



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS
VERTICALES RADICULARES**

Autor(es): Gerly C. García L.

Ricardo A. Martínez M.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



**PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS
VERTICALES RADICULARES**

Trabajo de Grado para optar al título de Odontólogo

Autor(es): Gerly C. García L.

Ricardo A. Martínez M.

Tutor(a): Od. Ana V. Henríquez

San Diego, diciembre 2021



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGIA



CONSTANCIA DE ACEPTACION DEL TUTOR

Mediante la presente hago constar que he leído el Proyecto de Trabajo de Grado, elaborado por los ciudadanos(a) **GERLY CAROLINA GARCIA LOPEZ** y **RICARDO ANDRES MARTÍNEZ MENDOZA**, titular de la cedula de identidad N°**26.793.555** y **26.392.448**, para optar al grado académico de **Odontólogo**, cuyo título es **“PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS VERTICALES RADICULARES”**, adscrito a la línea de investigación: **Endodoncia** y declaro que acepto la tutoría del mencionado proyecto de Trabajo de Grado durante su etapa de desarrollo hasta su presentación y evaluación por el jurado evaluador que se designe; según las condiciones del Reglamento de Estudios de la Universidad José Antonio Páez.

En San Diego, a los **10** días del mes de agosto del año dos mil 21

Ana Virginia Henríquez

16.153.304



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, **Ana Virginia Henríquez**, titular de la cédula de identidad N° **16.153.304**, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos **Gerly Carolina García López**, titular de la cédula de identidad N° **26.793.555** y **Ricardo Andrés Martínez Mendoza**, titular de la cédula de identidad N° **26.392.448** titulado **“PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS VERTICALES RADICULARES”**, presentado como requisito parcial para optar al título de **Odontólogo**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 5 días del mes de diciembre del año 2021

(Firma autógrafa del tutor)

Nombre y apellido: Ana V. Henríquez

C.I: 16.153.304



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ciencias de la Salud, para la elaboración del trabajo de grado titulado "PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS VERTICALES RADICULARES", realizado por el ciudadano (a) Gerly Carolina García López titular de la Cédula de Identidad 26.793.555, y Ricardo Andrés Martínez Mendoza titular de la Cédula de Identidad 26.392.448 cursante de la carrera ODONTOLOGÍA, hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación.

M^{re} Angélica R

Jurado

Nombre: M^{re} Angélica R

C.I.: 7.121.893

Laura Vicas Tomayo

Jurado

Nombre: Laura Vicas

C.I.: 14.186.919

Ana V

Tutor Académico

Nombre: Ana V. Henríquez

C.I.: 16.153.304



ÍNDICE GENERAL

Contenido	
Resumen	viii
Summary	ix
Introducción	1
Materiales y métodos	2
Análisis de resultados y discusión	4
Conclusión	9
Referencias bibliográficas	10

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido

Tabla 1. Parámetros operacionales de la TCHC.....	4
--	---



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

PRECISIÓN DIAGNÓSTICA DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN LAS FRACTURAS VERTICALES RADICULARES

Autor(a): Gerly C. García L.

Ricardo A. Martínez M.

Tutor(a): Od. Ana V. Henríquez

Fecha: diciembre 2021.

RESUMEN

Para el odontólogo el diagnóstico de una fractura vertical radicular (FVR) resulta ser complejo, ya que los signos y síntomas no son específicos y las radiografías periapicales muchas veces no brindan la información necesaria por su naturaleza bidimensional. La Tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), se trata de un scáner del cual se obtiene una imagen tridimensional, cuya información resultante se interpreta digitalmente pudiéndose ver los tejidos en varios planos de corte: axial, coronal y sagital, haciendo el diagnóstico de éstas más sencillo bajo criterios específicos para su precisión. **Objetivo:** Analizar los diferentes parámetros que se toman en cuenta para la precisión diagnóstica de la tomografía computarizada de haz cónico en las fracturas verticales radiculares. **Materiales y métodos:** Se realizó una búsqueda en la base de datos de Google Académico y PubMed, se seleccionaron 10 artículos experimentales de revistas arbitradas e indexadas, publicados entre los años 2016-2021, publicados originalmente en inglés y español; usando los siguientes descriptores: CBCT endodontics fractures y Fracturas verticales radiculares conebeam. **Conclusión:** No hay valores específicos desde un solo punto de vista en los parámetros operacionales para obtener una precisión diagnóstica de las FVR, básicamente éstos valores están establecidos por el fabricante del scáner de TCHC que se utilice.

Descriptores: Diagnóstico, precisión, fracturas verticales radiculares, tomografía computarizada de haz cónico, endodoncia.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

DIAGNOSTIC ACCURACY OF CONICAL BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN VERTICAL RADICULAR FRACTURES

Author(a): Gerly C. García L.

Ricardo A. Martínez M.

Tutor(a): Od. Ana V. Henríquez

Date: December 2021

SUMARY

For the dentist, the diagnosis of a vertical root fracture (FVR) turns out to be complex, since the signs and symptoms are not specific and the periapical radiographs often do not provide the necessary information due to their two-dimensional nature. Cone beam computed tomography (CBCT) is a scan from which a three-dimensional image is obtained, the resulting information of which is digitally interpreted, allowing the tissues to be seen in various cutting planes: axial, coronal and sagittal, making their diagnosis easier under specific criteria for its accuracy. **Objective:** To analyze the different parameters that are taken into account for the diagnostic precision of cone beam computed tomography in vertical root fractures. **Materials and methods:** A search was carried out in the Google Academic and PubMed databases, 10 experimental articles were selected from refereed and indexed journals, published between the years 2016-2021, originally published in English and Spanish; using the following descriptors: CBCT endodontics fractures and Conebeam vertical root fractures. **Conclusion:** There are no specific values from a single point of view in the operational parameters to obtain a diagnostic precision of FVR, basically these values are established by the manufacturer of the CBCT scanner used.

Key words: Diagnosis, precision, vertical root fractures, computed tomography cone beam, endodontics

Introducción

La fractura radicular vertical (FRV) es una lesión que se extiende longitudinalmente a lo largo de la raíz dental, comunicando conducto con periodonto. Esta fractura puede ser completa o incompleta y afectar esmalte, dentina, cemento y pulpa. ¹En la práctica odontológica el diagnóstico de una FVR resulta ser complejo, ya que los signos y síntomas no son específicos, y en la mayoría de los casos, el empleo de la radiografía periapical por su naturaleza bidimensional es difícil visualizar en la imagen la línea radiolúcida de la fractura debido a la superposición de las estructuras anatómicas, lo que lleva al profesional a realizar diagnósticos erróneos en estos casos.²

Actualmente, se requiere de herramientas diagnosticas más eficientes y confiables para la detección de las FVR, como es el caso de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), se trata de un equipo del cual se obtiene una imagen tridimensional, en la cual la información resultante se reconstruye e interpreta digitalmente para crear una interfase en la que el profesional puede interpretar los cortes de los tejidos del paciente en varios planos (axial, coronal y sagital) y las imágenes pueden interpretarse directa e inmediatamente después de obtenerlas.³

Diversas áreas de la odontología se han visto beneficiadas con el uso de la TCHC. Algunas de sus aplicaciones son: planificación preoperatoria en implantología, localización/ medición de patologías, aspectos morfológicos de la articulación temporomandibular y localización de canales radiculares accesorios. En este mismo contexto, el diagnóstico de fracturas radiculares verticales podría ser más sencillo, ya que al disponer de imágenes en diferentes planos de corte permitirían al clínico o al radiólogo evaluar de manera más detallada los dientes con sospecha de FRV.⁴

Por tal motivo, se han realizado diferentes estudios experimentales utilizando la TCHC empleando criterios específicos para el diagnóstico de las FVR. El objetivo de ésta investigación fue analizar los diferentes parámetros que se toman en cuenta para

la precisión diagnóstica de la tomografía computarizada de haz cónico en las fracturas verticales radiculares.

Materiales y métodos

Estrategia de búsqueda y selección de artículos

Para la estrategia de búsqueda y selección de artículos se realizaron búsquedas en la base de datos PubMed y Google académico, se emplearon las palabras claves como CBCT endodontics fractures, fracturas verticales radiculares conebeam.

Criterio de elegibilidad

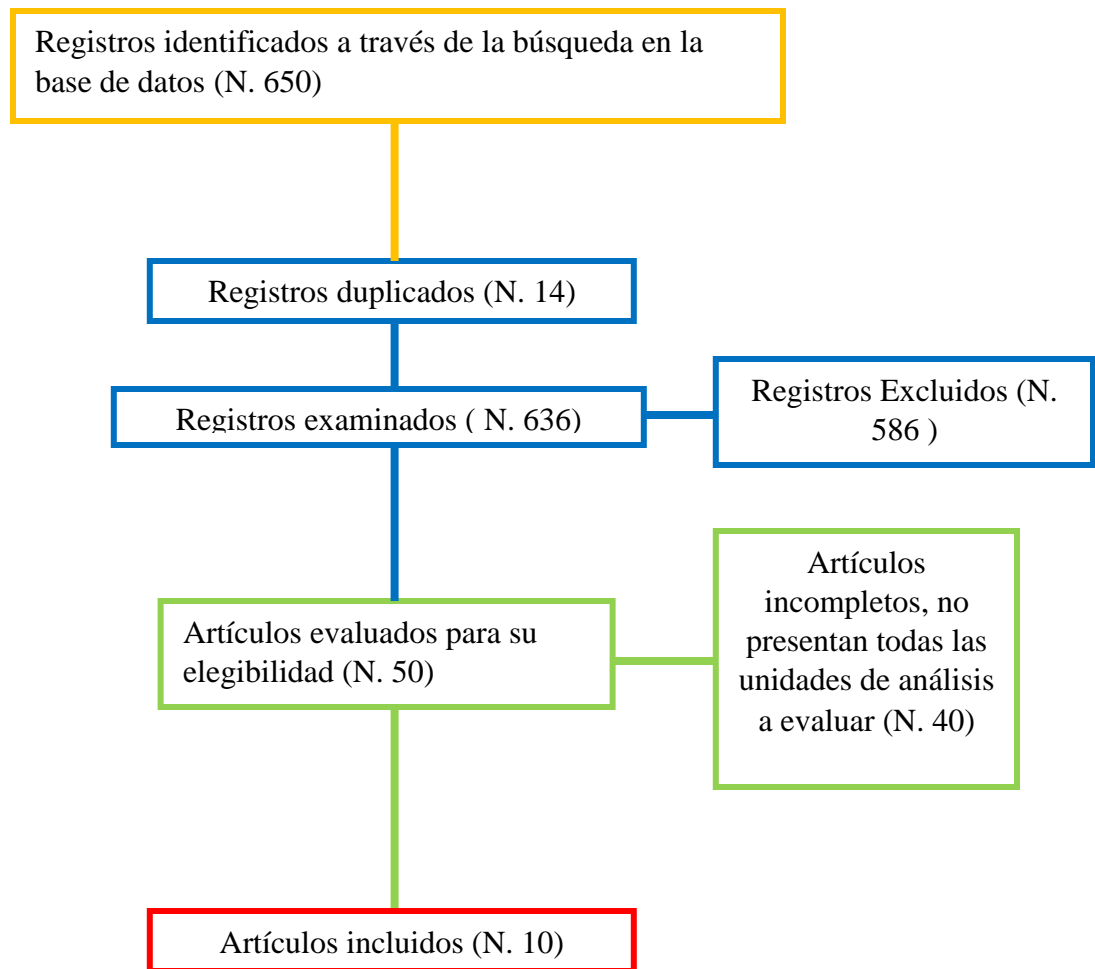
Dentro de los criterios de elegibilidad de los artículos, se incluyeron aquellos publicados en los últimos 5 años, artículos de revistas indexadas de estudios experimentales, se consideraron artículos en inglés y español. Se excluyeron aquellos artículos no relacionados con la temática de investigación, los que no proporcionaron la información completa, artículos de opiniones, y aquellos que no estaban dentro del rango de publicación de los últimos 5 años.

Proceso de selección de estudios y recopilación de datos

La búsqueda inicial en PubMed arrojó un resultado de 89 artículos, empleando las palabras claves “CBCT endodontics fractures”, así mismo, Google Académico arrojó un resultado de 561 artículos empleando las palabras “Fracturas verticales radiculares conebeam”, cabe destacar que se empleó el filtro de búsqueda del rango de fecha de publicación 2016-2021. Se seleccionaron aquellos artículos de estudios experimentales en el que hayan sometido a examen de TCHC dientes anteriores y posteriores con presencia/ausencia de tratamiento endodóntico y con presencia/ausencia de postes metálicos con sospechas de fracturas verticales radiculares para su detección. Las unidades de análisis que se tomaron en cuenta para su precisión fueron la marca del equipo, la energía/potencial (kV), la corriente del

tubo (mA), el tamaño del vóxel, y el tamaño del campo de visión, la presencia o detección de las FVR fueron reflejados como: visible y no visible.

Flujograma del proceso de búsqueda y selección.



Fuente: García y Martínez 2021.

Análisis de resultados y discusión

Para el análisis de la precisión diagnóstica de la tomografía computarizada de haz cónico en las FVR se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: la marca del equipo, la energía/ potencial (kV), la corriente del tubo (mA), el tamaño del vóxel, y el tamaño del campo de visión, la presencia o detección de las FVR fueron reflejados como: visible y no visible, evaluados a través de la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros operacionales de la TCHC

Autor-año	Marca de la TCHC	Kilovoltaje (kVp)	Miliamperaje (mA)	Tamaño del vóxel	Campo de visión	Visible/N o visible
Menezes R y cols. 2016. ⁵	Prexion	90 kVp	4 mA	0.1 mm	5x5	Visible
Mehrdad A y cols. 2016. ⁶	Cranex 3D	89 kVp	6 mA	0.2 mm	8x4	Visible
Bragatto F y cols. 2016. ⁷	i-CAT nextgeneration	120 kVp	37.07 mAs	0.125 mm	8x8	Visible
Pinto M y cols. 2017. ⁸	Scáner 3D kodak 9000	74 kVp	12 mA	0.1 mm	5x3.75	Visible
Byakova S y cols. 2019. ⁹	3D accuitomo	90 kVp	4-5 mA	0.16 mm	8x8	Visible
Guo X y cols. 2019. ¹⁰	NewTom VG	110 kVp	1-3.65 mA	0.150 mm	6x6	Visible
Gulibire A y cols. 2021. ¹¹	NewTom VG	110 kVp	5.81 mA	0.125 mm	12x8	Visible
Quintero M y cols. 2021. ¹²	3D accuitomo	80 kVp	4-5 mA	0.125 mm	4x4	Visible
Candemi	Carestrea	90 kVp	100 mAs	0.09 mm	5x5	Visible

I A y cols. 2021. ¹³	m 9300					
Santos R y cols. 2021. ¹⁴	i-CAT New generation	120 kVp	7 mA	0.20mm	13x6	Visible

Fuente: García y Martínez 2021.

Los estudios experimentales encontrados en la literatura evaluaron la presencia de las FVR utilizando diferentes tipos de medidas en cuanto a los parámetros reflejados en la tabla 1, en éste sentido no se tiene una aproximación de la precisión diagnóstica de la TCHC en las FVR desde un solo punto de vista.

El análisis en cuanto a la marca del equipo utilizado, es importante ya que la calidad de las imágenes es a menudo un compromiso relacionado con el mismo, de él va a depender el manejo de la dosis de radiación para el paciente y para la obtención de una imagen clara, debido a que cada escáner de TCHC específico presenta sus indicaciones y recomendaciones.¹⁵

Entre los dispositivos más utilizados en los estudios seleccionados y en el que se obtuvieron buenos resultados para el diagnóstico de las FVR se consideró el escáner Prexion, mostró que aunque normalmente en los dientes con presencia de gutapercha no se tiene con exactitud el diagnóstico de las FVR fue posible en algunos de los casos y no hubo diferencias significativas en los resultados en comparación con el grupo sin obturación en la detección de las mismas.⁵ El material de relleno es uno de los problemas en el diagnóstico dando falsos positivos, ya que se suelen crear artefactos y simulan la línea de la fractura.¹⁶ El dispositivo Prexión trabaja con un campo de visión pequeño de 75 x 81mm y rotación de 360° con haz continuo, capaz de adquirir hasta 1024 imágenes.¹⁷ Otro estudio demostró que el equipo es capaz de detectar objetos de alto contraste mayores de 0.32mm, y tiene una resolución espacial alta lo que confiere mayor confiabilidad en la detección de fracturas.¹⁸

Por otro lado, el equipo i-CAT, utilizado en dos de los estudios seleccionados, el diagnóstico de las FVR fue posible, mostrando una alta sensibilidad en la detección.^{7, 14} Otros han concluido que muestra una sensibilidad el 50% con respecto a la detección de las fracturas.¹⁹ El escáner i-CAT posee un campo de visión variable: mediano 60-80x160 mm y grande 130x160mm. El gantry puede rotar en 360° y es capaz de adquirir entre 306 a 599 imágenes en dicha rotación.²⁰ Estudios comparativo entre el dispositivo i-CAT y Prexion concluyó que el último presentó mayor resolución espacial, mayor especificidad y menor ruido que el i-CAT.^{21, 18}

En éste mismo sentido, otro de los más utilizados el escáner 3D accuitomo demostró de igual forma que es posible el diagnóstico, pero bajos parámetros específicos, aunque tiene alta sensibilidad el riesgo de falsos positivos se mantiene latentes por su baja especificidad.^{9, 12} Estudio comparativo comprobó que éste dispositivo tiene una precisión diagnóstica de las FVR más baja que el dispositivo i-CAT respectivamente.^{22, 23}

La calidad de imagen de los equipos está determinada por los parámetros operacionales que se establezcan para la precisión diagnóstica de las FVR.²⁴ En la mayoría de los estudios reflejados en la tabla 1, mostró diferencias entre ellos. La energía o potencial (kVp) se define como la tensión aplicada al tubo de rayos X, determina la máxima energía de los fotones y regula la máxima energía del espectro de rayos X.²⁵ Se pudo observar una variación de valores entre 74 hasta 120 kVp, esto también dependerá como se describió anteriormente de las indicaciones del equipo. El principal parámetro energético que influye en la producción de artefactos parece ser el kilovoltaje (kVp), siendo un valor importante, ya que en los dientes con presencia de obturación y postes intracanal normalmente aparecen artefactos dificultando el diagnóstico de las FVR.^{26, 27, 28}

Es bien sabido que el fenómeno de endurecimiento del haz es causado por objetos que absorben fotones de rayos X de baja energía debido a su alto número atómico y

aumentan la energía media del haz.^{29, 30, 31} Por lo tanto, usar kVp más altos significa trabajar con fotones de alta energía media que serían menos filtrados por el objeto metálico. Esta es la razón principal por la que un kVp más alto podría mejorar la calidad de la imagen. Sin embargo, los profesionales deben tener en cuenta que a mayor kVp, mayor dosis de radiación para los pacientes.³²

La mejora de la imagen lograda con un mayor kVp no puede ser la única justificación para el aumento de la dosis de radiación, y debe limitarse en los casos en que tal mejora se refleja en un diagnóstico de imagen mejorado.⁸ Se considera que los artefactos pueden reducirse aumentando la energía del fotón entre 90 kVp y 105 kVp.^{33, 34} El aumento de kVp es efectivo para disminuir los artefactos CBCT en toda su magnitud cuando son pronunciados los artefactos, independientemente de la máquina.³⁵

Los resultados obtenidos en cuanto a la corriente del tubo (mA), se presentó variabilidad ya que unos estudios trabajaron con mAs que representa la cantidad total de electrones emitidos por unidad de tiempo y otros con mA que sólo es la cantidad de electrones emitidos.²⁵ La corriente del tubo debe seleccionarse tan baja como sea posible, los mA y el tiempo de exposición deben ser disminuidos para prevenir dosis innecesarias.^{15, 36} Otro estudio afirma que la corriente del tubo tiene una influencia significativa en la detección diagnóstica de FVR en imágenes CBCT, a pesar del diagnóstico aceptable de las FVR usando 4.0 y 5.0 mA, esos ajustes tenían capacidades de discriminación más bajas en comparación con los ajustes de 8.0 y 10.0 mA.³⁷

El tamaño del vóxel en los estudios encontrados varían de 0.09 a 0.2 mm, esto dependerá del área o el diente a estudiar. Debe evitarse reducir el tamaño del vóxel más allá del requerido para producir imágenes reconstruidas de un rendimiento suficiente para evitar dosis de radiación innecesariamente altas.^{15, 36} Estudio que utilizó varias medidas de vóxel concluyó que todas las dimensiones de vóxeles

tuvieron éxito en la detección de VRF, pero a medida que aumentó el tamaño del vóxel, disminuyó el porcentaje de detección de VRF.³⁸

Si un pequeño tamaño de vóxel juega un papel o no en la detección de fracturas radiculares verticales depende de la unidad CBCT utilizada. Dos tamaños de voxel uno al lado del otro de la misma unidad CBCT pueden tener un efecto similar.¹⁰ El vóxel es uno de los factores más importantes que influyen en la resolución espacial, que es uno de los cuatro parámetros fundamentales utilizados para describir la calidad de imagen de una imagen médica.^{39, 40}

En cuanto al campo de visión o FOV (del inglés Field of view), se refiere al volumen del escáneo. Depende del tamaño y forma del detector, la geometría de proyección del haz y la capacidad de colimar el haz.⁴¹ Los dispositivos de TCHC de acuerdo con el tamaño del campo (FOV) se pueden clasificar en cuatro categorías: dentoalveolar con FOV menor a 8cm, maxilomandibular con FOV entre 8 cm y 15 cm, esquelético con FOV entre 15 cm y 21 cm y cabeza y cuello con FOV mayor a 21 cm.⁴² Los estudios encontrados trabajaron con una variabilidad de FOV tanto pequeños como grandes. En endodoncia solo se puede aplicar un campo de visión pequeño y de alta resolución (es decir, <5 cm), minimizando así la dosis efectiva y mejorando la resolución espacial.⁴³

Un estudio evaluó los efectos del mA y del FOV en la detección de FVR y disminución de la presencia de artefactos metálicos intraconducto en los dientes con postes, determinando que un FOV pequeño y un mA más bajo permite observar más fácilmente las FVR.⁴⁴ Las TCHC tomada con FOV grande, también puede favorecer la calidad de la imagen, sin embargo, el uso de campo visual grande con el único propósito de reducir artefactos no justifica el incremento de dosis de radiación para el paciente. En situaciones clínicas utilizar scáner con FOV pequeño es indicado y la optimización por reducción de artefactos es limitada.^{34, 45}

Varios estudios que han demostrado que ajustar los parámetros de exposición (lo que resulta en una dosis efectiva más baja) fuera de la configuración predeterminada del fabricante puede producir imágenes aceptables para el diagnóstico incluso cuando la resolución disminuye.^{46, 47} Se ha demostrado que la sensibilidad y especificidad de CBCT para el diagnóstico de FVR es notablemente baja en dientes tratados con endodoncia.^{48, 49, 50} A pesar que se analizaron los resultados y valores de los estudios seleccionados en el diagnóstico de las FVR, se necesitan más estudios que evalúen los protocolos de diferentes sistemas CBCT disponible para determinar su relación con la dosis de exposición, la calidad de la imagen y el diagnóstico preciso.

Conclusión

Se puede concluir, que no existen valores específicos desde un solo punto de vista en los parámetros operacionales para obtener una precisión diagnóstica de las FVR, básicamente éstos valores están establecidos por el fabricante del escáner de TCHC que se utilice. La especificidad de la TCHC en el diagnóstico de las FVR en dientes endodónticamente tratados o con postes es baja, debido a que lo radiopaco del material tiende a crear artefactos, lo que dificulta su visibilidad. En su mayoría, es recomendable el uso de un FOV pequeño, con una menor dosis de radiación, ya que mejora la resolución espacial de la imagen pudiendo diagnosticar las FVR.

Referencias bibliográficas

1. Pitts DL, Natkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *J Endod.* 1983; 9: 338-346.
2. Bernardes R. Use of cone – beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108:270-77.
3. Kenneth M, Cohen S. *Vías de la pulpa*. 10ma Edición. Barcelona, España: Editorial Elsevier; 2011.
4. Prates F, Fontanella V. Diagnóstico de fracturas radiculares verticales mediante Cone Beam Computed Tomography. *Anuc. Soc. Radiol. Oral maxilo facial de Chile.* 2009; 12:9-12
5. Menezes R, Araújo N, Santa Rosa J, Carneiro V, Neto A, Costa V *et al.* Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth in the absence and in the presence of metal post by cone-beam computed tomography. *BMC oral health.* 2016; 16(48).
6. Mehrdad A, Hamid R. In Vitro Comparison of Cone Beam Computed Tomography with Digital Periapical Radiography for Detection of Vertical Root Fracture in Posterior Teeth. *J Dent Shiraz Univ Med Sci.* 2016; 17(2): 84-90.
7. Bragatto F, Iwaki L, Barbosa A, Chicarelli M, Franco A, Takeshita W, Iwaki L. Accuracy in the diagnosis of vertical root fractures, external root resorptions, and root perforations using cone-beam computed tomography with different voxel sizes of acquisition. *J Conserv Dent.* 2016;19(6):573-577.
8. Pinto M, Rabelo K, Sousa SL, Campos P, Oliveira L, Bento P, Melo D. Influence of exposure parameters on the detection of simulated root fractures in the presence of various intracanal materials. *International Endodontic Journal.* 2017; 50: 586– 594.

9. Byakova, S, Novozhilova, N, Makeeva, I, Grachev, V, Kasatkina, I. The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo. *International endodontic journal*. 2019; 52(9): 1255–1263.
10. Guo X, Li G, Zheng J, Ma R, Liu F, Yuan F *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. *International Endodontic Journal*. 2019; 52: 887– 898.
11. Gulibire A, Cao Y, Gao A, Wang C, Wang T, Xie X *et al*. 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*. 2021; 47(2): 290–297.
12. Quintero M, Bolaños L, Villa P, Restrepo F, Tobón S. In vivo detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth: Accuracy of cone-beam computed tomography and assessment of potential predictor variables. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2021; 13(2): e119–e131.
13. Candemil A, Salmon B, Vasconcelos K, Oenning A, Jacobs R, Freitas D *et al*. Cone beam CT optimisation for detection of vertical root fracture with metal in the field of view or the exomass. *Scientific reports*. 2021; 11(1).
14. Santos R, Calvacanti F, Sarmiento L, Almeida J, Moreno A, Recco P *et al*. Detection of vertical root fractures in the presence of artefacts by digital radiography and cone beam computed tomography. *Research Society and Development*. 2021; 10(10).
15. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review. *International Endodontic Journal*. 2015; 48: 3– 15.
16. Freitas A, Mármora, B, Barriviera M, Panzarella F, Raitz R. CBCT Performance and Endodontic Sealer Influence in the Diagnosis of Vertical Root Fractures. *The journal of contemporary dental practice*. 2019; 20(5): 552–556.

17. I, PreXion. Prex viewer user's manual. I. 2007.
18. Reyes L. Comparación del desempeño de dos equipos de CBCT odontológico [Pregrado]. Universidad central Marta Abreu de las Villas; 2015.
19. 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.
20. I. S. international operators manual. 2010.
21. Freitas-E-Silva A, Mármora, B, Barriviera M, Panzarella F, Raitz R. CBCT Performance and Endodontic Sealer Influence in the Diagnosis of Vertical Root Fractures. *The journal of contemporary dental practice.* 2019; 20(5): 552–556.
22. Hussein M, Medhat M. Detection of simulated vertical root fractures: wich cone-beam computed tomographic system. *J Endod.* 2016; 42(6): 972-977.
23. Elsaltani M, Farid M, Eldin M. Detection of Simulated Vertical Root Fractures: Which Cone-beam Computed Tomographic System Is the Most Accurate?. *Journal of endodontics.* 2016; 42(6): 972–977.
24. Hernández K. Tomografía cone beam como método de diagnóstico preciso y confiable en odontología [Pregrado]. Universidad veracruzana; 2011.
25. Sprawls P. *Physical principles of medical imaging.* 2da edición. Aspen publishers; 1987.
26. Vasconcelos T, Bechara B, Macmahan C, Freitas D, Noujeim M. Evaluation of artifacts generated with zirconium implants in cone-beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017; 123: 265-72.
27. De Martin D, Campos C, Pires A, Devito K. Diagnosis of Mesiodistal Vertical Root Fractures in Teeth with Metal Posts: Influence of Applying Filters in Cone-beam Computed Tomography Images at Different Resolutions. *Journal of endodontics.* 2018; 44(3): 470–474.

28. Alvarez E, Sierra I. Tomografía computarizada de haz cónico en el diagnóstico de las fracturas radicales verticales: reporte de caso. Latin american university of science and technology- Costa Rica. 2020.
29. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann D, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011; 40: 265–73.
30. Oliveira M, Freitas D, Ambrosano G, Haiter F. Influence of exposure factors on the variability of CBCT voxel values: a phantom study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014; 43: 20140128.
31. Pauwels R, Nackaerts O, Bellaiche N, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A, et al. Variability of dental cone beam CT grey values for density estimations. *Br J Radiol.* 2013; 86: 20120135.
32. Ludlow J, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson D, et al. Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015; 44: 20140197.
33. Helvacioğlu-Yigit D, Demirtürk H, Bechara B, Noujeim M. Evaluation and reduction of artifacts generated by different root-end filling materials by using multiple cone-beam computed tomography imaging settings. *J endod.* 2016; 42(2): 307-314.
34. Vasconcelos K, Nicolielo L, Nascimento M, Haiter F, Bóscolo F, Van Dessel J, et al. Artefact Expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth. *Int Endod J.* 2015; 48(10): 994-1000.
35. Queiroz D, Cavalcante R, Leandro E, Vasconcelos T, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2018; 47(8).

36. Abella F, Morales K, Garrido I, Pascual J, Duran-Sindreu F, Roing M. Endodontic applications of cone beam computed tomography: case series and literatura review. *G Ital Endod.* 2015; 29(2): 38-50.
37. Tangari R, Vancetto J, Dovigo L, Tosoni G. Influence of Tube Current Settings on Diagnostic Detection of Root Fractures Using Cone-beam Computed Tomography: An In Vitro Study. *Journal of endodontics.* 2017; 43(10): 1701–1705.
38. Uysal S, Akcicek G, Yalcin E, Tuncel B, Dural S. The influence of voxel size and artifact reduction on the detection of vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Acta odontologica Scandinavica.* 2021; 79(5): 354–358.
39. Brullmann D, Schulze R. Spatial resolution in CBCT machines for dental/maxillofacial applications- what do we know today?. *Dento maxillo facial radiology.* 2015; 44.
40. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen J, Thongvigitmanee S. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dento maxilla facial radiology.* 2015; 44.
41. Use cone-beam computed tomography in endodontics joint position statement of the American Association of Endodontics and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 111(2): 234-7.
42. Kau C, Bozic M, English J, Lee R, Bussa H, Ellis R. Cone-beam computed tomography of the maxillofacial region – an update. *Int J Med Robot.* 2009; 4: 366-80.
43. European Society of Endodontology (ESE). European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics. *International Endodontic Journal.* 2019; 52: 1675– 1678.
44. Safi Y, Hosseinpour S, Aziz A, Bamedi M, Malekashtari M, Vasegh Z. Effect of amperage and field of view on detection of vertical root fracture in teeth with intracanal posts. *Iranian endodontic journal.* 2016; 11(3): 202.

45. Duarte M, Blanco B. Tomografía computarizada de haz cónico, una imagen diagnóstica de alta resolución en endodoncia. *UstaSalud*. 2016; 15: 43-48.
46. Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volumen cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. 2011; 44: 136-47.
47. Al-Nuami N, Patel S, Foschi F, Mannocci F. The detection of simulated periapical lesions in cone-beam computed tomography: a dose reduction study. *International endodontic journal*. 2016; 49: 1095-104.
48. Dias D, Iwaki L, De Oliveira A, Martinhao F, Rossi R, Araujo M, Hayacibara R. Accuracy of High-Resolution Small-Volume Cone-Beam tomography in the diagnosis of vertical root fracture: An in vivo analysis. 2020; 46(8); 1059-1066.
49. Zhang L, Wang T, Cao Y, Wang C, tan B, Tang X, Tan R, Lin Z. In vivo detection of subtle vertical root fracture in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography. 2019; 45(7): 856-862.
50. Saberi E, Mollashahi NF, Movasagh Z, Moghaddam AA, Mohammadi A. Value of CBCT in vertical root fracture detection in endodontically-treated teeth. *Minerva Stomatologica*. 2017; 66(2): 69-74.