Fisura* (22.2%) es menor, de forma estadísticamente significativa, respecto a esta misma

proporción en dientes con fractura *Dividido* (71.4%) y con *Fractura vertical* (91.7%). No se encuentran diferencias significativas en la proporción de dientes endodonciados entre dientes con fractura *Dividido* (71.4%) y dientes *Fractura vertical* (91.7%).

Tabla 11: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Endodoncia.

Grupo 1	Grupo 2	Valor p (test de Fisher)	Valor p ajustado (Bonferroni)	Significación
Fisurado	Dividido	0.006	0.018	$p < 0.05$ *
Fisurado	Vertical	0.002	0.007	$p < 0.01$ **
Dividido	Vertical	0.174	0.522	No significativo

- *Fractura visible clínicamente:*
 - La proporción de dientes con fractura visible clínicamente del tipo *Dividido* (71.4%) es mayor, de forma significativa, respecto a esta misma proporción en dientes con fractura *Fisura* (22.2%) y con *Fractura vertical* (25%). No se encuentran diferencias estadísticas en la proporción de dientes con fractura visible clínicamente entre tipo *Fisura* (22.2%) y tipo *Fractura vertical* (25%).

Tabla 12: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Fractura visible clínicamente.

Grupo 1	Grupo 2	Valor p (test de Fisher)	Valor p ajustado (Bonferroni)	Significación
Fisurado	Dividido	0.006	0.018	$p < 0.05$ *
Fisurado	Vertical	1.000	1	No significativo
Dividido	Vertical	0.003	0.009	$p < 0.01$ **

Por otra parte se analizó la asociación entre los tipos de fractura y el diagnóstico de fractura o pérdida ósea mediante radiografía 2D y CBCT. La Tabla 13 muestra los resultados de los test de contraste de hipótesis para determinar la asociación entre estas variables. Los porcentajes de la tabla están calculados respecto al total de cada columna.

A nivel descriptivo, y para el cruce de las variables *Tipo de fractura* respecto a *pérdida ósea en radiografía 2D*, se observa que:

- Del total de dientes con tipo de fractura *Fisura* (N=9), en un 33.3% se identificó pérdida ósea en radiografía 2D.
- Del total de dientes con tipo de fractura *Dividido* (N=77), en un 36.4% se identificó pérdida ósea en radiografía 2D.
- Del total de dientes con tipo *Fractura vertical* (N=12), en un 83.3% se identificó pérdida ósea en radiografía 2D.

Estos tres porcentajes son los que se comparan en el test exacto de Fisher. El valor p asociado a este test es menor del nivel de significación, por lo que se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de pérdida ósea en radiografía 2D entre los tipos de fractura considerados. Igualmente, se puede concluir que el *Tipo de fractura* y la *pérdida ósea en radiografía 2D* están asociadas.

A nivel descriptivo, y para el cruce de las variables *Tipo de fractura* respecto a *señal ósea de fractura en CBCT*, se observa que:

- Del total de dientes con tipo de *Fisura* (N=9), en un 55.6% se identificó señal ósea de fractura en CBCT.
- Del total de dientes con tipo de diente *Dividido* (N=77), en un 68.8% se identificó señal ósea de fractura en CBCT.
- Del total de dientes con tipo de *Fractura vertical* (N=12), en el 100% de los casos se identificó señal ósea de fractura en CBCT.

El valor p asociado al test de Fisher que se realiza para comparar dichos porcentajes es menor del nivel de significación estadística, por lo que se concluye que ambas variables están asociadas a nivel estadístico. Esto viene a decir que existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de señal ósea de fractura en CBCT entre los distintos tipos de fracturas.

En resumen, se observa una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de fractura y la detección de pérdida ósea tanto por radiografía 2D (valor $p < 0.01$) como por CBCT (valor $p < 0.05$).

Tabla 13: Análisis estadístico para determinar la asociación entre el tipo de fractura y las variables radiológicas de estudio.

Variable	Fisura (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test	Estadístico	Valor p	Significación
Pérdida ósea en radiografía 2D - Angular					Fisher		0.213	No significativo
- No	8 (88.89%)	61 (79.22%)	7 (58.33%)	76 (77.55%)				
- Si	1 (11.11%)	16 (20.78%)	5 (41.67%)	22 (22.45%)				
- Total	9	77	12	98				
Pérdida ósea en radiografía 2D - Lesión en J					Fisher		0.147	No significativo
- No	7 (77.78%)	60 (77.92%)	6 (50.00%)	73 (74.49%)				
- Si	2 (22.22%)	17 (22.08%)	6 (50.00%)	25 (25.51%)				
- Total	9	77	12	98				
Pérdida ósea en radiografía 2D (No/Sí)					Fisher		0.008	p<0.01 **
- No	6 (66.67%)	49 (63.64%)	2 (16.67%)	57 (58.16%)				
- Sí	3 (33.33%)	28 (36.36%)	10 (83.33%)	41 (41.84%)				
- Total	9	77	12	98				
Pérdida ósea en radiografía 2D					Fisher		1.000	No significativo
- Angular	1 (33.33%)	11 (39.29%)	4 (40.00%)	16 (39.02%)				
- Lesión en J	2 (66.67%)	12 (42.86%)	5 (50.00%)	19 (46.34%)				
- Combinado	0 (0.00%)	5 (17.86%)	1 (10.00%)	6 (14.63%)				
- Total	3	28	10	41				
Fractura visible en CBCT					Fisher		0.696	No significativo
- No	2 (22.22%)	27 (35.06%)	5 (41.67%)	34 (34.69%)				
- Si	7 (77.78%)	50 (64.94%)	7 (58.33%)	64 (65.31%)				
- Total	9	77	12	98				

Variable	Fisura (N=9)	Dividido (N=77)	Vertical (N=12)	Total (N=98)	Test Estadístico	Valor p	Significación
Señal ósea de fractura en CBCT					Fisher	0.026	p<0.05 *
- No	4 (44.44%)	24 (31.17%)	0 (0.00%)	28 (28.57%)			
- Si	5 (55.56%)	53 (68.83%)	12 (100.00%)	70 (71.43%)			
- Total	9	77	12	98			
Pérdida ósea en CBCT					Fisher	0.145	No significativo
- Angular	2 (40.00%)	31 (58.49%)	3 (25.00%)	36 (51.43%)			
- Lesión en J	3 (60.00%)	15 (28.30%)	6 (50.00%)	24 (34.29%)			
- Combinado	0 (0.00%)	7 (13.21%)	3 (25.00%)	10 (14.29%)			
- Total	5	53	12	70			

Mediante el análisis post hoc se determinará entre qué tipos de fractura hay diferencias en cuanto a sus proporciones respecto a cada una de las variables significativas:

- *Pérdida ósea en radiografía 2D* (Tabla 14): las diferencias se encuentran entre los tipos de fracturas vertical y diente dividido siendo la proporción de dientes en los que sí hay pérdida ósea detectada por radiografía 2D en dientes con fractura vertical (83.3%) mayor, de forma estadísticamente significativa, respecto a esta misma proporción en dientes con fractura split (36.4%). Entre los tipos fisura y vertical no se llega a alcanzar la significación estadística en la comparación de la proporción de pérdida ósea detectada por radiografía 2D, pero el valor p ajustado queda muy cerca del umbral (valor p = 0.09).

Tabla 14: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Pérdida ósea en radiografía 2D (No/Sí).

Grupo 1	Grupo 2	Valor p (test de Fisher)	Valor p ajustado (Bonferroni)	Significación
Fisura	Dividido	1.000	1	No significativo
Fisura	Vertical	0.032	0.095	No significativo
Dividido	Vertical	0.003	0.01	p<0.05 *

- *Señal ósea de fractura en CBCT* (Tabla 15): no se lograron detectar diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los pares de tipos de fractura analizados, debido posiblemente al bajo tamaño de muestra de ciertos grupos. Sin embargo, dos de los pares de comparación se quedan cerca de la significación estadística: tipo fisura y vertical ($p=0.06$) y tipo diente dividido y vertical ($p=0.09$). Las tendencias según estos resultados mostrarían que la proporción de dientes en los que se detecta señal ósea de fractura mediante CBCT sobre el total de dientes con fracturas del tipo vertical sería mayor (100%) respecto a los tipos fisuras (55.6%) y diente dividido (68.8%), y dichas diferencias se encuentran al borde de la significación estadística.

Tabla 15: Análisis post hoc entre los tipos de fractura respecto a la variable Señal ósea de fractura en CBCT.

Grupo 1	Grupo 2	Valor p (test de Fisher)	Valor p ajustado (Bonferroni)	Significación
Fisura	Dividido	0.465	1	No significativo
Fisura	Vertical	0.021	0.063	No significativo
Dividido	Vertical	0.031	0.094	No significativo

5.4 RESUMEN

Los principales resultados obtenidos son los siguientes:

- El porcentaje de dientes con pérdida ósea en radiografía 2D es menor, de forma estadísticamente significativa, respecto al porcentaje de dientes con fractura visible en CBCT.
- El porcentaje de dientes con pérdida ósea en radiografía 2D es menor, de forma estadísticamente significativa, respecto al porcentaje de dientes con señal ósea de fractura en CBCT.
- El CBCT diagnostica un 29% de casos más con señal de pérdida ósea.
- De los dientes diagnosticados por ambos métodos, solo existe un 10% de discrepancia en cuanto a la clasificación del tipo de defecto encontrado.

- En cuanto al tipo de fractura presenta una asociación estadísticamente significativa respecto a las variables:
 - Demográficas: edad.
 - Clínicas: endodoncia, dientes sin tratamiento, fractura clínicamente visible, sondaje vertical y pérdida de más de 8 dientes.
 - Radiológicas: pérdida ósea en radiografía 2D y señal ósea de fractura en CBCT.
- El análisis post hoc realizado para determinar entre qué tipos de fractura hay diferencias de proporciones para las variables significativas anteriores indica que:
 - La media de edad es mayor, de forma estadísticamente significativa, en dientes con fracturas de tipo vertical (58 años) respecto a dientes con fracturas de tipo diente con fisuras (48 años).
 - Los dientes endodonciados son menos frecuentes en fracturas del tipo fisura respecto a fracturas diente dividido y vertical.
 - Los dientes con fractura visible clínicamente son más frecuentes en fracturas dientes divididos que en fracturas vertical y fisurados, respectivamente.

6

Discusión

6. DISCUSIÓN

Las fracturas longitudinales dentales suponen un desafío clínico no solo en cuanto a su difícil diagnóstico sino también en cuanto a su posible tratamiento y pronóstico a largo plazo. Su origen a menudo es multifactorial, de naturaleza compleja, y sus manifestaciones clínicas suelen ser muy sutiles. Es común que permanezcan inadvertidas durante largos periodos de tiempo hasta que se desarrollan signos y síntomas. Estos, además, pueden ser comunes a otras patologías por lo que se debe hacer un correcto diagnóstico diferencial con otras entidades.

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) clasifica las fracturas longitudinales en cinco tipos: línea de fisura, diente fisurado, cúspide fracturada, diente dividido y fractura vertical (AAE 2008). Las líneas de fisura, el diente fisurado y la fractura vertical se consideran fracturas incompletas, mientras que el diente dividido y la cúspide fracturada se consideran fracturas completas. La mayoría de los artículos presentes en la literatura no analizan la prevalencia de los cinco tipos de fracturas longitudinales, siendo más comunes aquellas entidades que a posteriori pueden ser tratadas y tienen mejor pronóstico, como el diente fisurado y la FRV. El diente dividido habitualmente requiere ya ser extraído para evitar la destrucción ósea perirradicular.

El diagnóstico clínico y radiológico es de vital importancia, puesto que un tratamiento precoz puede frenar la progresión de la fractura, aumentando la supervivencia de estos dientes. Su diagnóstico involucra una correcta anamnesis, exploración clínica y pruebas radiológicas complementarias. Dependiendo de la localización de la lesión, el clínico es capaz de detectar la presencia de fisuras coronales que se podrían extender más allá de la línea amelo-cementaria analizando el diente bajo microscopio o empleando métodos de tinción o transiluminación. Los signos comúnmente asociados con la presencia de LTF son: dolor a la masticación y/o sensibilidad al frío, presencia de sondaje puntual en

uno o extremos opuestos del diente, en cuyo caso este último ya sería patognomónico de FRV, y tracto sinusal coronal.

La radiografía en 2D ha sido durante muchos años el principal método para el diagnóstico de estas lesiones, hoy en día se sabe que solo se podría identificar una fractura longitudinal si la línea de fractura fuese paralela o hasta 4° del haz de rayos o si el fragmento ya está dividido. Es por eso por lo que en muchos estudios el protocolo de realización de estas radiografías es con tres ángulos diferentes: ortogonal (0°), mesial y distal (15°) (Silveira 2012). Si bien, aunque no se vea la fractura en una radiografía periapical lo que sí se puede valorar son los signos secundarios a esta cuando ya existe un tiempo de evolución. En el último informe de posición de la AAE y la AAOM, se recomienda la utilización de CBCT solo en casos de que los síntomas sean inespecíficos y la radiografía convencional en 2D no concluyente (AAE, AAOM 2016).

La introducción del CBCT en endodoncia ha permitido realizar una reconstrucción tridimensional del diente y estructuras adyacentes con una alta resolución espacial y con baja radiación. En la literatura existen numerosos estudios que han evaluado el uso de CBCT para el diagnóstico de fracturas longitudinales y su comparación con respecto al uso de radiografías convencionales, con resultados diversos (Youssefzadeh 1999, Hassan 2009, Edlund 2011, Metska 2012). Cabe destacar también el uso de micro-CT para analizar este tipo de defectos, puesto que ofrece una imagen más precisa y permite evaluar de una manera más detallada la estructura dental. Estos artículos se realizan con dientes extraídos y tienen como objetivo evaluar la producción de micro fisuras después de un tratamiento de conductos. Si bien, esta tecnología actualmente no es extrapolable para la realización de ensayos in vivo (De-Deus 2015, Miguéns-Vila 2017). Según la literatura, se concluye que el protocolo clínico debería ser realizar un CBCT solo en casos de sospecha de fractura que en la radiografía periapical no se muestren signos concluyentes, pero que continúe la sintomatología. Si bien, el hecho de que la fractura no se diagnostique ni con el CBCT no excluye la presencia de fisuras que puedan estar causando la sintomatología y se deberían seguir haciendo controles rutinarios (Long 2014, Haupt 2023). Cuando la radiografía convencional no proporciona información suficiente, se recomienda el uso del CBCT si hay sospecha de fractura (da Silveira 2012, Patel 2019, AAE 2016, Cotton 2007, Kajan 2012, Edlund 2011).

Dentro de los factores intrínsecos del CBCT, el tamaño del FOV, el tamaño del voxel, el número de proyecciones básicas empleadas para la reconstrucción y la existencia de software con sistema de reducción de artefactos van a influir en la idoneidad de un CBCT para poder ser útil para el diagnóstico de una fractura en un diente (Patel 2014, Kolsuz 2022). La radiación recibida por el paciente al realizar un CBCT depende de tres parámetros de exposición: FOV, kVp y mA. Por tanto, es crucial encontrar un equilibrio que mejore la calidad de imagen mientras se administra la menor dosis de radiación posible.

Estudios recientes han analizado esta asociación para alcanzar un protocolo clínico adecuado que maximice la calidad cumpliendo siempre con el criterio ALARA. En el estudio de Kolsuz M et al (2023) donde se analiza la influencia del tamaño del voxel y el tipo de filtro para detectar FRV, se establecieron dos grupos donde la mitad de los dientes presentaban fractura radicular vertical mientras que la otra mitad se establece como grupo control. De estos, una parte se dejaron intactos, otra parte solo presentaban obturación del conducto radicular, otro grupo presentaba poste de fibra y otro poste de metal. Se seleccionaron cuatro tamaños diferentes de voxel: 100, 150, 200 y 400. Además, se establecieron cuatro subgrupos: sin filtro, con solo filtro optimizador de ruido, con filtro de reducción de artefactos de metales y un último grupo que mezclaba estos dos filtros. Como resultados concluyeron que a menor tamaño de voxel, mejor resolución independientemente del filtro aplicado. La calidad de imagen del CBCT se puede mejorar aumentando la técnica de exposición, es decir, seleccionando configuraciones de kVp o mA mayores y disminuyendo el tamaño del voxel. No obstante, a mayor técnica de exposición, mayor dosis de radiación (Chang 2015, Kolsuz 2023). Uysal S (2020) concluyó que las imágenes del CBCT de gran resolución se alcanzan con tamaños de voxel de 0.125 a 0.200 mm, aumentando la sensibilidad sin afectar a la especificidad en la detección de las FRV. Además, según estos autores, el uso de filtros para la reducción de ruidos no supone ningún beneficio adicional para mejorar el diagnóstico. La reducción de artefactos en estos estudios analizados no afectó con significación estadística a la precisión, sensibilidad y especificidad. Sin embargo, en las imágenes presentadas si se aprecia mejor resolución en los que se aplicaron los filtros, sobre todo en dientes endodonciados, con poste y restauraciones coronales (Chang 2015, Uysal 2020, Kolsuz

2023). Por otra parte, Jadu FM (2011) desarrolló un protocolo de imagen para sialografías, que optimizara la técnica de exposición, buscando un balance entre calidad de imagen y seguridad del paciente. Concluyeron que un protocolo optimizado implica un FOV de 98.3 μm^3 , 80 kVp y 10 mA. En este estudio, se seleccionó un FOV de 90 μm^3 , 84kVp y 5mA. Muchos estudios en la literatura han investigado la capacidad del CBCT para detectar líneas de fracturas longitudinales (Bernardes 2009, Wang 2011, Edlund 2011, da Silveira 2012, Kajan 2012, Long 2013, Chavda 2014, Dias 2020, Kolsuz 2022). A pesar de todo esto, en muchas ocasiones el diagnóstico de certeza se alcanza a través de una cirugía exploratoria o directamente una extracción puesto que las fracturas radicales tienden a progresar en sentido apico-coronal y sus signos clínicos tienden a presentarse en estadios avanzados de la lesión. Ocurre lo mismo con los dientes fisurados, que aunque tienden a progresar en sentido corono-apical, su extensión exacta en muchos casos solo se podría visualizar de manera directa.

En el presente estudio, las líneas de fractura dentro de los dientes fueron visibles en el 65% de la muestra (78% de los dientes agrietados, 65% de los dientes divididos y 58% de las LTF). Al utilizar esta tecnología, es importante tener en cuenta que un campo de visión pequeño con el tamaño de voxel más pequeño posible aumenta la capacidad para detectar fracturas (Edlund 2011), ya que cuando el ancho de la fractura es menor que el tamaño del voxel, la fractura y sus estructuras circundantes a menudo están incluidas en un solo voxel (Scarfe 2009). Un estudio *in vivo* que evaluó dientes con conductos radiculares diagnosticados con FRV por CBCT y micro-CT informó que 9 de los 32 dientes tenían fracturas visibles en el CBCT (Gulibire 2020). Aquellas que eran visibles tenían anchos de aproximadamente 126 μm , mientras que aquellas que no eran visibles medían aproximadamente 107 μm ; hoy en día, se disponen de dispositivos de CBCT con tamaños de voxel más pequeños. Por lo tanto, el ancho de las líneas de fractura es un factor clave al intentar visualizar LTF (Gulibire 2020, Guo 2019). En 2011, Özer publicó el primer estudio comparando voxels para la evaluación de fracturas verticales simuladas. Comparando resoluciones de 0.125, 0.2, 0.3, 0.4 mm, concluyó que el voxel de 0.2 mm es el mejor protocolo (Özer 2011). El voxel seleccionado dependerá de si el diente tiene o no tratamiento de conductos. Se pueden seleccionar voxels de 0.3 mm para dientes sin ningún tratamiento de conductos, mientras que 0.2 mm resultó mejor para dientes endodonciados

y/o dientes con postes metálicos (da Silveira 2012). En 2016, Talwar publicó una revisión sistemática en la que también indicó el voxel de 0.2 mm como el mejor protocolo en dientes no endodonciados (Talwar 2016).

Sin embargo, es esencial reconocer que aunque el CBCT proporciona imágenes más precisas en comparación con la radiografía 2D, su precisión en la detección directa de fracturas longitudinales aún tiene limitaciones (Chavda 2014, Dias 2020). Como resultado, el diagnóstico a menudo se basa en la detección de cambios en el hueso perirradicular (Chavda 2014, Patel 2022).

En este estudio las radiografías periapicales identificaron pérdida ósea en un 33.3% de los dientes tipo *fisura*, en un 36.4% en las fracturas tipo *dividido* y en un 83.3% de los dientes con *vertical*. Tras el análisis, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de pérdida ósea en radiografía 2D entre los tipos de fractura considerados. En total, las radiografías periapicales identificaron pérdida ósea en el 42% de los dientes.

Con respecto al CBCT, de los dientes con *fisura* se identificó señal de pérdida ósea en un 55.6%, de los *dientes divididos* se identificó señal de pérdida ósea en un 68.8% y de las *fracturas verticales* en el 100% de los casos se identificó pérdida ósea mediante CBCT. En resumen, el CBCT detectó pérdida ósea en el 71% de los dientes, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la pérdida ósea encontrada en las radiografías. Es importante destacar que todos los dientes con pérdida ósea detectada en las radiografías periapicales también fueron detectados por el CBCT. El CBCT diagnosticó 29 casos más de patrones de pérdida ósea que la radiografía convencional. Estos hallazgos coinciden con un estudio anterior realizado por Alaugaily, que demostró que el CBCT era 4.4 veces más efectivo en identificar defectos óseos relacionados con FLV en comparación con la radiografía convencional (Alaugaily, 2022). En este artículo, además, se encontró que había relación estadísticamente significativa entre los patrones de pérdida ósea identificados por CBCT con el tipo de fractura longitudinal (fisura o FRV), $p < 0.05$. Existen múltiples estudios que analizan el uso del CBCT, teniendo la mayoría los mismos resultados que los obtenidos en este (Silveira 2012, Salineiro 2017). El 28.57% de los dientes con fracturas dentales no mostraron pérdida ósea en la radiografía 2D ni en CBCT.

Esto supone que un tercio de las fracturas dentales todavía permanecen inadvertidas por métodos radiológicos convencionales, teniendo que hacer hincapié en la sintomatología como la base del diagnóstico.

Comparando estos resultados con los obtenidos en la literatura, un metaanálisis de Talwar (2016) sugiere que no hay suficiente evidencia para indicar el uso del CBCT para la identificación de fracturas en dientes endodonciados. Así mismo, señala que el uso del CBCT es menos confiable que las radiografías periapicales en la detección de fracturas. Chang (2016) defiende estos mismos resultados. Long (2014) por el contrario, mantiene que el CBCT presenta más exactitud en el diagnóstico de fracturas. PradeepKumar (2021) concluye que la evidencia existente de la habilidad diagnóstica del CBCT es débil debido fundamentalmente al uso de múltiples estándares de referencia, que se identificó como un factor de confusión potencial afectando a sus valores de sensibilidad.

Como menciona Patel, debido a la patogénesis de estas entidades, los defectos óseos asociados pueden desencadenarse en etapas avanzadas, como fracturas verticales o dientes divididos (Patel 2022). Según lo encontrado por Alaugaily (2022) y PradeepKumar (2021), las fisuras incipientes pueden incluso no presentar evidencia radiográfica de pérdida ósea, mientras que se ha encontrado que las fracturas se correlacionan con defectos angulares (Alaugaily 2022). Las líneas de fisura mayores a 120 micrómetros se pueden visualizar mejor en el CBCT. Todas las fisuras menores a este tamaño pueden no ser visibles, sobre todo dependiendo del tamaño de voxel y artefactos (dientes endodonciados, dientes con restauraciones metálicas). Existe bastante heterogeneidad en los artículos actuales con respecto a los criterios de diagnóstico de las fracturas y el tamaño del voxel empleado, por lo que en los estudios futuros es necesario crear un protocolo de referencia que permita estandarizar el diagnóstico de este tipo de fracturas (PradeepKumar 2021).

En este estudio la edad media ha sido identificado como un factor con significación estadística ($p < 0.005$), encontrándose más frecuentemente LTF en pacientes con edades medias mayores. La edad promedio de los pacientes con dientes agrietados, dientes divididos y fractura vertical (50.2 años) coincide con hallazgos previos (Pradeep 2016, Seo 2012, Testori 1993). Otros autores han indicado que a partir de los 40 años la incidencia es significativamente mayor que en los pacientes en un intervalo de edad de los 20 a los 39

años (PradeepKumar 2016, Alaugaily 2022). Se ha encontrado, además, que hay diferencias estadísticamente significativas en la edad media, 58 años, en dientes con FRV ($p < 0.001$) con respecto a pacientes con diente tipo *fisura* donde la edad media era de 10 años menos. Esto concuerda con la mayoría de los artículos presentes en la literatura, puesto que la edad es un factor predisponente para el desarrollo de esta patología debido a los cambios biomecánicos que se producen en la dentina, alterando sus propiedades. Con la edad se producen cambios microestructurales en la dentina, junto con fuerzas oclusales mayores y mayor estrés. Esto se relaciona con los ciclos restaurativos y con el impacto acumulado de una actividad funcional que puede ser normal o patológica. Factores como la pérdida de elasticidad de la dentina, un mayor número de restauraciones y la fatiga inducida por el estrés acumulado con el tiempo contribuyen a la mayor prevalencia de dientes agrietados en adultos (Kang 2016). La mayoría de las fracturas longitudinales se producen en pacientes mayores de 40 años (Tang 2010, PradeepKumar 2016, Yoshino 2015).

Según Arola (2005), en pacientes mayores de 55 años la dentina tiene mayor contenido mineral y se reduce al 50% la resistencia estructural en comparación con individuos menores de 30 años. Por el contrario, es importante destacar que existen artículos que indican que el género y la edad no son factores que influyan significativamente. Por ejemplo, See et al (2019) realizó un ensayo clínico de casos y controles, lo que permitió eliminar el efecto potencial de las diferentes variables. Incluso, seleccionaron más de un control para cada caso, aumentando el poder estadístico del estudio. ***

Con respecto a la distribución de las fracturas longitudinales, el tipo de fractura más frecuente fueron los dientes divididos (78.6%), seguido de la FRV (12.2%) y los dientes agrietados (9.2%). La menor incidencia de dientes agrietados en este estudio se puede atribuir al enfoque en dientes que requieren extracción, ya que la restauración y, por lo tanto, la retención de los dientes agrietados, aunque controvertida, se respalda por su alta tasa de supervivencia (Leong 2020, Davis 2019, Kang 2016, Olivieri 2020). Esto concuerda con lo presente en la literatura, encontrándose rangos de entre 4 y 32%, seguramente debido a la heterogeneidad de los diferentes artículos con respecto a la evaluación de esta patología. Muchos artículos clásicos basan el diagnóstico de fracturas

longitudinales en métodos radiológicos convencionales y puede haber un error de diagnóstico estableciendo como enfermedad periodontal una bolsa periodontal aislada. Los rangos tan amplios de esta prevalencia se pueden deber tanto a las diferencias en el diagnóstico, como en la diferente selección de la muestra de estudio, con diferentes tipos de fracturas longitudinales. Todavía es necesaria más evidencia científica que indique la efectividad del diagnóstico radiológico y clínico de las fracturas longitudinales.

En el artículo de Alaugaily y Azim, donde se estudiaron los patrones de pérdida ósea de las fracturas se recogieron solo las entidades diente fisurado y FRV. La muestra, de un total de 95 dientes, fue similar a la de nuestro estudio. La edad media fue 60.3 y un 92.6% de los dientes fueron molares. En nuestro artículo la edad media, también con significancia estadística con respecto al tipo de fractura, era de 10 años menos pero también estaba incluida la entidad diente dividido que supone una progresión con el tiempo de la fractura longitudinal. El porcentaje de dientes fisurados que encontraron fue un 74.1%, mientras que las FRV supusieron el 24.1%. En nuestro caso los porcentajes son muy diferentes lo que puede deberse a la diferente selección de la muestra como se comentaba con anterioridad (Alaugaily, 2022). En el artículo de Kim et al la distribución de la edad fue similar excepto para el diente dividido donde la edad mínima fue de 41 años, mientras que en los otros tipos de fracturas longitudinales la edad mínima está cerca de los 30. La media de edad general en el estudio de Kim et al es similar a la recogida en este (51.8 años) y a la recogida en el artículo de Seet et al donde solo se estudiaron los dientes fisurados (51.5 años) (Kim 2020, Seet 2022).

Igualmente, en el artículo de Kim et al (2020) se encuentran unos porcentajes muy diferentes de fracturas longitudinales con respecto a las encontradas en este estudio: un 65.7% fueron dientes fisurados, la FRV se encontró en un 11.4% de los dientes y solo un 6.1% de las fracturas se identificaron como diente dividido. En este artículo los pacientes seleccionados acudieron por dientes posteriores con dolor que fueran sospechosos de fractura longitudinal pero que no necesariamente requirieran extracción, mientras que nuestra muestra eran dientes que sí requerían de extracción por la progresión de la lesión (Kim 2020). Se puede concluir por tanto que el tipo de estudio y el tamaño de la muestra pueden influir significativamente en los resultados encontrados. En nuestro caso, se realizó un estudio retrospectivo observacional, sin controles, lo que puede justificar esta diferencia

de resultados. Muchos artículos en la literatura avalan que la edad es un factor con significancia estadística con respecto a las diferentes fracturas longitudinales (Kim 2020, Alaugaily 2022, See 2019, Seet 2022)

En cuanto al sexo, en este artículo se ha encontrado que la mayoría de los pacientes con fracturas longitudinales fueron mujeres, aunque sin significación estadística. Otros artículos de características similares a este han encontrado también mayor prevalencia en las mujeres con respecto a los hombres. Esto puede deberse al reducido tamaño de muestra o también a un mayor peso de los factores de estrés en el sexo femenino (Quintero-Álvarez 2021, Haupt 2023, Kim 2020, Alaugaily 2022). Ocurre algo similar a lo comentado con anterioridad en cuanto a la distribución de las fracturas longitudinales con respecto a la edad.

En cuanto al tipo de diente y su localización, en investigaciones previas, las fracturas longitudinales se encontraron predominantemente en los dientes posteriores (AAE 2008, Krell 2018, Kang 2016, Pradeep 2016, Alaugaily 2022). En este estudio se encontró que la mayoría de las fracturas se producían en molares (65%), seguido de premolares (26%) y dientes anteriores (8%). Los dientes molares representaron el 65% de las fracturas, con una ocurrencia ligeramente mayor en los dientes mandibulares (55%) en comparación con los dientes maxilares (45%). Esto también concuerda con lo recogido en la literatura, puesto que los dientes con mayor prevalencia de fracturas son los molares mandibulares, seguido de los premolares maxilares. Esto se puede deber al patrón oclusal y a la morfología propia de estos dientes, que los hace más susceptibles a la fractura por estar sometidos a mayores fuerzas oclusales. Los dientes más vulnerables y con mayor susceptibilidad a sufrir fracturas son aquellos con raíces ovales y estrechos en sentido mesio-distal, como los premolares maxilares, la raíz mesiobucal de los molares maxilares y la raíz mesial de los molares mandibulares (Karygianni 2014, Yoshino 2015, PradeepKumar 2016, Liao 2017, Patel 2022, Alaugaily 2022).

El 68.4% los dientes presentes en este estudio eran dientes con alguna obturación, es decir, que la mayoría no eran dientes intactos. De estos, el 64.3% eran obturaciones de composite. Del total de la muestra, 68 dientes eran dientes endodonciados con respecto a 30 que no tenían tratamientos de conductos. PradeepKumar (2017), encontró también que

un porcentaje de los dientes con FRV no tenían tratamiento de conductos, pero sí presentaban fisuras. También es destacable comentar que en muchos casos en los artículos se hace el análisis de las fisuras tras realizar la extracción dental, siendo esto un sesgo, pues no se puede establecer que previa a la extracción existiera alguna fisura bien por un tratamiento de conductos o bien por otras causas. Aunque una extracción se considere atraumática siempre puede producir algún tipo de fisura.

A pesar de presentarse un tratamiento de conductos en 68 de los dientes, solo presentaban poste 24 y corona 19. Esto puede considerarse una incongruencia, puesto que en la mayoría de los casos la función de la colocación de un poste no es otra que mejorar la retención de la estructura dental para la colocación a posteriori de una corona que recubre el diente remanente. De los postes, 22 eran postes metálicos frente a 2 que eran de fibra de vidrio. En este artículo se encontró relación estadísticamente significativa entre el tipo de fractura los dientes con endodoncia y los dientes que no tenían ningún tipo de tratamiento. Aproximadamente el 70% de los dientes con FLV habían sido sometidos a tratamiento de conducto radicular y tenían un poste intraradicular metálico. Entre los diversos tipos de fracturas, el tratamiento de conductos radiculares estaba presentes en el 71% de los dientes divididos, el 92% de las FRV y el 22% de los dientes agrietados. Esta mayor prevalencia de fractura vertical en dientes con tratamiento de conductos se puede atribuir a factores predisponentes como la pérdida de tejido dental, grietas preexistentes y los efectos biomecánicos de la pérdida de vitalidad pulpar (Patel 2022). Según Tang, las fracturas de dientes postendodónticos pueden ocurrir debido a la pérdida de estructura dental y a las tensiones inducidas por procedimientos endodónticos y restauradores, como la preparación del espacio para el poste y la selección del poste (Tang 2010).

Esto quiere decir que la endodoncia y la presencia de algún tipo de tratamiento en el diente suponen dos variables estadísticamente significativas en la aparición de fracturas longitudinales ($p < 0.05$). Estos resultados concuerdan con los presentados por Alaugaily (2022), quien encontró que existía asociación estadísticamente significativa entre la presencia de FRV y dientes tratados previamente, dientes con restauraciones indirectas y dientes endodonciados ($p < 0.05$), así como dientes con fisuras y dientes con restauraciones directas ($p < 0.001$). Existen muchos factores que pueden aumentar el riesgo de fractura en dientes endodonciados, como la pérdida de estructura dental consecuencia de este

tratamiento, la aplicación de fuerzas excesivas, la aplicación de sustancias irrigantes que cambian las propiedades de la dentina o una restauración coronal deficiente. También es importante destacar que pueden existir micro fisuras previas al tratamiento endodóntico, no como consecuencia de este. Además, en muchos casos los artículos están realizados en dientes extraídos por lo que, como se dijo antes, no se puede afirmar que no se deba al proceso de extracción en sí (Miguéns-Vila 2021, Alaugaily 2022, Patel 2022).

Con respecto a los signos clínicos, en 60 de los dientes la fractura era visible clínicamente, 34 presentaban fístula, 70 presentaban sondaje puntual profundo, 47 presentaban palpación positiva y 57 percusión positiva. Estos resultados indican que la mayoría de los dientes no se encontraban en un estadio temprano de LTF. Normalmente, con la progresión de la fractura es cuando comienzan estos síntomas y signos. La presencia de una fístula a nivel medio-cervical se considera un signo clínico común, si bien hay que distinguir aquellos sondajes que se deban a patología periodontal. Un sondaje de incremento gradual se suele atribuir a una enfermedad periodontal, mientras que el sondaje puntual en dos extremos opuestos del diente se considera un signo patognomónico de FRV (Von Arx 2017, See 2019). Alaugaily (2022), encontró que la presencia de un tracto sinusal se asoció significativamente a los dientes con FRV ($p < 0.05$) este diferenció el tracto sinusal entre mayor y menor de 6 mm, encontrando diferencias estadísticamente significativas cuando el tracto sinusal era mayor de 6 mm. Estos resultados concuerdan con los de Haupt (2023), que recogió la presencia de sondaje periodontal puntual profundo, absceso o fístula y dolor a la percusión como los signos y síntomas indicativos de fractura dental. See (2019), por el contrario, no encontró el dolor a la percusión o palpación estadísticamente significativo, pero sí la presencia de un tracto sinusal o de un sondaje puntual de más de 5 mm de profundidad. No existe un protocolo estandarizado para analizar los determinantes de fracturas longitudinales, si bien, los factores más comúnmente recogidos como significativos son: radiolucidez en forma de J, bolsa periodontal (mayor a 5 mm), presencia de tracto sinusal y supuración por el surco o absceso. El dolor espontáneo, a la percusión o a la palpación suele ser también común. En el artículo de See (2019), analizan también la asociación entre el número de estos factores y la prevalencia de fracturas radiculares. Como resultado obtiene que la presencia de dos factores supone $p = 0.005$, mientras que la presencia de 3 o 4 factores supone una significancia estadística

con $p < 0.001$. Esto quiere decir que la presencia de 3 o 4 factores de los citados anteriormente se puede considerar como patognomónico de fractura. Un reciente metaanálisis realizado por Haupt F sugiere que la presencia de tracto sinusal, sondaje periodontal en incremento, presencia de absceso o supuración y dolor a la percusión presentan significancia estadística a la hora de diagnosticar fracturas verticales. En este estudio se encontró también que un sondaje periodontal profundo supone un signo con significancia estadística para el diagnóstico de LTF.

Con respecto al bruxismo, en este estudio 36 de los pacientes presentaban bruxismo, pero no se encontraron evidencias estadísticamente significativas. Un patrón oclusal parafuncional es uno de los factores de riesgo para la aparición de fracturas longitudinales (Patel 2022), pero estos resultados se pueden deber al tamaño reducido de la muestra.

La pérdida de 8 o más dientes sí se encontró estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Esto puede estar relacionado con el patrón oclusal, habiendo más sobrecarga en los dientes presentes debido a un mayor número de ausencias. Existen pocos estudios que evalúen la actividad parafuncional y el patrón oclusal con relación a la presencia de LTF. Como resalta Patel, factores anatómicos como la ubicación de los dientes en el arco dental y la presencia de parafunciones o cargas oclusales desfavorables pueden predisponer a los dientes a fracturas longitudinales (Patel 2022).

En el análisis post hoc se encontró que la proporción de dientes endodonciados en fracturas tipo *fisura* es menor, de forma estadísticamente significativa, que los dientes con fractura tipo *dividido* y con fractura vertical ($p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente). El porcentaje de los dientes con LTF que estaban endodonciados fue del 91.7%. Esto puede deberse, como indica Patel (2022) a un conjunto de factores que ya se comentaron con anterioridad, como la pérdida estructural de la dentina del diente, el empleo de diferentes sustancias para la desinfección, la obturación más allá del sistema de conductos o la presencia de hábitos parafuncionales a lo largo del tiempo sobre un diente que previamente ya se encuentra debilitado. Es importante destacar que la mayoría de los dientes endodonciados presentan una caries clase II, perdiendo el tejido interproximal del diente. Una vez se realiza la apertura si esta se realiza de manera convencional se pierde la dentina interaxial y el techo de la cámara por lo que el diente en sí se encuentra más debilitado.

Otra opción sería emplear otro tipo de accesos, como el acceso a través de la caries. Este tipo de acceso mantendría el volumen inicial del diente, pero aumenta el riesgo de fractura de las limas por torsión. Además, también hay que tener en cuenta que el uso de nuevos instrumentos rotatorios, de conicidad más pequeñas, permiten mantener prácticamente intacta la dentina pericervical. Este tejido, que se extiende 2 mm a coronal y 2 mm a apical de la cresta ósea es fundamental para conservar la integridad del diente. Muchos artículos que analizan la presencia de cracks en dientes endodonciados presentan una metodología dudosa puesto que sus métodos se basan en la extracción y su posterior análisis bien con métodos histológicos o bien con métodos radiológicos. No se podría concluir que los cracks en dientes endodonciados existieran previamente a la extracción o procesamiento de las muestras (Von Arx 2016).

Cuando se analiza la variable fractura visible clínicamente, se encuentra que la proporción de dientes tipo *dividido* es significativamente mayor que en los dientes tipo *fisura* y *fractura vertical* (71.4 con respecto a 22.2 y 25%, respectivamente). Esto es debido a la progresión de la lesión, siendo mucho más fácil de diagnosticar los dientes tipo *dividido* por el tamaño de la línea de fractura.

En nuestro estudio, el tamaño de la muestra de dientes agrietados con patrones de pérdida ósea fue insuficiente para sacar conclusiones. La extensión progresiva de la fractura en la porción radicular conduce a una reabsorción ósea más extensa y a la conversión de un defecto angular a un defecto en forma de J o combinado, lo cual se observó comúnmente en casos de fracturas verticales y dientes divididos (Alaugaily, 2022). En nuestra investigación, el defecto de pérdida ósea más común observado en fracturas verticales fue el de forma de J, mientras que los defectos angulares estuvieron más comúnmente relacionados con dientes divididos. Según varios estudios (Pradeep 2016, Tamse 1999, Kang 2016), la exploración profunda es un hallazgo clínico comúnmente observado asociado con fracturas longitudinales. Concretamente, mientras las fracturas verticales se relacionan con restauraciones indirectas, sondaje puntual profundo (>6 mm), ausencia de corteza y defectos óseos en forma de 'J'; los dientes fisurados se asocian con restauraciones directas, sondaje superficial (<6 mm), cortezas óseas intactas y defectos óseos de tipo angular (Alaugaily 2022). En nuestro estudio, encontramos una correlación estadísticamente significativa entre la exploración profunda y los tres tipos longitudinales

de fracturas, clasificadas de menor a mayor en dientes agrietados, dientes divididos y fracturas verticales. Esto respalda los hallazgos de Moule (Moule 1999), quien mencionó que la exploración profunda generalmente ocurre en las etapas posteriores de la fractura, acompañada de un defecto óseo.

Cuando un paciente acude con signos y síntomas compatibles con una fractura se debe realizar una historia clínica, anamnesis y exploración clínica detalladas. Se debe hacer diagnóstico diferencial con otras entidades de naturaleza endodóncica o periodontal. En estadios iniciales es común que no se hayan signos clínicos puesto que todavía no se ha producido reabsorción ósea, pero es probable que existan síntomas de pulpitis. Los pacientes pueden presentar una gran variedad de síntomas que suelen ser difíciles de asociar a un diente en concreto porque estos tienden a desaparecer y ser difusos, incluso muchas veces no pueden ser identificados a un único diente. También puede haber inicialmente dolor ante estímulos fríos o a la masticación. Cuando la fractura se extiende a la cámara pulpar es cuando suelen aparecer los síntomas de pulpitis. En estadios más avanzados de la lesión el diagnóstico es más fácil de alcanzar. Entre los factores que se han de tener en cuenta según la literatura están: sondaje periodontal profundo en una zona localizada, molestias a la masticación, molestias a la percusión y absceso o drenaje a través del surco. En este artículo también se ha encontrado que estos factores son significativos de fractura (Malentaca 2021). La presencia de fisuras en dientes sin endodoncia o restauración coronal alguna puede resultar en pulpitis y posteriormente necrosis pulpar. Esto se debe a que las fracturas longitudinales iniciadas en la dentina producen que esta sea más débil y se puede fracturar más fácilmente. En muchos casos las fuerzas de masticación continuas producen que la fractura se haga más extensa y se produce el paso de bacterias hacia el conducto radicular por lo que es muy común que estos dientes, en caso de no estar endodonciados, requieran tratamiento de conductos (Malentaca 2021). Otros estudios evaluaron la fractura in vivo mediante cirugía exploratoria (Dias 2020, Pradeep 2016, Edlund 2011). Estas técnicas podrían proporcionar enfoques alternativos para evaluar las fracturas, pero es posible que no ofrezcan un examen completo de toda la superficie del conducto radicular.



El tratamiento debe ir orientado primero a la eliminación del dolor y posteriormente, a la prevención de la propagación de la fisura. Hay que tener en cuenta que la presencia de

fracturas se debe a una conjunción de múltiples factores de los que se ha hablado en los párrafos previos. La presencia de uno u otro factor condiciona cualquier tratamiento que se realice sobre el diente. Siempre se debe tener en cuenta el pronóstico del diente previo a la restauración. Según Malentaca (2023), la fractura se puede clasificar en función de su terminación en dos entidades, las fracturas que terminan en el suelo de la cámara pulpar o en el tercio coronal de los conductos y aquellas que van más allá del tercio medio y apical de los conductos. En función de esto las clasifica en proximales o profundas. Una fisura que se propague más allá del tercio coronal de los conductos radiculares o que involucre los dos extremos mesio-distales del diente supone un peor pronóstico con respecto a las fisuras localizadas (Malentaca 2021).

No existe todavía un plan de tratamiento estandarizado para tratar las fracturas longitudinales. En estadios iniciales, el control de los factores de riesgo debe ser el tratamiento de elección. Cuando la fisura se propaga afectando al tejido pulpar es necesario realizar tratamiento de conductos. Para evaluar la propagación de la fisura se pueden realizar métodos de tinción y siempre se debe evaluar bajo magnificación. En el estudio de Malentaca (2021) se seleccionó una muestra de 87 dientes con líneas de fractura superficiales y profundas, diagnosticadas por visualización directa de la fractura usando azul de metileno o eosina y microscopio. Se realizó el tratamiento de conductos y se selló con gutapercha hasta la línea de fisura, luego esta se selló con composite Flow y se recorrió con una lima K de 0.06 mm para penetrar en esta línea. Se realizó un sellado con composite de la parte coronal y un recubrimiento cuspídeo del diente de manera directa, mediante una incrustación o una corona. Hubo diferencias significativas en la supervivencia de los dientes con fisuras profundas con respecto a las fisuras proximales ($p < 0.05$). Los dientes con fisuras más profundas se asociaron más comúnmente a presencia de defectos óseos, los cuales tuvieron una baja tasa de recuperación ósea tras la terapia. De los dientes investigados, solo 28 se extrajeron encontrándose que la ausencia de un sondaje profundo es un factor protector mientras que la pérdida ósea supone un factor de riesgo para la extracción. Más del 50% de los dientes analizados fueron funcionales después de 1 y 3 años de seguimiento y el 50% lo fueron después de 5 años de seguimiento. La recuperación de los niveles óseos en el sondaje se asoció con mejores tasas de éxito o supervivencia. Este autor sugiere que las restauraciones de composite empleando este

protocolo pueden producir una reparación ósea y disminuir la invasión bacteriana y reduce el riesgo de progresión de la fractura (Malentaca 2021). Resultados similares a los obtenidos por Malentaca ya fueron presentados por Sim (2016), quien determinó que las fracturas coronales podían ser más predeciblemente tratadas mientras que las fracturas que afectaban a la superficie radicular o al suelo de la cámara pulpar aumentaban la probabilidad de que el diente fuera extraído. Este autor registró la tasa de supervivencia de los dientes con fisuras radiculares en un 81.8% después de un periodo de seguimiento de 5 años, mientras que los dientes con fisuras coronales presentaban una tasa de supervivencia del 95.2% a los 5 años.

Otras técnicas presentes en la literatura como la ferulización con bandas de ortodoncia u otros dispositivos se basan en estudios de casos y controles, con un número limitado de casos por lo que suponen baja evidencia científica (Seet 2022). Por ejemplo, un estudio reciente de Michaelson (2024) emplea una nueva técnica para evitar la propagación de la fractura. Esta consistiría en eliminar mediante ultrasonidos la línea de fisura de apical a coronal, previamente realizando la remoción de gutapercha hasta 2 mm apicales a la línea de fisura, puesto que estos dientes presentaban tratamiento de conductos. Posteriormente esta línea se recubre con agregado de trióxido mineral (MTA) y Geristore. Se realizó seguimiento a los pacientes hasta los 11 años. Los resultados obtenidos fueron exitosos, no presentando ningún diente sintomatología y mejorando la profundidad de la bolsa periodontal durante todo el seguimiento (Michaelson 2024).

Sin embargo, muchos autores siguen manteniendo que el único tratamiento posible en estos dientes es la extracción, para evitar más destrucción ósea y así tener un lecho favorable para la rehabilitación mediante implantes. Se han desarrollado modelos predictivos para la identificación de fracturas radiculares Dantong (2023), esto permitiría tener un protocolo estandarizado de diagnóstico, que permitiera realizar un protocolo de tratamiento para este tipo de patologías.

En cuanto a las limitaciones de este estudio, el tamaño de la muestra representa la limitación principal. Además, la selección de la muestra se realizó enfocando dientes que precisaban extracción con lo que no estaban en un estadio inicial, por eso los porcentajes son muy diferentes a los encontrados en la literatura cuando se trata de dientes fisurados,

dientes divididos y FRV. Por lo tanto, es esencial interpretar los hallazgos con precaución. Al reconocer la limitación del tamaño de la muestra, estamos destacando la necesidad de realizar más ensayos clínicos aleatorizados controlados, que aporten mas evidencia científica y de los cuales se puedan extrapolar los resultados a la población general. Otra de las limitaciones es el haber realizado el análisis de los dientes después de la extracción que aunque se haya realizado lo más atraumática posible, siempre supone un riesgo para el desarrollo de fisuras, pudiendo producirse un sesgo en la muestra.

A pesar de las limitaciones de este estudio, concluimos que el CBCT ofrece ventajas sobre la radiografía 2D en la detección de cambios óseos periradiculares asociados con fracturas por lo que siempre cuando existan dudas de la presencia de una fractura se debe solicitar un CBCT localizado, con los parámetros adecuados y con filtros de reducción de ruido. Aunque la visualización bien directa o bien por métodos radiográficos sigue siendo un desafío, existen otros factores que nos permiten identificar la presencia de fracturas. La presencia de un sondaje puntual mayor a 5 mm, molestias a la masticación o palpación y presencia de supuración a través del surco o absceso a nivel medio – cervical son indicativos de la presencia de fractura, sobre todo cuando se asocian tres de estos o más. El mantenimiento de estos dientes en boca se sostiene en la literatura, alcanzando altas tasas de supervivencia en periodos largos de tiempo, por lo que su tratamiento no siempre debe ser la extracción. Se debe valorar al paciente como una entidad y evaluar siempre cada caso de manera individual para establecer un plan de tratamiento adecuado.

Se requiere investigación adicional para mejorar la precisión y confiabilidad del CBCT en la detección y evaluación de fracturas longitudinales, así como para correlacionar los hallazgos radiográficos con observaciones clínicas y sintomatología referida por el paciente que permitan realizar un protocolo de tratamiento estandarizado y predecible a largo plazo.

7

Conclusiones

7. CONCLUSIONES

- Las imágenes CBCT permitieron identificar cambios óseos periradiculares y fracturas de manera significativamente superior que las radiografías periapicales.
- Todas las lesiones diagnosticadas por PAs fueron también diagnosticadas por CBCT.
- El CBCT diagnosticó 29 casos más de lesiones que la radiografía convencional.
- Existió una discrepancia del 10% en cuanto al tipo de lesión diagnosticada por ambos métodos.
- La edad promedio de los pacientes fue significativamente mayor en los dientes con fractura vertical que en los dientes fisurados.
- Se observó una relación significativa entre el tipo de fractura y las siguientes variables: tratamiento de conducto radicular, diente intacto, fractura clínicamente visible, sondaje periodontal mayor o igual a 5 mm y ausencia de más de 8 dientes en boca.

8

Bibliografía

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alaugaily I, Azim AA. (2013) CBCT Patterns of Bone Loss and Clinical Predictors for the Diagnosis of Cracked Teeth and Teeth with Vertical Root Fracture. *Journal of Endodontics*, 48(9):1100–6.
- American Association of Endodontists. (2008) Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures.
- American Association of Endodontists. (2016) AAE/AAOMR Joint Position Statement – Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics.
- Berman, L.H. & Kuttler, S. (2010) Fracture necrosis: diagnosis, prognosis assessment, and treatment recommendations. *Journal of Endodontics*, 36(3): 442–6.
- Bernardes RA, de Moraes IG, Húngaro Duarte MA, Azevedo BC, de Azevedo JR, Bramante CM. (2009) Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108(2):270–7.
- Cameron CE. (1964) Cracked-Tooth Syndrome. *The Journal of American Dental Association*, 68(3):405–11.
- Chang E, Lam E, Shah P, et al. (2016) Cone-beam computed tomography for detecting vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review. *Journal of Endodontics*, 42(2):177–85.
- Chavda R, Mannocci F, Andiappan M, Patel S. (2014) Comparing the in vivo diagnostic accuracy of digital periapical radiography with cone-beam computed tomography for the detection of vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 40(10):1524–9.

Cohen JF, Korevaar DA, Altman DG, Bruns DE, Gatsonis CA, Hooft L, et al. (2016) STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. *British Medical Journal Open*, 6(11):e012799.

Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. (2007) Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography *Journal of Endodontics*, 33(9):1121–32.

da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HLD, Montagner F, da Silveira HED. (2013) Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an in vitro analysis. *Dental Traumatology*, 29(1):41–6.

Danforth RA, Dus I, Mah J. (2003) 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *The Journal of the California Dental Association*, 31(11):817–23.

Davis MC, Shariff SS. (2019) Success and Survival of Endodontically Treated Cracked Teeth with Radicular Extensions: A 2- to 4-year Prospective Cohort. *Journal of Endodontics*, 45(7):848–55.

De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, Silva EJNL, Neves ADA, Alves H, et al. (2015) Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. *Journal of Endodontics*, 41(7):1116-9.

Dias DR, Iwaki LCV, de Oliveira ACA, Martinhão FS, Rossi RM, Araújo MG, et al. (2020) Accuracy of High-resolution Small-volume Cone-Beam Computed Tomography in the Diagnosis of Vertical Root Fracture: An In Vivo Analysis. *Journal of Endodontics*, 46(8):1059–66.

Edlund M, Nair MK, Nair UP. (2011) Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *Journal of Endodontics*, 37(6):768–72.

Gulibire A, Cao Y, Gao A, Wang C, Wang T, Xie X, et al. (2021) Assessment of true vertical root fracture line in endodontically treated teeth using a new subtraction

software - A Micro-CT and CBCT study. *Australian Endodontic Journal*, 47(2):290–7.

Guo XL, Li G, Zheng JQ, Ma RH, Liu FC, Yuan FS, et al. (2019) Accuracy of detecting vertical root fractures in non-root filled teeth using cone beam computed tomography: effect of voxel size and fracture width. *International Endodontic Journal*, 52(6):887–98.

Haupt F, Wiegand A, Kanzow P. (2023) Risk Factors for and Clinical Presentations Indicative of Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 49(8):940-52.

Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. (2009) Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of Endodontics*, 35(5):719–22.

Kajan ZD, Taromsari M. (2012) Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(1):3–10.

Kang SH, Kim BS, Kim Y. (2016) Cracked Teeth: Distribution, Characteristics, and Survival after Root Canal Treatment. *Journal of Endodontics*, 42(4):557–62.


Kim JH, Eo SH, Shrestha R, Ihm JJ, Seo DG. (2020) Association between longitudinal tooth fractures and visual detection methods in diagnosis. *Journal of Dentistry*, 101:103466.

Krell K V., Caplan DJ. (2018) 12-month Success of Cracked Teeth Treated with Orthograde Root Canal Treatment. *Journal of Endodontics*, 44(4):543–8.

Leong DJX, de Souza NN, Sultana R, Yap AU. (2020) Outcomes of endodontically treated cracked teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 24(1):465–73.

Liao W-C, Tsai Y-L, Wang C-Y, et al. (2017) Clinical and radiographic characteristics of vertical root fractures in endodontically and nonendodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 43(5):687–93.

- Long H, Zhou Y, Ye N, et al. (2014) Diagnostic accuracy of CBCT for tooth fractures: a meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 42(3):240–8
- Ma RH, Ge ZP, Li G. (2023) Detection accuracy of root fractures in cone-beam computed tomography images: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 49(7):646–54.
- Malentacca A, Zaccheo F, Scialanca M, Fordellone F, Rupe C, Lajolo C. (2021) Repair of teeth with cracks in crowns and roots: An observational clinical study. *International Endodontic Journal*, 54(10):1738-53.
- Meister F, Lommel TJ, Gerstein H. (1980) Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surgery Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 49(3):243–53.
- Metska ME, Aartman IHA, Wesselink PR, Özok AR. (2012) Detection of vertical root fractures in vivo in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography scans. *Journal of Endodontics*, 38(10):1344–7.
- Michaelson PL. (2024) 7.5- to 11.5-Year Follow-up of the Fracture Removal Treatment for Propagated Crown Fractures. *Journal of Endodontics*, 50(4):527-32.
- Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Ruíz-Piñón M, Castelo-Baz P. (2017) Vertical Root Fracture initiation in curved roots after root canal preparation: A dentinal micro-crack analysis with LED transillumination. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(10):1218-23.
- Moule AJ, Kahler B. (1999) Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Australian Dental Journal*, 44(2):75–87.
- Olivieri JG, Elmsmari F, Miró Q, Ruiz XF, Krell K V., García-Font M, et al. (2020) Outcome and Survival of Endodontically Treated Cracked Posterior Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 46(4):455–63.

- Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. (2013) The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *International Endodontic Journal*, 46(12):1140–52.
- Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, et al. (2014) European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *International Endodontic Journal*, 47(6):502–4.
- Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. (2019) European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *International Endodontic Journal*, 52(12):1675–8.
- Patel S, Bhuva B, Bose R. (2022) Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 55 (Suppl 3):804–26.
- Pitts DL, Natkin E. (1983) Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *Journal of Endodontics*, 9(8):338–46.
- PradeepKumar AR, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. (2016) Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study. *Journal of Endodontics*, 42(8):1175–80.
- Ricucci D, Siqueira JF, Loghin S, Berman LH. (2015) The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic aspects. *Journal of Endodontics*, 41(3):343–52.
- Rivera EM, Walton RE. (2015) Longitudinal tooth cracks and fractures: an update and review. *Endodontic Topics*, 33(1):14–42.
- Salineiro, F.C.S., Kobayashi-Velasco, S., Braga, M.M. & Cavalcanti, M.G.P. (2017) Radiographic diagnosis of root fractures: a systematic review, meta-analyses and sources of heterogeneity. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(8):20170400.
-  Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. (2009) Use of cone beam computed tomography in endodontics. *International Endodontic Journal*, 2009:1–20.

- See WK, Ho JC, Huang CF, Hung WC, Chang CW. (2019) The association between clinical diagnostic factors and the prevalence of vertical root fracture in endodontic surgery. *Journal of the Formosan Medical Association*, 118(3):713–20.
- Seet R, Chan P, Khoo S, Yu V, Lui JN. (2022) Characteristics of Cracked Teeth with Reversible Pulpitis After Orthodontic Banding – A Prospective Cohort Study. *Journal of Endodontics*, 48(12): 1476-85.
- Seo DG, Yi YA, Shin SJ, Park JW. (2012) Analysis of factors associated with cracked teeth. *Journal of Endodontics*, 38(3):288–92.
- Sim IGB, Lim TS, Krishnaswamy G, Chen NN. (2016) Decision Making for Retention of Endodontically Treated Posterior Cracked Teeth: A 5-year Follow-up Study. *Journal of Endodontics*, 42(2):225-9.
- Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy SS. (2016) Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 42(1):12–24.
- Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J. (1999) An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *Journal of Endodontics*, 25(7):506–8.
- Tang W, Wu Y, Smales RJ. (2010) Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 36(4):609–17.
- Testori T, Badino M, Castagnola M. (1993) Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *Journal of Endodontics*, 19(2):87–90.
- Von Arx, T. & Bosshardt, D. (2017) Vertical root fractures of endodontically treated posterior teeth: A histologic analysis with clinical and radiographic correlates. *Swiss Dental Journal*, 127(1):14–23.
- Wang P, Yan XB, Lui DG, Zhang WL, Zhang Y, Ma XC. (2011) Detection of dental root fractures by using cone-beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(5):290–8.

Yiit Özer S. (2011) Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *Journal of Endodontics*, 37(1):75–9.

Yoshino K, Ito K, Kuroda M, Sugihara N. (2015) Prevalence of vertical root fracture as the reason for tooth extraction in dental clinics. *Clinical and Oral Investigations*, 19(6):1405-9

9

Publicación derivada de esta tesis

9. PUBLICACION DERIVADA DE ESTA TESIS

- **Title:** A retrospective clinical study to compare the ability of cone-beam computed tomographic images and periapical radiographs to reveal cracked teeth, split teeth and teeth with vertical root fractures.
- **Authors:** Maria Soledad Mareque Bueno¹, DDS; Venkateshbabu Nagendrababu⁴, PhD; Paul M.H. Dummer⁵, PhD ;Manuel Ruiz Piñon², PhD; Teresa Arias Moliz⁶, PhD; David Uroz Torres⁶, PhD; Sara Garrido Parada¹, DDS ; Benjamín Martín Biedma³, Phd ; Pablo Castelo Baz², PhD
- **Affiliation:**
 1. Resident, Endodontics and restorative dentistry unit, school of Medicine and dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain
 2. Professor, Endodontics and Restorative Dentistry unit, school of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela , Galicia ,Spain
 3. Titular professor Endodontics and Restorative Dentistry unit, school of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela , Galicia ,Spain
 4. Professor, department of Restorative Dentistry, college of Dental Medicine, university of Sharjah, Sharjah, Unite Arab Emirates
 5. Professor, school of Dentistry, College of Biomedical and life Sciences, Cardiff University, Cardiff, United Kingdom
 6. Professor, Department of Microbiology , Scholl of Dentistry, University of Granada , Granada , Spain.

- **Journal:** Journal American Dental Association.
 - **Impact Factor 2023:** 3.4 JCR
 - **JCR Category 2024:** Q1
 - **CiteScore 2023:** 4.8
 - **SJR 2023:** 0.572
 - **ISSN:** 1943-4723
 - **Editorial:** Elsevier -clinicalkey, 2007
 - **Publication Date:** July of 2024
 - **DOI:** doi.org/10.1016/j.adaj.2024.04.009
 - **PMID:**3895077
-
- **Maria Soledad Mareque Bueno Contribution:** Conceptualization and writing - review and editing.
 - **Permission of Journal American Dental association:**

According to the JADA publisher's regulations, an article may be reproduced in a doctoral thesis, it just needs to be properly acknowledged, as we did. No need to complete any formal request forms.



ADA American Dental Association



Supplemental material is available online.

A retrospective clinical study to compare the ability of cone-beam computed tomographic images and periapical radiographs to reveal cracked teeth, split teeth, and teeth with vertical root fractures

María Soledad Mareque-Bueno, DDS; Venkateshbabu Nagendrababu, PhD; Paul M.H. Dummer, PhD; Manuel Ruiz-Piñón, PhD; Teresa Arias-Moliz, PhD; David Uroz-Torres, PhD; Sara Garrido-Parada, DDS; Benjamín Martín-Biedma, PhD; Pablo Castelo-Baz, PhD

ABSTRACT

Background. This retrospective clinical study aimed to compare the sensitivity of cone-beam computed tomographic (CBCT) images and periapical (PA) radiographs to reveal cracked teeth, split teeth, and teeth with vertical root fractures (VRFs).

Methods. The authors included 98 patients (98 teeth) diagnosed with a longitudinal tooth fracture (LTF) (cracked tooth, split tooth, VRF) through direct visualization after extraction and with comprehensive clinical and radiographic records. They collected demographic, clinical, and radiographic data. The authors evaluated PA radiographs and CBCT images to identify fractures, fracture lines, and the different patterns of bone loss associated with these teeth. They used the McNemar test to compare PA radiographs and CBCT scans when assessing bone loss. They used the Fisher test to determine statistical relationships between fracture types and demographic, clinical, and radiologic traits. They used an analysis of variance test to compare patient age with fracture types.

Results. CBCT images were significantly more effective ($P < .05$) in detecting bone loss patterns associated with LTFs than with PA radiographs, with 71% of cases detected via CBCT images compared with 42% via radiographs. Mean age was significantly greater ($P < .05$) in patients with teeth with VRFs than in patients with split teeth. A significant relationship was observed between the type of fracture and the following variables: root canal treatment (split, VRF, $P = .002$), deep probing depth (≥ 5 mm) (VRF, $P = .026$), and having more than 8 teeth extracted from the mouth (VRF, $P = .032$). Overall, there was a significant difference ($P < .001$) between the visualization of fracture lines (45% on PA radiographs, 65% on CBCT images).

Conclusions. CBCT scans provided more information on LTFs than PA radiographs, particularly in the identification of periradicular bone changes.

Practical Implications. CBCT imaging can assist in making the clinical diagnosis of LTFs through observation of bone loss patterns, providing more information than PA radiographs.

Key Words. Cone-beam computed tomography; diagnostic accuracy study; vertical root fracture.

JADA 2024;155(7):614-623

<https://doi.org/10.1016/j.adaj.2024.04.009>

This article has an accompanying online continuing education activity available at: <http://jada.ada.org/ce/home>.

Copyright © 2024 American Dental Association. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Longitudinal tooth fractures (LTFs) with extensions into the root (ie, cracked teeth, split teeth, and vertical root fractures [VRFs]) often have similar clinical and radiographic features, which are challenging to diagnose as they can imitate purely endodontic lesions.¹ Symptoms associated with cracked teeth, split teeth, and VRFs can vary substantially,¹ but patients commonly report discomfort during chewing.² Clinical findings related to VRFs include deep, narrow

periodontal pockets, sinus tracts, and pain on palpation or percussion.³⁻⁷ Deep, isolated, and narrow periodontal pockets are considered indicators of long-standing VRFs^{3,4} and are considered pathognomonic when detected on both sides of a root.^{3,8} A cracked or split tooth most often results in pain on mastication.⁹ Therefore, it is recommended that a combination of clinical and radiologic examination be used when a tooth fracture is suspected.¹⁰⁻¹²

LTFs originate as microcracks in dentin due to stress concentrations.¹³ Regardless of their size, shape, direction, or extension, such cracks are prone to bacterial colonization.¹⁴ Various biomechanical factors have been reported to be responsible for the progression of microcracks.¹³ When a fracture line reaches the cervical area, the area becomes a source of chronic inflammation within the connective tissue.³ Consequently, the local inflammatory process leads to breakdown of the periodontal tissues, development of a deep pocket,³ and subsequent resorption of the surrounding bone.¹⁵

Depending on the type of fracture, radiographic findings associated with LTFs can vary substantially.¹³ The main radiographic presentations of cracked teeth, split teeth, or VRFs are the appearance of a J-shaped pattern of bone loss, the presence of an angular periodontal defect that extends apically from the crestal bone and terminates at the level of the fracture line, or a combined defect of an angular and J-shaped lesion, seen as a coronal-apical lesion.³ In cases in which the line of fracture is not visible, clinicians rely on interpretations based on the associated periradicular lesions.⁷

Visibility of these lesions on conventional periapical (PA) radiographs is limited to situations in which there is clear separation of tooth fragments aligned with the focal plane.^{7,16} Conventional PA radiographs are often inconclusive⁷ and are generally only useful for detecting the indirect signs of LTFs described above.^{13,17,18} Several studies have shown the use of cone-beam computed tomography (CBCT) to visualize cracked teeth, split teeth, and VRFs.^{12,19} CBCT scans can provide sliced sectional images in axial, sagittal, and coronal planes, offering improved diagnostic capabilities.²⁰ CBCT allows for a greater percentage of tooth fractures as a result of trauma to be diagnosed.^{11,21} Nonetheless, CBCT images have limitations, particularly when attempting to detect narrow fracture lines and cracks, which may escape detection. This is exacerbated by issues such as beam hardening, scattering, and streak artifacts, which can compromise image quality.¹¹ Consequently, the use of CBCT imaging to identify VRFs and cracked teeth is unpredictable.¹⁸

Following the as low as reasonably achievable principle, in the field of endodontics the use of a high-resolution small field-of-view CBCT devices is advised to achieve the minimal effective radiation dose, reduced scanning time, and reduced artifact appearance while improving spatial resolution.^{19,22,23} Numerous studies have evaluated the diagnostic capabilities of CBCT compared with conventional radiography in the detection of fracture lines in roots.^{6,11,12,21,24,25} However, there is little evidence on the correlation between the visualization of LTF lines in roots, bone loss patterns, and clinical signs and symptoms.¹⁵ The primary objective of our retrospective clinical study was to compare the ability of high-resolution CBCT images (90 μm^3) and PA radiographs to reveal true fracture lines in roots and the patterns of bone loss suggestive of cracked teeth, split teeth, and VRFs. We conducted the study on teeth that had been extracted for which both PA radiographs and CBCT images were available.

METHODS

We reported our study according to the Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies 2015 guidelines (eTable, available online at the end of this article).²⁶

Study design and patient population

In this retrospective study, we analyzed data from 98 patients who visited 3 private dental clinics from 2018 through 2023. The study was approved by the bioethics committee of the University of Santiago de Compostela in Galicia, Spain (15/2022). Included patients signed a written informed consent and agreed to their data being analyzed for future scientific purposes. Patients who had undergone tooth extraction due to cracked teeth, split teeth, and VRFs were included when they had the results of a comprehensive clinical and radiographic examination recorded, including a PA radiograph obtained using a paralleling technique and a CBCT scan (3-dimensional). One of the following signs or symptoms were required for inclusion: pain on chewing, pain on percussion, abscess, sinus tract, and periodontal probing depth 5 mm or greater in at least 1 point.

ABBREVIATION KEY

CBCT:	Cone-beam computed tomography.
LTF:	Longitudinal tooth fracture.
PA:	Periapical.
VRF:	Vertical root fracture.

Diagnoses of cracked teeth, split teeth, and VRFs

According to the American Association of Endodontists, a cracked tooth is a thin surface disruption of enamel and dentin, and possibly cementum, of unknown depth or extension. A split tooth is a continuation of a crack or VRF whereby the fractured segments are completely separated longitudinally; it may occur buccolingually or mesiodistally. VRF is a fracture in the root whereby the fractured segments are incompletely separated; it may occur buccolingually or mesiodistally.¹

We excluded teeth that fractured or were sectioned during extraction. We confirmed the definitive diagnosis of the type of LTF via direct visualization after the tooth had been extracted.

Data collection

We collected patient- and tooth-related data, including demographic information (age, sex), type of tooth (position of the tooth in the arch), and clinical information (periodontal probing, presence of a prosthetic crown). We also collected radiographic findings, including presence of root fillings, presence or absence of an intracanal post, type of periodontal defect (angular, J-shaped, or combined), widening of the periodontal ligament space, and separation of tooth fragments.

Radiographic and periodontal evaluation

Once the LTF was confirmed, the preoperative PA radiographs and CBCT scans were evaluated independently by 2 clinically experienced examiners (M.S.M.-B., M.R.-P.) to evaluate the radiographic findings compatible with cracked teeth, split teeth, and VRFs. These independent examiners had not seen the extracted tooth and were unaware of the type of LTF. Before analyzing the diagnostic tests, examiner calibration was carried out for the interpretation of the PA radiographs and CBCT images. The 2 examiners studied the images independently and then compared the findings. In case of disagreement, the case was discussed with a third expert (P.C.-B.) until a consensus was reached. We assessed interexaminer reliability using the Cohen κ test.

For all the included patients, 2 preoperative conventional PA radiographs were available from different angles using a Carestream CS 2200 unit (Carestream Health) and an RVG6200 digital sensor (Carestream Health). The CBCT images were acquired with a Carestream CS9300 Select device (Carestream Health), following the exposure protocol recommended by the manufacturer for high-resolution scanners with a voxel size of $90 \mu\text{m}^3$ (84 kilovoltage peak, 5 mA). We transferred the Digital Imaging and Communication Medicine files to a 3-dimensional viewing software (Horos) and displayed them on a 24-inch iMac monitor (Apple).

The examiners sought the presence of a fracture line (complete, incomplete) in the different planes of the CBCT scan and confirmed it when it was present in at least 3 consecutive axial slices of $899 \mu\text{m}$ thickness each.²⁷ The examiners classified the fracture line using a 3-point scale, according to the criteria of Dias and colleagues⁶:

- 0: absent (no fracture line)
- 1: uncertain (fracture line not clearly seen)
- 2: present (clear fracture line)

A tooth was considered to have positive vertical periodontal probing when it had a depth greater than or equal to that 5 mm at 1 point after a circumferential examination.²⁸ The results were dichotomized into

- 0: no bone loss
- 1: vertical bone loss greater than or equal to 5 mm in 1 point

The examiners also analyzed bone loss patterns suggestive of an LTF and categorized them as¹⁵

- 0: no visible bone defects: no bone loss observed
- 1: angular defect: angular resorption of the crestal bone along the root on 1 or both sides, without involving the periapical area³
- 2: J-shaped defect: a periradicular radiolucency located on the lateral aspect of the root that extended apically, reaching the apex of the tooth
- 3: combined or irregular bone defect: a bone loss pattern that combined the previously described defects, or a random bone loss pattern

Statistical analysis

Descriptive analysis included absolute and relative frequencies for categorical variables, and we described numeric data through centralization and dispersion measures. In addition, we analyzed

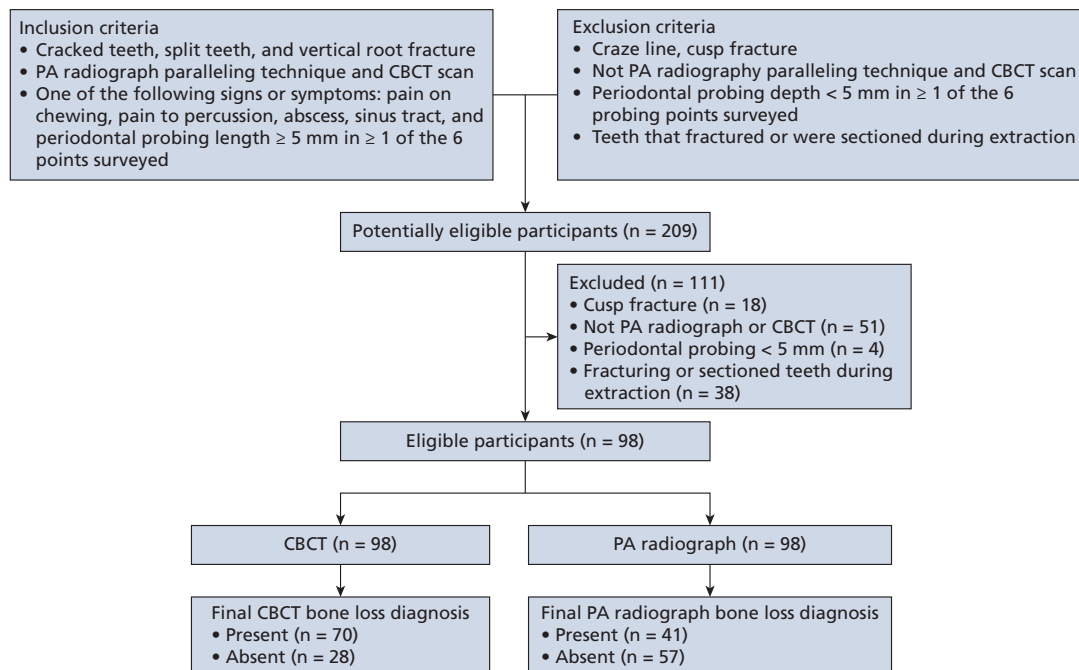


Figure 1. Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies 2015²⁶ flow diagram of participants. PA: Periapical. CBCT: Cone-beam computed tomography.

associations between categorical variables using contingency tables. To compare bone loss detection between PA radiographs and CBCT scans, we used a McNemar test for paired data. We performed an exact approximation, the Fisher test, to determine the statistical relationship between types of fracture and demographic, clinical, and radiologic traits. We used analysis of variance to compare the age of patients via types of LTF. Subsequently, we also performed an adjusted Bonferroni post hoc analysis, using the Tukey test, to determine differences between groups of teeth in relation to the type of LTF. We carried out all statistical analyses using R software Version 4.2.2 (R Core Team) with the significance level being set at .05.

RESULTS

The flow of participants is presented in Figure 1.

Exploratory analysis

The average age of the study cohort was 50.2 years, similar to the median (50 years). The range of values for age was wide, from 23 through 80 years. However, 50% of age values were between 42 (quartile 1) and 57 (quartile 3) years. Over one-half of the teeth belonged to women (53%).

The most frequent LTF that was identified was a split tooth, which was present in 79% of the teeth. VRFs occurred in 12% of teeth and cracked teeth in 9% of the teeth. Overall, 65% of fractures occurred in molars, 26% in premolars, and 8% in anterior teeth. Overall, 55% of the fractures were in mandibular teeth.

Radiographic incidence of VTFs

Of the 98 teeth, bone loss (seen as angular, J-shaped, combined, or irregular defect)¹⁵ was detected in 48 cases on PA radiographs (42%) and in 70 cases via CBCT images (71%) (Table 1) (McNemar test; *P* < .05). Therefore, detection of bone loss was seen significantly more often in CBCT images than in PA radiographs.

Table 1 shows that, of the 98 teeth, bone loss was not detected in 28 teeth (29%) with cracked teeth, split teeth, or VRFs, neither via PAs radiographs nor CBCT images. All teeth with bone loss

Table 1. Descriptive analysis of bone loss detection between PA* radiographs and CBCT images.^{†,‡}

	Bone Loss via PA Radiograph: No, No. (%)	Bone Loss via PA Radiograph: Yes, No. (%)	Total
Bone Loss via CBCT Image: No, No. (%)	28 (28)	0 (0)	28 (28)
Bone Loss via CBCT Image: Yes, No. (%)	29 (29)	41 (41)	70 (71) [§]
Total	57 (58)	41 (41) [§]	98 (100)

* PA: Periapical. † CBCT: Cone-beam computed tomography. ‡ Percentages are calculated over the total number of teeth (N = 98). Comparison made via McNemar paired test: $\chi^2 = 29$; $P < .001$. § Statistically significant.

Table 2. Cross tabulation of the classification of bone loss detected via both cone-beam computed tomography and periapical radiography (n = 41) by type of defect.

		Bone Loss via Periapical Radiograph: Type of Defect, No.			
		Angular defect	J-shaped defect	Combined defect	Total
Bone Loss via Cone-Beam Computed Tomographic Image: Type of Defect, No.	Angular defect	14*	0	0	14
	J-shaped defect	1	17*	0	18
	Combined defect	1	2	6*	9
	Total	16	19	6	41*

* Statistically significant.

detected via PA radiographs also were detected via CBCT images. CBCT images identified 29 more teeth with bone loss than the PA radiographs ($P < .05$)

There were 41 cases of cracked teeth, split teeth, and VRFs in which bone loss was detected on both PA radiographs and CBCT images. They were classified into 3 different types of defects. The concordance between these types is shown in Table 2. In general, bone loss was classified in a similar way via CBCT images and PA radiographs (90% of the 41 cases). There were discrepancies in only 4 of the 41 bone lesions detected via both methods, which is a 10% discrepancy.

Secondary objectives

Demographic and Clinical Variables

Teeth with each type of fracture (cracked, split, VRFs) are described according to their clinical and demographic traits in Table 3.

Mean age was significantly greater in patients with teeth with VRFs (58 years) than in those with split teeth (48 years) (analysis of variance, $P < .01$; Tukey test with Bonferroni correction, $P < .05$).

We observed a significant relationship between the type of LTF and the following variables: root canal treatment, deep probing depth, and having more than 8 teeth extracted from the mouth (Table 3).

Radiographic Variables

We detected bone loss associated with LTFs (example, Figure 2B) on CBCT scans in 9 cracked teeth (56%) (Figure 3), 77 split teeth (69%), and 12 teeth with VRFs (100%) (Figure 2), with a significant difference between the various defects ($P < .05$). Overall, 45% of fracture lines were visible on PA radiographs compared with 65% on CBCT scans (Table 4). A fracture line (example, Figure 3C) was visible on CBCT scans in 78% of cracked teeth, 65% of split teeth, and 58% of teeth with VRFs, with no significant difference between the clinical conditions ($P > .05$).

Table 3. Demographic and clinical characteristics of each fracture type.*

VARIABLE	CRACKED (N = 9)	SPLIT (N = 77)	VERTICAL (N = 12)	TOTAL (N = 98)	P VALUE
Age, Y					
Mean (SD)	54.2 (15.30)	48.4 (10.83)	58.8 (11.24)	50.2 (11.78)	.009 [†]
Range	36.0-80.0	23.0-80.0	37.0-75.0	23.0-80.0	
Sex, No. (%)					
Women	2 (22.2)	43 (55.8)	7 (58.3)	52 (53.1)	.169
Men	7 (77.8)	34 (44.2)	5 (41.7)	46 (46.9)	
Tooth Location, No. (%)					
Mandible	3 (33.3)	44 (57.1)	7 (58.3)	54 (55.1)	.443
Maxilla	6 (66.7)	33 (42.9)	5 (41.7)	44 (44.9)	
Tooth Type, No. (%)					
Anterior	0 (0)	5 (6.9)	3 (25)	8 (8.2)	.168
Molar	5 (55.6)	53 (68.3)	6 (50)	64 (65.3)	
Premolar	4 (44.4)	19 (24.8)	3 (25)	26 (26.5)	
Root Canal Treatment, No. (%)	2 (22)	55 (71)	11 (91)	68 (69)	.002 [†]
Post Presence, No. (%)	1 (11)	20 (25)	3 (25)	24 (24)	.770
Dental Crown, No. (%)	0 (0)	15 (19)	4 (33)	19 (19)	.193
Vertical Probing Depth, No. (%)	5 (55)	53 (68)	12 (100)	70 (71)	.026 [†]
Pain on Percussion, No. (%)	7 (77)	45 (58)	5 (41)	57 (58)	.248
Ligament Broadening, No. (%)	2 (22)	39 (50)	9 (75)	50 (51)	.070
> 8 Teeth Extracted From the Mouth, No. (%)	1 (11)	3 (3)	3 (25)	7 (7)	.032 [†]

* Quantitative variables are described as mean (SD) and range (minimum-maximum values), whereas categorical variables are described as absolute frequency (percentage over each type of fracture or total cases). † Statistically significant.

DISCUSSION

The advent of CBCT has revolutionized endodontic imaging with its potential to detect and evaluate LTF.^{27,29,30} When conventional radiography fails to provide sufficient information, the use of CBCT is recommended if a tooth fracture is suspected.^{12,19,22,24,29} Several studies have investigated the ability of CBCT to detect LTF lines.^{6,11,12,21,24,25} In our study, fracture lines within teeth were visible in 65% of the sample (78% of cracked teeth, 65% of split teeth, 58% of VRFs). When the width of the fracture is smaller than the size of the voxel, the lesion cannot be detected.³¹ An in vivo study that evaluated root-filled teeth diagnosed with VRF via CBCT and microcomputed tomography reported that 9 of 32 teeth had fractures visible on CBCT images.³² Those that were visible had widths of approximately 126 μm, whereas those that were not visible measured approximately 107 μm. CBCT devices with smaller voxel sizes are available; therefore, the width of fracture lines is a key factor when attempting to visualize LTFs.^{32,33} When comparing voxels for the evaluation of simulated VRFs, the 0.2 mm voxel was reported to be the optimum.^{34,35} The selected voxel will depend on whether the tooth is root filled. Voxels of 0.3 mm can be selected for nonroot-filled teeth, whereas 0.2 mm is best for root-filled teeth and teeth with metal posts.²⁴ However, 2 investigations reported that using lower voxel sizes leads to an accurate diagnosis of VRFs^{36,37}; for that reason, we used high-resolution scanners with a voxel size of 90 μm³.

Although CBCT images provide more precise images than PA radiographs, their accuracy in directly identifying LTFs by means of detecting fracture lines has limitations.^{6,25} As a result, the diagnosis often relies on the detection of periradicular bone changes.^{13,25} In our study, PA radiographs identified bone loss in 42% of the teeth, whereas CBCT images detected bone loss in 71% of the teeth, a statistically significant difference. All teeth with bone loss detected on PA radiographs also were detected via CBCT images. These findings align with a prior study,¹⁵ which found that CBCT images were 4.4 times more effective in identifying bone defects related to LTFs than PA

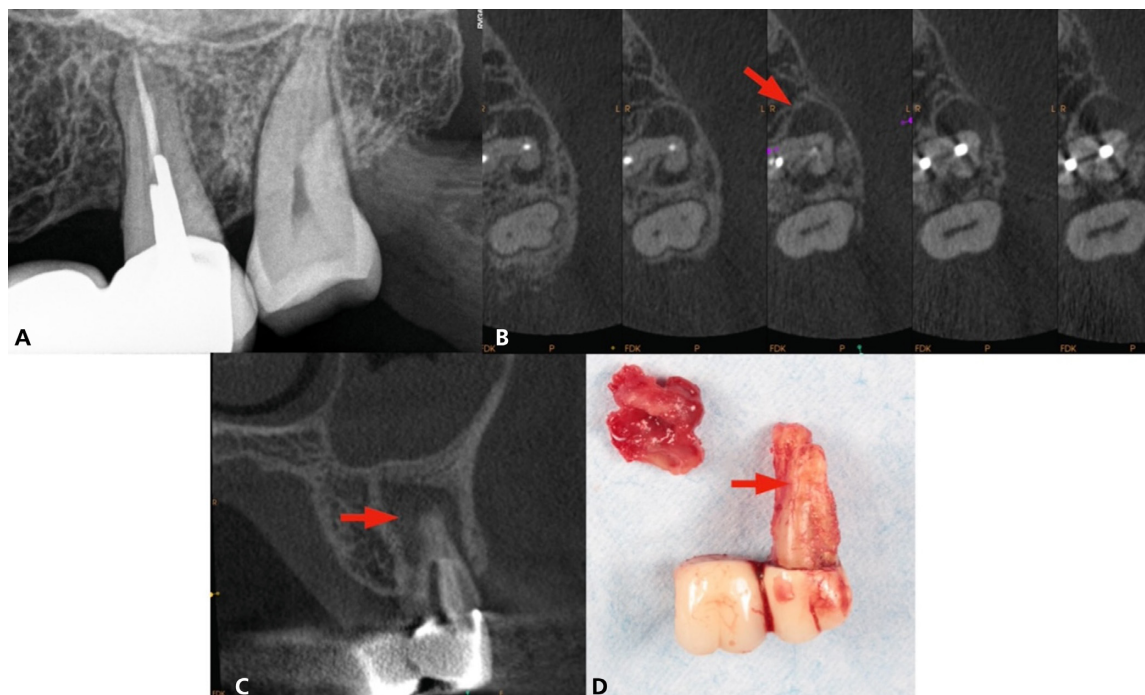


Figure 2. Maxillary left second molar: initial periapical radiograph in which no bone loss pattern can be seen (A); cone-beam computed tomographic axial view, with red arrow indicating bone loss (B); cone-beam computed tomographic sagittal view, with red arrow indicating apical bone loss (C); and photograph of tooth after extraction, with red arrow highlighting vertical root fracture (D).

radiographs. The results of our study revealed that CBCT images detected bone loss in 56% of cracked teeth, 69% of split teeth, and all teeth with VRFs. Associated bone defects may occur in the advanced stages of VRFs or split teeth, as a consequence of bacterial contamination or mechanical irritation.¹³ Incipient cracks might not show radiographic evidence of bone loss, whereas cracks have been found to correlate with angular defects.¹⁵

The average age of patients with cracked teeth, split teeth, and VRFs in our study (50.2 years) aligns with previous findings.^{4,5,10} Factors such as loss of dentin elasticity, a larger number of restorations, and cumulative stress-induced fatigue over time contribute to the increased prevalence of cracked teeth in adults.³⁸ Consistent with previous research, we found LTFs predominantly in posterior teeth.^{1,4,38,39} In our study, molars accounted for 65% of the fractures, with a slightly higher occurrence in mandibular teeth (55%) than maxillary teeth (45%). Among the cases included, the most frequent fracture type was the split tooth (79%), followed by VRF (12%) and cracked tooth (9%). The lower incidence of cracked teeth in this study can be attributed to the focus on teeth requiring extraction, as the restoration and thus retention of cracked teeth, although controversial, is supported by their high survival rate.^{38,40-42}

Among all the variables we analyzed in the study, we found a significant relationship between the type of fracture and presence of a root filling, deep periodontal probing depth, and the number of missing teeth in the mouth (> 8). There was a significant correlation between the prevalence of LTFs and root canal treatment, as reported in a study.¹⁰ Approximately 70% of teeth with LTFs had undergone root canal treatment and had a metallic intracanal post. Among the various fracture types, root fillings were present in 71% of split teeth, 92% of teeth with VRFs, and 22% of cracked teeth. Tooth fractures after root canal treatment might occur because of the loss of tooth structure and induced stresses caused by endodontic and restorative procedures.⁴³

According to some studies,^{3,4,38} deep periodontal probing is a commonly observed clinical finding associated with LTFs. Specifically, whereas VRFs are linked to indirect restorations, deep periodontal probing (> 6 mm), the absence of bone cortex, and J-shaped bone defects, cracked teeth are associated with direct restorations, shallow probing (< 6 mm), intact bone cortices, and angular-

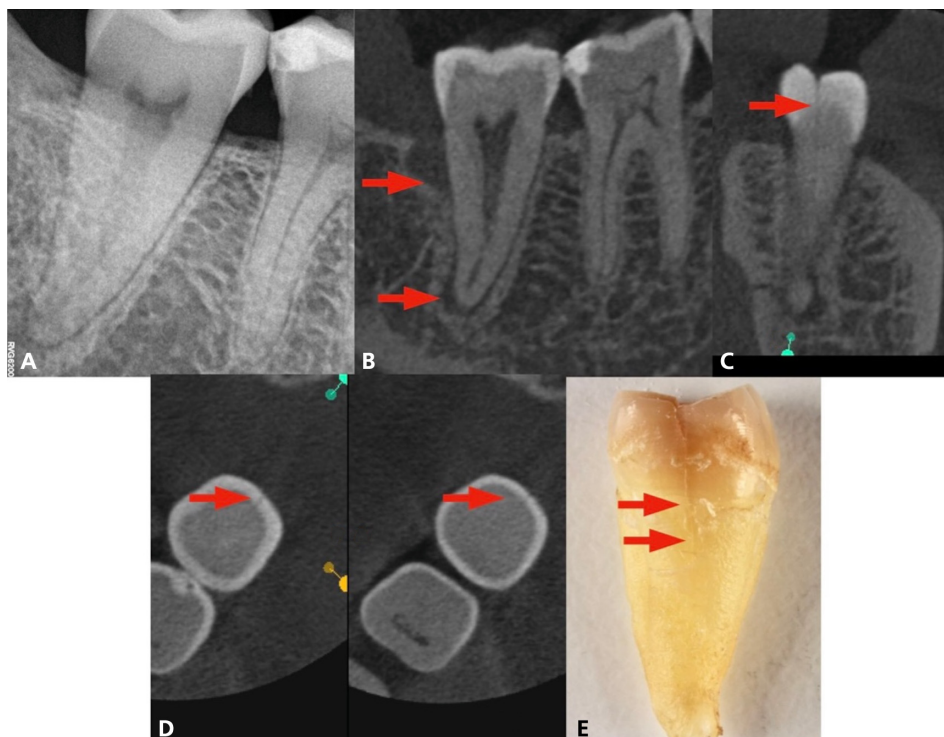


Figure 3. Mandibular right third molar: periapical radiograph (A); cone-beam computed tomographic (CBCT) sagittal view, with red arrows indicating angular and apical bone loss (B); CBCT coronal view, with red arrow indicating line of fracture (C); CBCT sagittal view, with red arrow indicating line of fracture (D); photographic image of tooth after extraction for cracked tooth, with red arrows indicating line of fracture (E).

Table 4. Radiologic analysis of characteristics of each fracture type.*

VARIABLE	CRACKED (N = 9)	SPLIT (N = 77)	VERTICAL (N = 12)	TOTAL (N = 98)	TEST	P VALUE
Visible Fracture via Cone-Beam Computed Tomography, No. (%)	7 (77)	50 (64)	7 (58)	64 (65)	Fisher	.696
Bone Loss via Cone-Beam Computed Tomography, No. (%)						
No	4 (44.4)	24 (31.2)	0 (0)	28 (28.6)	Fisher	
Yes	5 (55.6)	53 (68.8)	12 (100)	70 (71.4)	Fisher	
Angular defect	2 (40)	31 (58.5)	3 (25)	36 (51.4)	Fisher	.026†
J-shaped defect	3 (60)	15 (28.3)	6 (50)	24 (34.3)	Fisher	
Combined defect	0 (0)	7 (13.2)	3 (25)	10 (14.3)	Fisher	

* Variables are described as absolute frequency (percentage over each type of fracture or total cases). † Statistically significant.

type bone defects.¹⁵ In our study, a statistically significant correlation occurred between deep periodontal probing and the 3 longitudinal types of fractures, ranked from lowest to highest as cracked teeth, split teeth, and VRFs. Deep probing typically occurs in the later stages of the fracture, accompanied by a bone defect.⁸

Care was taken to extract the teeth as atraumatically as possible, and we excluded those teeth that were clearly fractured or sectioned during extraction. Nonetheless, there is a risk that a tooth fracture could be created or widened during the extraction procedure.²⁵ The alternative to extraction would be in situ clinical examination or observation under magnification.^{4,6,15,29} These techniques are alternative approaches for assessing tooth fractures, but they are less accurate as they cannot provide a comprehensive examination of the entire tooth and root.

The sample size of cracked teeth in our study is a limitation, and results should be interpreted with caution. Further studies including a greater sample size are required to improve the accuracy and reliability of CBCT imaging in detecting and evaluating LTFs, specifically cracked teeth as well as correlating radiographic findings with clinical observations.

CONCLUSIONS

CBCT imaging allowed the identification of periradicular bone changes associated with LTFs significantly more often than PA radiographs. The mean age of patients was significantly greater in teeth with VRFs than in split teeth. A significant relationship was observed between the type of fracture and presence of a root filling (split teeth and VRFs), deep periodontal probing depth (VRFs), and having more than 8 teeth extracted from the mouth (VRFs). ■

DISCLOSURES

None of the authors reported any disclosures.

SUPPLEMENTAL DATA

Supplemental data related to this article can be found at: <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2024.04.009>.

Dr. Mareque-Bueno is a resident, Endodontics and Restorative Dentistry Unit, School of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain.

Dr. Nagendrababu is a professor, Department of Restorative Dentistry, College of Dental Medicine, University of Sharjah, Sharjah, United Arab Emirates.

Dr. Dummer is a professor, School of Dentistry, College of Biomedical and Life Sciences, Cardiff University, Cardiff, United Kingdom.

Dr. Ruiz-Piñón is a professor, Endodontics and Restorative Dentistry Unit, School of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain.

Dr. Arias-Moliz is a professor, Department of Microbiology, School of Dentistry, University of Granada, Granada, Spain.

Dr. Uroz-Torres is a professor, Department of Microbiology, School of Dentistry, University of Granada, Granada, Spain.

Dr. Garrido-Parada is a resident, Endodontics and Restorative Dentistry Unit, School of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain. Address correspondence to Dr. Garrido-Parada, University of Santiago de

Compostela, Entrerriós St, Number 1, 15705, Santiago de Compostela, A Coruña, Galicia, Spain, email saragarriddodes@gmail.com.

Dr. Martín-Biedma is a professor, Oral Sciences Research Group, Endodontics and Restorative Dentistry Unit, School of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Health Research Institute of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain.

Dr. Castelo-Baz is a professor, Oral Sciences Research Group, Endodontics and Restorative Dentistry Unit, School of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Health Research Institute of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain.

ORCID Numbers. Maria Soledad Mareque-Bueno: <https://orcid.org/0009-0002-3430-0741>; Paul M.H. Dummer: <https://orcid.org/0000-0002-0726-7467>; Manuel Ruiz-Piñón: <https://orcid.org/0000-0002-9110-3173>; Teresa Arias-Moliz: <https://orcid.org/0000-0003-0559-2159>; David Uroz-Torres: <https://orcid.org/0000-0003-2249-6724>; Sara Garrido-Parada: <https://orcid.org/0000-0002-7004-5509>; Benjamin Martín-Biedma: <https://orcid.org/0000-0002-4297-4220>; Pablo Castelo-Baz: <https://orcid.org/0000-0003-3031-5532>. For information regarding ORCID numbers, go to <http://orcid.org>.

1. Rivera E, Walton RE. Endodontics: colleagues for excellence—cracking the cracked tooth code, detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *American Association of Endodontists*. 2008. Accessed December 3, 2023. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/ecfesum08.pdf>

2. Cameron CE. Cracked-tooth syndrome. *JADA*. 1964; 68(3):405-411. doi:10.14219/JADA.ARCHIVE.1964.0108

3. Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod*. 1999;25(7):506-508. doi:10.1016/S0099-2399(99)80292-1

4. 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*. 2016;42(8):1175-1180. doi:10.1016/j.joen.2016.04.012

5. Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod*. 1993;19(2):87-90. doi:10.1016/S0099-2399(06)81202-1

6. Dias DR, Iwaki LCV, de Oliveira ACA, 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*. 2020;46(8):1059-1066. doi:10.1016/j.joen.2020.04.015

7. Pitts DL, Narkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *J Endod*. 1983;9(8):338-346. doi:10.1016/S0099-2399(83)80150-2

8. Moule AJ, Kahler B. Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Aust Dent J*. 1999;44(2):75-87. doi:10.1111/j.1834-7819.1999.tb00205.x

9. Rivera EM, Walton RE. Longitudinal tooth cracks and fractures: an update and review. *Endod Topics*. 2015; 33(1):14-42. doi:10.1111/etp.12085

10. Seo DG, Yi YA, Shin SJ, Park JW. Analysis of factors associated with cracked teeth. *J Endod*. 2012;38(3): 288-292. doi:10.1016/j.joen.2011.11.017

11. Bernardes RA, de Moraes IG, Húngaro Duarte MA, Azevedo BC, de Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Radiol Endod*. 2009;108(2):270-277. doi:10.1016/j.tripleo.2009.01.017

12. Kajan ZD, Taromsari M. Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(1):3-10. doi:10.1259/DMFR/25194588

13. Patel S, Bhuva B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J*. 2022;55(suppl 3):804-826. doi:10.1111/iej.13737

14. Ricucci D, Siqueira JF, Loghin S, Berman LH. The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic

aspects. *J Endod*. 2015;41(3):343-352. doi:10.1016/j.joen.2014.09.021

15. Alaugaily I, Azim AA. CBCT Patterns of bone loss and clinical predictors for the diagnosis of cracked teeth and teeth with vertical root fracture. *J Endod*. 2022;48(9): 1100-1106. doi:10.1016/j.joen.2022.06.004

16. Meister F, Lommel TJ, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1980;49(3):243-253. doi:10.1016/0030-4220(80)90056-0

17. Ma RH, Ge ZP, Li G. Detection accuracy of root fractures in cone-beam computed tomography images: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2016; 49(7):646-654. doi:10.1111/iej.12490

18. Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J*. 2013; 46(12):1140-1152. doi:10.1111/iej.12109

19. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007;33(9):1121-1132. doi:10.1016/j.joen.2007.06.011

20. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc*. 2003; 31(11):817-823. doi:10.1080/19424396.2003.12224264

21. Wang P, Yan XB, Lui DG, Zhang WL, Zhang Y, Ma XC. Detection of dental root fractures by using cone-beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011; 40(5):290-298. doi:10.1259/DMFR/84907460
22. Parel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F; developed by European Society of Endodontology (ESE). European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int Endod J*. 2019;52(12):1675-1678. doi:10.1111/iej.13187
23. AAE and AAOMR joint position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics—2015/2016 update. 2016. Accessed December 10, 2023. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/conebeamstatement.pdf>
24. da Silveira PF, Vizotto MB, Liedke GS, da Silveira HLD, Montagner F, da Silveira HED. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography: an in vitro analysis. *Dent Traumatol*. 2013;29(1):41-46. doi:10.1111/j.1600-9657.2012.01126.x
25. 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*. 2014; 40(10):1524-1529. doi:10.1016/j.joen.2014.05.011
26. Cohen JF, Korevaar DA, Altman DG, et al. STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. *BMJ Open*. 2016;6(11). doi:10.1136/bmjopen-2016-012799
27. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod*. 2009;35(5):719-722. doi:10.1016/j.joen.2009.01.022
28. 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*. 2019;118(3):713-720. doi:10.1016/j.jfma.2018.08.022
29. Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod*. 2011;37(6):768-772. doi:10.1016/j.joen.2011.02.034
30. Metska ME, Aartman IHA, Wesselink PR, Özok AR. Detection of vertical root fractures in vivo in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography scans. *J Endod*. 2012;38(10):1344-1347. doi:10.1016/j.joen.2012.05.003
31. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent*. 2009;2009:1-20. doi:10.1155/2009/634567
32. Gulbire A, Cao Y, Gao A, et al. Assessment of true vertical root fracture line in endodontically treated teeth using a new subtraction software: a micro-CT and CBCT study. *Aust Endod J*. 2021;47(2):290-297. doi:10.1111/AEJ.12476
33. Guo XL, Li G, Zheng JQ, et al. Accuracy of detecting vertical root fractures in non-root filled teeth using cone beam computed tomography: effect of voxel size and fracture width. *Int Endod J*. 2019;52(6):887-898. doi:10.1111/iej.13076
34. Yiit Özer S. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod*. 2011;37(1):75-79. doi:10.1016/j.joen.2010.04.021
35. Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy SS. Role of cone-beam computed tomography in diagnosis of vertical root fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2016;42(1):12-24. doi:10.1016/j.joen.2015.09.012
36. Uysal S, Akcicek G, Yalcin ED, Tuncel B, Dural S. The influence of voxel size and artifact reduction on the detection of vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Acta Odontol Scand*. 2021;79(5):354-358. doi:10.1080/00016357.2020.1859611
37. Kolsuz ME, Evli C, Aksoy U, Koohnavard M, Aksoy S, Orhan K. Influence of voxel size and filter type on detecting vertical root fracture using cone-beam computed tomography. *Aust Endod J*. 2023;49(suppl 1):439-446. doi:10.1111/aej.12761
38. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Cracked teeth: distribution, characteristics, and survival after root canal treatment. *J Endod*. 2016;42(4):557-562. doi:10.1016/j.joen.2016.01.014
39. Krell KV, Caplan DJ. 12-month success of cracked teeth treated with orthograde root canal treatment. *J Endod*. 2018;44(4):543-548. doi:10.1016/j.joen.2017.12.025
40. Leong DJX, de Souza NN, Sultana R, Yap AU. Outcomes of endodontically treated cracked teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2020; 24(1):465-473. doi:10.1007/s00784-019-03139-w
41. Davis MC, Shariff SS. Success and survival of endodontically treated cracked teeth with radicular extensions: a 2- to 4-year prospective cohort. *J Endod*. 2019; 45(7):848-855. doi:10.1016/j.joen.2019.03.015
42. Olivieri JG, Elmsari F, Miró Q, et al. Outcome and survival of endodontically treated cracked posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2020;46(4):455-463. doi:10.1016/j.joen.2020.01.006
43. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod*. 2010;36(4):609-617. doi:10.1016/j.joen.2009.12.002

eTable. STARD* checklist for reporting diagnostic accuracy studies.[†]

SECTION AND TOPIC	ITEM NO.	ITEM	PAGE NO.
Title or Abstract			
	1	Identification as a study of diagnostic accuracy using at least 1 measure of accuracy (such as sensitivity, specificity, predictive values, or area under the curve)	614
Abstract			
	2	Structured summary of study design, methods, results, and conclusions (for specific guidance, see STARD for Abstracts)	614
Introduction			
	3	Scientific and clinical background, including the intended use and clinical role of the index test	615
	4	Study objectives and hypotheses	615
Methods			
Study design	5	Whether data collection was planned before the index test and reference standard were performed (prospective study) or after (retrospective study)	615
Participants	6	Eligibility criteria	615
	7	On what basis potentially eligible participants were identified (such as symptoms, results from previous tests, inclusion in registry)	615
	8	Where and when potentially eligible participants were identified (setting, location, dates)	615
	9	Whether participants formed a consecutive, random, or convenience series	616
Test methods	10a	Index test, in sufficient detail to allow replication	616
	10b	Reference standard, in sufficient detail to allow replication	616
	11	Rationale for choosing the reference standard (if alternatives exist)	NA [‡]
	12a	Definition of and rationale for test positivity cutoffs or result categories of the index test, distinguishing prespecified from exploratory	616, 617
	12b	Definition of and rationale for test positivity cutoffs or result categories of the reference standard, distinguishing prespecified from exploratory	616, 617
	13a	Whether clinical information and reference standard results were available to the performers or readers of the index test	616
Analysis	13b	Whether clinical information and index test results were available to the assessors of the reference standard	616
	14	Methods for estimating or comparing measures of diagnostic accuracy	617
	15	How indeterminate index test or reference standard results were handled	
	16	How missing data on the index test and reference standard were handled	616
	17	Any analyses of variability in diagnostic accuracy, distinguishing prespecified from exploratory	616
	18	Intended sample size and how it was determined	NA
Results			
Participants	19	Flow of participants, using a diagram	Figure 1
	20	Baseline demographic and clinical characteristics of participants	618
	21a	Distribution of severity of disease in those with the target condition	618
	21b	Distribution of alternative diagnoses in those without the target condition	618
	22	Time interval and any clinical interventions between index test and reference standard	NA
Test results	23	Cross tabulation of the index test results (or their distribution) by the results of the reference standard	618
	24	Estimates of diagnostic accuracy and their precision (such as 95% CIs)	617, 618
	25	Any adverse events from performing the index test or the reference standard	NA

* STARD: Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies.²⁶ † The STARD list of items was developed to contribute to the completeness and transparency of reporting of diagnostic accuracy studies. Authors can use the list to write informative study reports. Editors and peer-reviewers can use it to evaluate whether the information has been included in manuscripts submitted for publication. More information can be found at <http://www.equator-network.org/reporting-guidelines/stard>. ‡ NA: Not applicable.

eTable. Continued

SECTION AND TOPIC	ITEM NO.	ITEM	PAGE NO.
Discussion			
	26	Study limitations, including sources of potential bias, statistical uncertainty, and generalizability	621, 622
	27	Implications for practice, including the intended use and clinical role of the index test	619, 620
Other Information			
	28	Registration number and name of registry	614
	29	Where the full study protocol can be accessed	NA
	30	Sources of funding and other support; role of funders	NA

10

Anexos

ANEXO 1. COMITÉ DE ÉTICA



VICERREITORÍA DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN
Oficina de Investigación e Tecnoloxía
Servizo de Convocatorias e Recursos Humanos de IIS
Edificio CACTUS – Campus Vida
15782 Santiago de Compostela
Tel. 981 547 040 - Fax 981 547 077
Correo electrónico: qitinfo@usc.es
<http://irmaisd.usc.es>

JOSÉ MANUEL CIFUENTES MARTÍNEZ, PRESIDENTE DO COMITÉ DE BIOÉTICA DA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA,

INFORMA:

O Comité de Bioética da USC ten ponderado os aspectos metodolóxicos, éticos e legais do proxecto de investigación cuxos datos se refiren a continuación, e se teñen avaliado a cualificación do investigador responsable e do equipo investigador, así como as posibilidades do proxecto conforme a lexislación vixente.

Por todo elo o Comité **ACORDA** a emisión de **INFORME FAVORABLE**

Título do proxecto: **Estudio retrospectivo de la correlación clínico-radiológica del diagnóstico de 80 dientes con fractura longitudinal radicular.**

Código: **USC 15/2022**

Investigador responsable: **Pablo Castelo Baz**

Lugo, 18 de maio de 2022.



ANEXO 2. AUTORIZACIÓN PUBLICACIÓN

Dear Dr. Garrido-Parada,

Thank you for your email. According to our publisher's regulations, an article may be reproduced in a doctoral thesis, it just needs to be properly acknowledged. No need to complete any formal request forms!

Kind regards,

Claire Spina

Editorial Assistant

The Journal of the American Dental Association

919-650-1459 (phone)

919-287-2768 (fax)

From: Sara 26 <saragarridodes@gmail.com>

Sent: Thursday, May 9, 2024 7:21 AM

To: Jada Office <jadaoffice@ada.org>

Subject: Permission to reproduce the article ADAJ2611 in doctoral thesis



Las fracturas longitudinales de los dientes (LTF, por sus siglas en inglés) representan un desafío diagnóstico significativo para los profesionales clínicos debido a su naturaleza compleja y a sus diversas presentaciones clínicas. Este estudio clínico retrospectivo tuvo como objetivo comparar la sensibilidad de las imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) y las radiografías periapicales (PA) para revelar dientes agrietados, dientes divididos y dientes con fracturas verticales de la raíz (FRV) en pacientes que asisten a tres clínicas dentales.