



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA
EN ENDODONCIA

**ROL DEL CONE BEAM EN EL DIAGNOSTICO
EN ENDODONCIA**

Alumno: Od. Gimena Brozovich

Director: Prof. Dra. Graciela Peña

Mendoza, Junio 2020

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mis padres, a mis hermanos y abuelos que siguen aún dándome su apoyo incondicional para hacer esto posible.

A mi directora, Dra. Graciela Peña por haberme brindado la posibilidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también acompañarme con mucha paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Julio Caram por su invaluable aporte y calidez docente.

A todo el equipo de docentes que son excelentes docentes y su entrega también siempre fue constante.

A todo el grupo de colegas que conocí gracias a esta especialidad.

A todos los que de alguna manera me ayudan a ser quien soy.

A ustedes muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis hijos pilares de mi vida, por entender que, mediante el proceso de elaboración de esta tesina, fue necesario realizar sacrificios como momentos a su lado, y otras situaciones que demandaban tiempo, tiempo del cual los dueños eran ellos.

Ustedes son mi principal fuente de motivación.

INDICE

Resumen.....	pág. 4
Introducción.....	pág. 5
Caso clínico.....	pág. 15
Discusión.....	pág. 22
Conclusión.....	pág. 27
Bibliografía.....	pág. 28

RESUMEN

El diagnóstico por imágenes en endodoncia en determinados casos se ve limitado por la superposición de estructuras anatómicas, por una anatomía compleja radicular o la poca definición de la imagen radiográfica, es por esto que con el uso de Tomografía computarizada de haz cónico podemos obtener una magnificación y con ello mayor precisión para el correcto diagnóstico y planificación del caso clínico.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar una descripción minuciosa de los usos y aplicaciones del CBCT en el campo de la endodoncia, justificando su uso, mediante la presentación de un caso clínico.

En el presente trabajo se describe el caso clínico de un paciente que concurre a la consulta con sintomatología dolorosa en elemento 37, clínicamente sano, la radiografía periapical no aportó información suficiente para el diagnóstico, motivo por el cual se le solicitó una Tomografía Cone Beam, en la cual se pudo determinar con precisión la presencia de una reabsorción apical, lo cual resultó determinante para el diagnóstico y la planificación del tratamiento.

El conocimiento y manejo adecuado de esta tecnología resulta indispensable para la correcta prescripción del estudio.

INTRODUCCIÓN

El examen radiográfico representa una parte esencial en la práctica endodóntica actual, desde el diagnóstico y la planificación del tratamiento hasta controles postoperatorios y evaluación de los resultados del tratamiento (Langland; Langlais, 1995). La tomografía computarizada de haz cónico o “cone beam computed tomography” (CBCT) es un método relativamente nuevo para visualizar los dientes y su relación con las estructuras anatómicas circundantes, tratamientos acometidos o diseño y planificación, de aquellos por acometer. Para ello crea imágenes tridimensionales, en las que el clínico puede realizar múltiples estudios con la ventaja de poder visualizar el volumen (Jacobsohn; Fedran, 1995).

Las imágenes obtenidas mediante CBCT se desarrollan a finales de la década de 1990, con el objetivo de producir exploraciones en tres dimensiones del macizo craneoencefálico, a una dosis de radiación más baja que las imágenes obtenidas mediante tomografía computarizada convencional (TAC y TC) (Farman *et al.*, 2007a; Scarfe *et al.*, 2009).

En comparación con los métodos radiográficos tradicionales, tanto intraorales (bien sean obtenidas por placas radiográficas convencionales o bien por sistemas asistidos digitales y/o asistidos por ordenador) como panorámicas, tan sólo reproducen la anatomía tridimensional mediante una imagen bidimensional, la CBCT es un método de imagen que ofrece la posibilidad de ver imágenes tridimensionales de uno o varios dientes en las tres dimensiones del espacio, es decir, desde cualquier perspectiva que queramos analizar exhaustivamente, sin necesidad de recurrir a técnicas engorrosas de angulación, superposición de estructuras, etc. (Goldman *et al.*, 1972; Goldman *et al.*, 2006).

El principal problema que se soluciona con las imágenes obtenidas mediante CBCT, es la superposición de estructuras anatómicas y la magnificación de las mismas, que puede dar lugar a una distorsión geométrica y al ‘ruido anatómico’ que puede ocultar la región de interés, ofreciendo información precisa relativa a los dientes y estructuras de soporte (American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, 2011).

A pesar de ello, la dosis efectiva de los escáneres CBCT es mayor que la de las técnicas convencionales de radiografía periapical y/o panorámica, aunque es más baja que la tomografía computarizada convencional multicore (TC). La dosis efectiva de la CBCT depende de diversos factores, como son el tipo de escáner, la región de la mandíbula que se examina, los ajustes de exposición del escáner CBCT, el tamaño del campo de visión (FOV: field of view), el tiempo de exposición, la corriente del tubo y la energía/potencial (Gröndahl; Huuonen, 2004; Farman *et al.*, 2007a).

Al igual que con cualquier examen radiográfico, la prescripción de un escáner CBCT debe estar justificada, ya que la exposición del paciente a los rayos X nunca debe considerarse una rutina y debe realizarse con una dosis tan baja como sea razonablemente posible (Criterio ALARA “As Low As Reasonably Achievable”) (Scarfe *et al.*, 2009).

El uso de imágenes obtenidas mediante CBCT en endodoncia debe justificarse de forma individual (Walton, 2001). Esto significa que los beneficios para el paciente, que se basan en la eficacia y necesidad de la imagen, superan los posibles riesgos derivados de la exposición a la radiación (Jacobsohn; Fedran, 1995). Uno de los métodos de reducción de la dosis de radiación en este tipo de imágenes es utilizando un tamaño del campo de visión (FOV) lo más pequeño posible, disminuyendo el número de proyecciones, y empleando un tamaño de vóxeles (píxeles volumétricos) más grande. No obstante, la calidad de las imágenes obtenidas mediante estos dispositivos, resulta de un valor inestimable en la evaluación de determinadas situaciones en la terapia endodóntica (Goldman, 2006).

Ante la pregunta de ¿merece la pena?, la inversión en formación y compra de una sistemática y protocolo de trabajo en endodoncia basado en el CBCT, la respuesta, cada vez con más aporte científico en un taxonómico SI: La visualización de la compleja anatomía radicular, de los conductos y sus estados patológicos en forma volumétrica es posible mediante el uso de la tecnología CBCT. El endodoncista podrá visualizar las estructuras anatómicas en los tres sentidos del espacio, evaluarlas y analizarlas con todo nivel de detalle (Gröndahl; Huuonen, 2004).

Hasta ahora, el endodoncista utilizaba las radiografías periapicales y panorámicas para el estudio, que nos daban una información limitada de la zona a analizar (por ejemplo, fenómenos de superposición y distorsión). También es necesario realizar un correcto

diagnóstico para evitar un procedimiento erróneo. La tecnología CBCT permite una visualización de la zona a explorar fiel a la realidad, sin magnificación ni superposición (Scarfe *et al.*, 2006, Farman *et al.*, 2008).

Los principales motivos por los que un endodoncista necesita de un equipo CBCT para su correcto análisis son (Farman *et al.*, 2007b; Valentin, 2007).

Examinar con precisión la anatomía completa de la raíz de cada diente, presencia de conductos adicionales sin tratar, lesiones periapicales, localización de canales estrechos, detectar cámaras pulpares calcificadas, efectuar mediciones reales 1:1, detectar falsas vías, observar fracturas radiculares, detección de cuerpos extraños en el seno maxilar o en el conducto dentario, traumatismo dentoalveolares, malformaciones dentarias, etc.

La CBCT se trata de una técnica que permite la reconstrucción tridimensional, pero utilizando un haz cónico, para disminuir la dosis para el paciente en comparación con la tomografía computarizada convencional. Durante casi un siglo, los dentistas han estado estudiando una representación 2D de una estructura 3D: esa estructura es el diente. Esta simplificación de la información produce desventajas inherentes, entre las cuales destaca que las estructuras anatómicas en el plano de las raíces y los ápices de los dientes estudiados enmascaran muchos detalles, lo que se produce sobre todo en la zona de los molares superiores, donde el arco cigomático o el seno pueden complicar el detalle de la anatomía posterior de las raíces de los dientes, lo cual conlleva un diagnóstico y un tratamiento complicados. En la práctica, esto significa que las áreas radiolúcidas pueden no identificarse, generando dificultades para relacionar la posición de los ápices en la proximidad a estructuras vitales y no pudiendo detectar la situación exacta de las calcificaciones de los dientes. La correcta identificación de la morfología y la anatomía de los conductos radiculares puede ser dificultosa, así como la detección de fracturas y reabsorciones radiculares (Langland; Langlais, 1995).

El proceso de funcionamiento del CBCT empieza con un emisor que dirige un haz muy fino de rayos X a través de un colimador (sistema que a partir de un haz divergente forma un haz paralelo). Este haz incide sobre el objeto que se estudia, que se atraviesa o irradia por un porcentaje de rayo. Esta radiación, la que no ha sido absorbida por el objeto, en forma de espectro, se recoge por detectores. Estos, dependiendo del CBCT, son de diferentes materiales: pueden ser de silicio o de selenio o un sensor CCD

(convertidor analógico digital). La fuente de rayos X y el detector están conectados de tal forma que tienen un movimiento sincrónico.

La función del sensor CCD es convertir la información obtenida de analógica a digital; de este modo, transforma la señal eléctrica producida por la interacción del detector con los rayos X emergentes del paciente en una señal binaria, apta para ser procesada por un software diseñado especialmente para cada marca de CBCT.

El conjunto fuente-detector gira y realiza el disparo de rayos X, obteniendo una proyección o corte del diente en estudio. El equipo realiza varias rotaciones para obtener 360 imágenes o cortes correspondientes a cada grado de rotación, que se reconstruyen logrando de esta forma una imagen tridimensional del cráneo. Estos datos 2D se convierten a continuación, a través de algoritmos de haz cónico (Walton, 2008), en un volumen 3D de datos para un PC en cualquiera de los tres planos dimensionales o una imagen 3D. Normalmente, se generan imágenes transversales en los tres planos ortogonales a partir de la exploración del CBCT. El profesional selecciona la posición y el espesor del corte del interior del volumen de datos. Las tres vistas pueden evaluarse simultáneamente, ya que la modificación del corte en uno de los planos modifica el resto de los planos visualizados. Esto puede manipularse mediante el software de PC para proporcionar más detalle de las áreas específicas de interés (Scarfe *et al.*, 2009)

El plano sagital, perpendicular al suelo y paralelo al plano medio sagital, el cual divide al cuerpo en mitades izquierda y derecha (Z); el plano axial, perpendicular al eje longitudinal de un cuerpo (X) y el plano coronal que divide el cráneo en una parte ventral y otra dorsal (Y).

Las vistas axial y proximal tienen un valor particular, ya que generalmente no se ven en una radiografía periapical convencional (Gröndahl; Huuonen, 2004).

Los conceptos más importantes en el uso del CBCT en endodoncia son el campo de visión y la resolución espacial de la máquina.

El campo visual a ser estudiado, o FOV, se encuentra directamente relacionado con el área a ser escaneada, la cual se representará digitalmente en el ordenador. La medida FOV para los estudios de cara en Odontología con tomógrafos de haz cónico es de 14 cm. Lo que determina la calidad de la imagen tomográfica (el tamaño del píxel y el vóxel) es la división entre el FOV y la matriz. Así, en términos generales, los sistemas

CBCT se pueden clasificar en dos categorías: limitado (dental o regional) o completo (orto o facial). El FOV de rango limitado es de 40-100 mm, mientras que el campo de visión del rango completo es de 100-200 mm. Un FOV típico consiste en millones de vóxeles.

Dado que el tratamiento de endodoncia implica generalmente uno o tal vez dos dientes en una arcada, el FOV puede permitirse ser pequeño o “localizado”, por lo general de 5 x 5 cm o menos. Esta reducción del FOV minimiza la cantidad de dosis de radiación efectiva (American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, 2011). Otras ventajas de un pequeño campo de visión FOV son una mayor resolución espacial y la mejora potencial del diagnóstico, una mejor capacidad para evitar estructuras metálicas que pueden causar interferencia y la disminución del tiempo para procesar y leer la imagen. La mayoría de las máquinas FOV de campo pequeño producen una dosis de radiación efectiva en el mismo orden de magnitud que una radiografía panorámica o una serie periapical.

El grado de resolución espacial se determina por el tamaño del vóxel. Es deseable que la resolución de una máquina CBCT utilizada para endodoncia no exceda de 200µm, la anchura media del espacio periodontal. De lo contrario, no se identificarán cambios patológicos (Farman *et al.*, 2007b).

Las posibles aplicaciones del CBCT en endodoncia incluyen el diagnóstico de patología endodóntica y su origen, la morfología del sistema de conductos, la evaluación de la raíz (fracturas y traumas), el análisis de reabsorciones radiculares externas o internas, la reabsorción cervical invasiva, la planificación prequirúrgica, la extensión de lesiones, las anatomías complicadas, la localización de conductos calcificados, el retratamiento endodóntico, la evaluación de iatrogenias, tales como perforaciones, instrumentos separados o extrusión de material de obturación etc.

Al analizar los datos obtenidos, se reconoce que las Rx2D tradicionales como la OPG, aleta de mordida y Rx periapical están sometidas a errores de magnificación y distorsión 2,5 dimensional (Walton, 2008). Las imágenes capturadas por CBCT ofrecen el potencial de planeación de tratamiento más acertado puesto que las estructuras anatómicas están reproducidas en su forma y tamaño verdadero. Hay varios tipos de imágenes que se pueden generar de la información recabada de CBCT, tales como cortes reformateados multi-planar tomográficos 2D, proyecciones

cefalométricas postero-anteriores y laterales virtuales 2D, superficie 3D e imágenes volumétricas, y reconstrucciones panorámicas. Por tal motivo, son aprovechadas en múltiples áreas odontológicas, tanto de diagnóstico como planeación quirúrgica, desde ortodoncia hasta endodoncia. La CBCT se comienza a utilizar con más frecuencia en ortodoncia clínica, planeación de implantes, imagenología de la ATM y cirugía maxilofacial (CMF) (Scarfe, 2007; Lofthag-Hansen *et al.*, 2008).

Las características (especificaciones técnicas, calidad de imagen, dosis de radiación y protocolos de escaneado) de los distintos modelos de escáneres son variables, al grado que los resultados de eficacia de un sistema no se pueden extrapolar a otro. Los diferentes sistemas de CBCT operan a diferentes valores de kVp en un rango bajo de 40 hasta uno alto de 120. La falta de uniformidad de diferentes sistemas y modelos resulta en una gran discrepancia en el resultado de la calidad de imagen y la dosis de radiación que recibe el paciente (Farman *et al.*, 2007a).

Con la disminución de la exposición a la radiación y en un futuro su menor costo, las cefalometrías 3D serán mejor alternativa que las 2D. Aunque hay estudios que no dan los mismos créditos por mencionar que los tipos de técnicas de superposición usados en las modalidades de imágenes estudiadas fueron similares (Liedke *et al.*, 2009).

En los estudios realizados a 2 sistemas 3D, los autores propusieron una clasificación y criterios de exclusión como puntos de referencia usados en cefalometrías 3D, basados en reproductibilidad inter-observadora y realidad anatómica. De acuerdo a estudios de Bruntz (2006) y Chen (2009) los planos cefalométricos obtenidos por la CBCT, permiten distinguir el lado derecho del izquierdo y elimina virtualmente cualquier artefacto superpuesto.

Actualmente el sistema 3D es más adecuado para el diagnóstico de anomalías ortodóncicas complejas. Incluso por medio de la CBCT, es posible obtener modelos de arcadas dentarias y esqueleto maxilofacial para diagnóstico ortodóncico y plan de tratamiento (Bauman, 2009; Matherne *et al.*, 2008). Por lo tanto, tiene aplicaciones clínicas importantes como la localización de dientes en caninos impactados. Para un diagnóstico certero se requiere plantillas radiográficas, escaneos tomográficos computarizados y programas para simulación quirúrgica. Se ha demostrado cómo la cirugía guiada por computadora y la guía quirúrgica fresada por computadora permiten la colocación precisa del implante, incluso evitando técnicas de reconstrucción en

algunos rebordes atróficos. Los avances recientes en tecnología de tomografía computarizada (CT) y CBCT, al combinarse con la evolución de las aplicaciones de programas virtuales interactivos para planeación-tratamiento, han demostrado ser una herramienta útil para apoyar a los clínicos en lograr reconstrucciones con implantes verdaderamente guiados protésicamente (Nance *et al.*, 2000). Hay valor diagnóstico de la CBCT en detectar lesiones periapicales como la periodontitis apical. Cuando se presenta pérdida ósea es posible no encontrar radiolucidez apical en la Rx periapical, dependiendo de la densidad y grosor del hueso cortical que lo cubre y la distancia entre la lesión y el hueso cortical. En la Rx periapical 2D cuando una lesión ósea se encuentra en el hueso esponjoso y la cortical ósea está intacta, es posible que por la superposición la lesión ósea no sea detectable. Incluso se ha reportado que una lesión clínica de hasta 8mm de diámetro puede presentarse sin radiolucidez. El estudio llevado a cabo por Hirsch, (2008), indica que la CBCT permite detectar lesiones apicales postratamiento, puesto que se pueden obtener medidas exactas del tamaño de la lesión antes y después del tratamiento de conducto radicular (TCR). Tiene un valor agregado ya que, al compararse con el análisis histológico, se encontró una alta correlación entre estas modalidades. Otros estudios reportan grandes diferencias en la precisión de diferentes sistemas para una tarea diagnóstica en particular como las fracturas radiculares verticales (FRVs) (Matherne *et al.*, 2008).

Para la identificación de FRVs en dientes tratados endodónticamente, se demostró que es posible detectar fracturas tan delgadas como un cabello. Se detectaron más fracturas en cortes axiales que sagitales o coronales, además la obturación del conducto radicular crea artefactos que simulan líneas de fractura y dificulta su detección puesto que enmascaran la verdadera fractura. El tamaño de las fracturas se encontró en el rango de 60 - 550µm y se evidencia una fuerte correlación entre el tamaño de la fractura y su visibilidad (Bauman, 2009; Scarfe, 2008).

Las imágenes de la CBCT 3D es posible combinarlas con imágenes del microscopio endodóntico para proveer una vista radiográfica y clínica exacta y completa del espacio intraoperatorio del conducto radicular. En el futuro, la CBCT en la endodoncia permitirá mejorar la visibilidad de las líneas de fractura, calcificaciones internas y resorciones radiculares (Scarfe, 2007). La introducción del escaneo colimado de alta resolución confinado al diente a evaluar reducirá la radiación de la dosis, además de

una máxima resolución y visibilidad del espacio del conducto. Los algoritmos de reducción de artefactos de metal se están introduciendo para minimizar el efecto por la obturación del conducto radicular y postes metálicos.

Una de las metas más sorprendentes a alcanzar en el futuro es poder explorar tejidos virtualmente a nivel histológico basándose en un micro CT, sin necesidad de hacerlo *ex vivo* como actualmente se realiza, para evaluar cuantitativamente el estado y la respuesta terapéutica de los tejidos de interés (Matherne *et al.*, 2008).

La CBCT debe considerarse caso por caso cuando la radiografía convencional a dosis más bajas no proporciona información diagnóstica adecuada.

Cada examen CBCT debe adaptarse al paciente individual (por ejemplo, anatomía y restauraciones) y a las necesidades de diagnóstico específicas ajustando los parámetros de exposición, como son, Miliamperaje (mA), pico de kilovoltaje (kVp), tamaño de voxel, tiempo de exposición y número de imágenes base. Estudios que han demostrado que ajustar los parámetros de exposición (lo que resulta en una dosis efectiva más baja) de los ajustes predeterminados del fabricante, pueden producir imágenes diagnósticamente aceptables incluso cuando se disminuye la resolución (Durack *et al.*, 2011).

La presencia de artefactos en las imágenes debe reconocerse como otro factor relevante que disminuye la calidad de la imagen diagnóstica de CBCT y el rendimiento diagnóstico (Schulze *et al.*, 2011; Queiroz *et al.*, 2018), especialmente en presencia de objetos altamente radiopacos, como postes, restauraciones metálicas, gutapercha y cementos selladores. Para reducir los artefactos de movimiento, el posicionamiento estable del paciente es obligatorio (Chavda *et al.*, 2014).

Como se ha señalado anteriormente, las unidades de CBCT pueden clasificarse de acuerdo al volumen de la imagen o campo de visión (FOV) como sistemas de gran FOV (de 6 a 12 pulgadas o 15 – 30,5 cm) o sistemas de FOV limitado (de 1,6 a 3,1 pulgadas o 4 a 8 cm). En líneas generales, a mayor FOV, más extensa la imagen del área anatómica representada, mayor exposición de radiación al paciente y menor resolución de las imágenes resultantes. A la inversa, un sistema limitado de FOV da una imagen de una pequeña parte de la cara, irradia menos y produce una imagen de mayor resolución. Con los escáneres CBCT de limitado FOV puede obtenerse una resolución de vóxeles isotrópica por debajo de las 100 μm (Scarfe, 2009). Aquellas

aplicaciones que no necesiten un extremo detalle de las estructuras, pero si requieran una representación de una parte significativa de la cara, como en ortodoncia o en la reconstrucción para implantes, podrían beneficiarse de un escáner CBCT de moderado a gran FOV. De forma alternativa, aquellas aplicaciones que precisan de la imagen de una pequeña parte del complejo orofacial son más apropiadas para un sistema CBCT de limitado FOV, por ejemplo, para el diagnóstico de alteraciones dentales.

Los parámetros de CBCT deberían seleccionarse con el fin de obtener la mejor resolución posible y no solo limitar la exposición a la radiación del paciente sino, lo más importante, aportar un detallado diagnóstico para las aplicaciones en periodoncia y endodoncia (Farman, 2009).

Los beneficios, así como los riesgos potenciales, deben discutirse con el paciente de antemano. A pesar de que la dosis efectiva es relativamente baja, la CBCT debe usarse con prudencia. Esto es especialmente relevante en niños y adolescentes que son los más sensibles a los efectos potenciales de la radiación ionizante (Theodorakou *et al.*, 2012). En aquellos casos en que la RC de dosis más baja no proporcione información suficiente para un diagnóstico seguro, se deberá considerar si es posible que el examen CBCT otorgue información adicional, ayudando al diagnóstico y planificación del tratamiento y / o mejore el manejo clínico (Rodríguez *et al.*, 2017; Patel *et al.*; 2019b). Los ejemplos al respecto incluyen; detección de signos radiográficos de patología periapical cuando los signos y / o síntomas son inespecíficos y la imagen convencional no es concluyente; evaluación y / o manejo del trauma dento-alveolar, que puede no ser completamente apreciado con RC; apreciación de los sistemas de conductos radiculares anatómicamente complejos antes del tratamiento endodóntico; retratamiento no quirúrgico de casos con posibles canales no tratados y / o tratamiento con complicaciones previas; evaluación y / o manejo de la reabsorción radicular, que clínicamente parece ser potencialmente accesible para el tratamiento; evaluación pre quirúrgica de la cirugía perirradicular compleja; identificación de la ubicación espacial de los canales de difícil localización, teniendo en cuenta posibilidades de endodoncia guiada; detección de cambios perirradiculares en el hueso (secundarios) indicativos de fracturas radiculares, cuando la exploración clínica y las modalidades de imágenes convencionales no son concluyentes (Cotton, 2007)

La Asociación Americana de Endodoncia y la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial, (2011) han publicado recientemente un documento a acerca de suposición conjunta sobre del uso de CBCT en endodoncia. Los resultados de ambas organizaciones se aplican razonablemente en todo el mundo y se resumen de la siguiente manera: se sugirió que las unidades FOV pequeñas son más adecuadas a la endodoncia porque sus pequeños tamaños de voxels pueden resultar en imágenes de mayor resolución (hasta 0.076 mm) y menos dosis de radiación que las opciones de FOV más grandes. Una consideración importante es el criterio de selección de pacientes. Las CBCT no deben usarse con fines de detección y no todos los pacientes necesitan una imagen tridimensional. Los casos deben ser elegidos de forma individual según el historial del paciente, examen clínico e incapacidad para obtener información diagnóstica adecuada a partir de imágenes en 2D. La CBCT debe limitarse a casos endodónticos difíciles tales como, identificación de conductos accesorios, morfología compleja, anomalías del sistema de conducto radicular, incluyendo determinación de la curvatura de la raíz, como en el caso de molares superiores; casos de signos y síntomas contradictorios o no específicos; síntomas mal localizados asociados con un diente previamente tratado; superposición anatómica sin resolver con imágenes 2D; diagnóstico de patología no endodóntica; evaluación de complicaciones intra o postoperatorias; diagnóstico de trauma dentoalveolar; localización de la resorción radicular; planificación prequirúrgica para cirugías apicales, así como para implantes dentales.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar una descripción minuciosa de los usos y aplicaciones del CBCT en el campo de la endodoncia, justificando su uso, mediante la presentación de un caso clínico.

CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 42 años de edad, asiste a la carrera de especialidad de endodoncia de la Universidad Nacional de Cuyo derivado por presentar dolor a la masticación, a los alimentos y bebidas frías. El paciente relata que este dolor perdura en el tiempo.

Se confecciono historia clínica médica completa, el paciente no presentaba antecedentes médicos ni alérgicos de relevancia y con firma del correspondiente consentimiento informado.

Al realizar examen clínico odontológico el elemento 37 presenta corona intacta, sin presencia de caries ni restauraciones. El paciente relató que hace un año aproximadamente se le realizó la exodoncia del elemento 38, el cual se encontraba retenido, después de lo cual siguió con dolor en la pieza 37.

Se procedió luego al examen radiográfico, en donde se observó pérdida de la continuidad del ligamento periodontal, en la zona disto - apical de la raíz distal (**Fig. 1**)

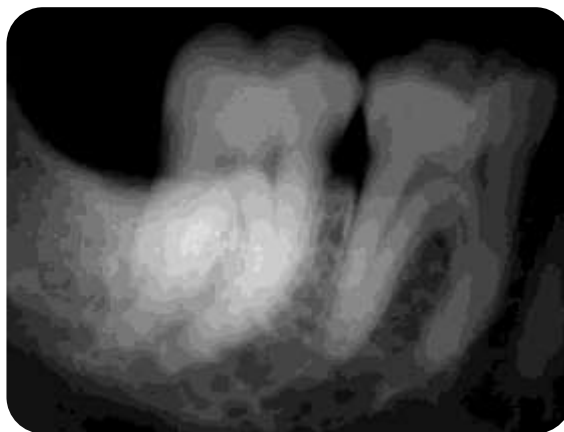


Fig. 1. Radiografía periapical preoperatoria del elemento 37, en donde se observa pérdida de la continuidad del ligamento periodontal, en la zona disto - apical de la raíz distal

Para establecer un diagnóstico de certeza se realizaron pruebas de sensibilidad (térmicas).

La prueba de frío se realizó con spray de enfriamiento (Kleep® ICE, Argentina), aplicado con microbrush a nivel del tercio cervical del elemento, arrojando una respuesta positiva. La prueba de calor se realizó con barras de gutapercha caliente (Meta Biomed, Corea), en este caso el paciente refirió una leve molestia, luego de retirar el estímulo. (Fig. 2 y 3). Al sondaje periodontal por distal se encontró una profundidad de bolsa de 6mm, y la respuesta a la percusión también dio positiva.



Fig. 2. Spray de enfriamiento (Kleep® ICE, Argentina), con el cual se realizó la prueba de frío



Fig. 3. Barras de gutapercha caliente (Meta Biomed, Corea), con el cual se realizó la prueba de calor

Dado que la radiografía periapical no permitió determinar con nitidez el tamaño de la lesión a nivel de la raíz distal, se le indicó al paciente la realización de una Tomografía Cone Beam. **(Fig. 4)**

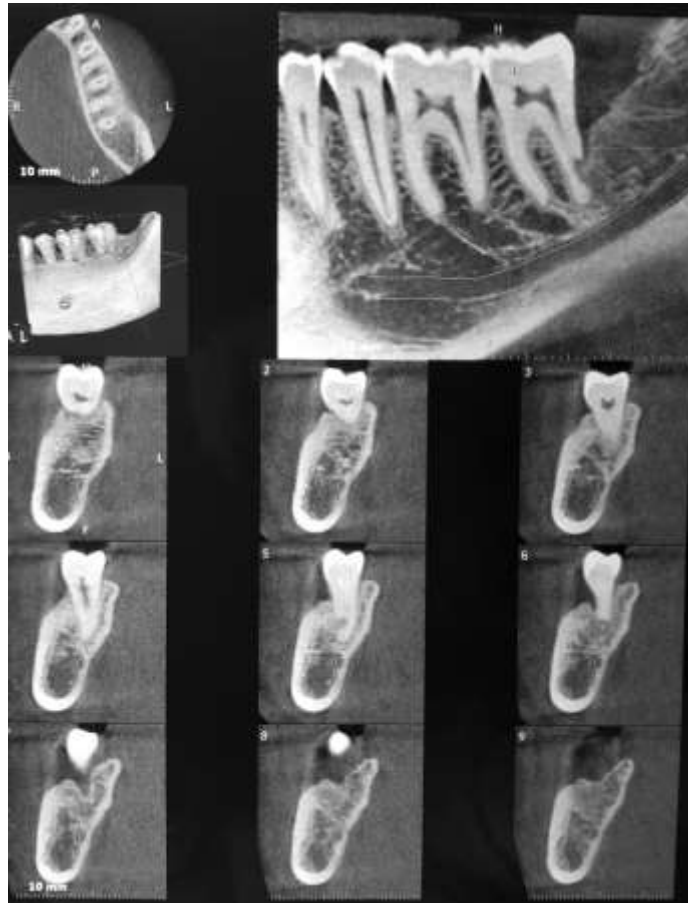


Fig. 4. Imagen CBCT, en donde se observa con precisión tamaño y ubicación de la reabsorción

En el estudio se logró observar con precisión tamaño y ubicación de la reabsorción de la raíz distal ocasionada por compresión del elemento 38.

Con todos los datos recolectados a través de las pruebas diagnósticas, se decidió realizar el tratamiento endodóntico en el elemento 37, ya que la presencia de bolsa periodontal por distal y reabsorción radicular, son una puerta de entrada para las bacterias.

El procedimiento se inició colocando anestesia con carticaína al 4% (Anescart Forte® SIDUS S.A, Argentina) y aislamiento absoluto. El acceso cameral se realizó con una fresa redonda de carburo N°3 (Jota. Suiza).

Al abordar los conductos radiculares, el cateterismo se realizó con una lima tipo K N°10(Dentsply Maillefer. Suiza). La preparación de accesos se realizó con el instrumento SX (Dentsply Maillefer. Suiza) (Fig. 5). La longitud de trabajo se determinó mediante el uso de localizador apical Propex Pixi™ (Dentsply Maillefer. Suiza), estableciendo en el conducto mesiovestibular y mesiolingual una longitud de 21 mm y en el conducto distal 17 mm hasta la reabsorción (Fig. 6).



Fig. 5. Instrumento SX (Dentsply Maillefer. Suiza) con el que se realizó la preparación de accesos



Fig. 6. Localizador apical Propex Pixi™ (Dentsply Maillefer. Suiza)

Se procede a realizar la preparación de los conductos con instrumentación mecanizada, utilizando para ello Reciproc® blue 25 (VDW Múnich. Alemania) (**Fig. 7**) en los conductos mesiovestibular y mesiolingual, y Reciproc® blue50 (VDW Múnich. Alemania) (**Fig.8**) en el conducto distal. Alternando con la instrumentación se realizaron lavajes con solución de hipoclorito de sodio al 5,25% (Tedequim S.R.L. Argentina), y un lavaje final con EDTA al 17%(Tedequim S.R.L. Argentina). Una vez finalizada la limpieza y conformación de los conductos, se procedió al secado de los conductos con conos de papel absorbentes (Meta Biomed. Corea).



Fig. 7. Reciproc® blue 25 (VDW Munich. Alemania). Instrumento con el que se prepararon los conductos mesiovestibular y mesiolingual



Fig. 8. Reciproc® blue 50 (VDW Munich. Alemania). Instrumento con el que se preparó el conducto distal

Debido a la presencia de una reabsorción en la porción apical de la raíz distal y ante la necesidad de crear un stop apical se utilizó para ello Bio C® Sealer Repair (Angelus. Brasil) (**Fig.9**)



Fig. 9. Bio C[®] Sealer Repair (Angelus. Brasil), con el que se realizó el stop apical en el conducto distal.

Posteriormente se obturó el conducto distal con un cono Reciproc[®]Blue 50(VDW Múnich. Alemania) y los conductos mesiales con conos de gutapercha 25/04 (Meta Biomed. Corea). Como cemento sellador se colocó Bio C[®] Sealer (Angelus. Brasil) (**Fig. 10**). La obturación se finalizó con técnica de condensación lateral



Fig. 10. Cemento sellador Bio C[®] Sealer (Angelus. Brasil)

Se completó la obturación coronaria con ionòmero vítreo de restauración ChemFil® Superior (Dentsply. Alemania). Se retiró aislamiento absoluto, se ajustó oclusión y se tomó radiografía postoperatoria (**Fig.11**).



Fig. 11. Radiografía postoperatoria, en donde se observa la obturación del elemento 37

DISCUSIÓN

Es de importancia establecer un diagnóstico preciso de la patología ya que de ello dependerá la planificación del tratamiento a realizar. Las radiografías convencionales y la tomografía Cone Beam son los recursos diagnósticos más importantes que brindarán información sobre el tipo de reabsorción presente.

En la mayoría de los casos se usan radiografías convencionales para diagnosticar y dar tratamiento. Sin embargo, el acortamiento apical, la ampliación del conducto radicular y las radiolucencias externas de la raíz no son detectables en las radiografías en sus etapas iniciales, cuando son pequeños o por la limitación bidimensional de este método. Clínicamente, las radiografías periapicales son una herramienta diagnóstica importante en la detección de RRE, pero el descubrimiento de los distintos grados de la RRE con dicha radiografía está limitado a dos planos del espacio, y se debe tener en cuenta que este es un fenómeno tridimensional.

La interpretación radiográfica del proceso reabsortivo es básico para el diagnóstico diferencial, tratamiento y pronóstico del diente (Cohenca *et al.*, 2007b). Además, al ser procesos patológicos diferentes requieren diferentes protocolos de tratamiento. La radiografía convencional 2D nos ofrece una información limitada sobre la localización y tamaño de la lesión.

Las tomografías computarizadas facilitan enormemente el diagnóstico diferencial y ayudan a determinar las ubicaciones, dimensiones, propagación y posibles sitios de perforación en mayor detalle lo que posibilita una mejor planificación tratamiento y seguimiento Madani *et al.*, (2016). Como en el caso clínico que se presenta en este trabajo con la RP convencional no se logra identificar la lesión, por lo que cuando el paciente se realiza la tomografía se logra tener un diagnóstico de RR y con ello tamaño y ubicación de la lesión precisas.

La reabsorción radicular (RR) es la destrucción del tejido dental duro, cemento y dentina, como resultado de la actividad clásica (Hammarstrom y Lindskog, 1985; Andreasen, 1988; Patel y Ford, 2007). Puede clasificarse ampliamente según su aparición en la raíz del diente afectado; La resorción interna afecta la pared del conducto radicular, mientras que la resorción externa se produce en la superficie

externa de la raíz. Ambos tipos de resorción se subclasifican de acuerdo con la naturaleza histológica específica del proceso de resorción que tiene lugar, cada uno de los cuales tiene características específicas. Como a) reabsorción superficial externa, reabsorción inflamatoria externa, reabsorción externa por sustitución, reabsorción cervical externa; b) reabsorción inflamatoria interna, reabsorción interna por sustitución.

Un diagnóstico RR depende de la demostración radiográfica del proceso (Andreasen et al, 1987). sin embargo, varios estudios ex vivo e in vitro han demostrado que la radiografía periapical convencional no es una técnica confiable para detectar la reabsorción externa de la raíz, especialmente cuando los defectos de reabsorción simulados son pequeños (Andreasen et al, 1987; Chapnik, 1989; Goldberg et al, 1998) en contraste, los estudios ex vivo confirmaron la precisión mejorada con tomografía computarizada de haz cónico (TBCT) sobre RP convencional en la detección de simulación interna (Kamburoglu *et al.*, 2011) y externa (Bernardes *et al.*, 2012) incluyendo situaciones donde los defectos externos son mínimos (Durack *et al.*,2011). Además, algunos estudios ex vivo también han demostrado que, en comparación con RP, TBCT tiene un método significativamente más efectivo para determinar la ubicación exacta de las cavidades de RR en las superficies externas de las raíces (D Addazio *et al.*,2011; Durack *et al.*,2011) También proporcionan el método más exitoso para diferenciar entre defectos de RR simulados en la pared del conducto radicular y en la superficie externa de la raíz (D'Addazio *et al.*,2011; Kamburoglu *et al.*, 2011). Un estudio ex vivo informó que la TBCT podía calcular con precisión el volumen de las cavidades de RR creadas en las superficies laterales de las raíces y la extensión de la RR simulada de la raíz apical en un plano lineal (Ponder *et al.*,2013).

Los estudios clínicos que comparan la precisión diagnóstica de la TBCT y la radiografía convencional para detectar la RR son limitados. Sin embargo, un estudio clínico ha demostrado que la TBCT es una modalidad de imagen significativamente mejor para determinar la presencia y el alcance de la RR externa en comparación con la RP (Estrela *et al.*, 2009). En otro estudio clínico más, se compararon los rendimientos de la RP y TBCT como herramientas de diagnóstico y plan de tratamiento para llevar a cabo la RR cervical externa e interna. La TBCT puede detectar con precisión la presencia y diferenciar entre los tipos de reabsorción (interna

o externa) en todos los casos examinados, y la TBCT también funcionó mucho mejor que la RP como herramienta de planificación del tratamiento. La sensibilidad general de las radiografías intraorales fue significativamente menor que la de TBCT (Patel *et al.*, 2009a).

La aparición en la radiografía convencional de reabsorción superficial y variable, caso específico, depende del estímulo para la RR. La apariencia puede variar de pequeña forma de platillo, excavaciones poco profundas en un contorno de superficie radicular desvío normal (como resultado de lesiones traumáticas leves o una ocurrencia fisiológica), hasta la destrucción parcial o completa de la raíz (Andreasen y Hjorting-Hansen, 1966a; Andreasen y Andreasen, 1985).

La destrucción de tejidos más extensa tiende a ocurrir en casos de reabsorción superficial causada por la presión sobre las raíces por tratamiento de ortodoncia y / o masas impactadas, como dientes, quistes, tumores, etc. Como en el caso clínico que se presenta en este trabajo que presentaba la lesión en la raíz distal del elemento 37 por presión del elemento 38. Los dientes con RR relacionados con la ortodoncia generalmente tienen extremos de raíz romos o acortados uniformemente, mientras que la aparición de RR asociada con masas impactadas tiende a reflejar la forma del cuerpo infractor. Independientemente de la etiología de la RR y el grado de destrucción del tejido, el espacio intacto del ligamento periodontal (LPD) / lámina dura típicamente rodea el área reabsorbida de la raíz en casos de resorción superficial (Andreasen y Hjorting - Hansen, 1966a).

Estrela (2009) presenta un método para evaluar IRR (Reabsorción radicular inflamatoria) usando imágenes de CBCT. El criterio de estudio fue establecido para el análisis del sitio de IRR: Tercio radicular: apical, medio y cervical, superficie radicular: mesial, distal, bucal, palatal o lingual y el ápice radicular y la extensión de IRR. La extensión más grande de RR fue medida y un sistema de puntuación de 5 puntos (0 -4) fue usado para el análisis. Nakata (2009). reportó un caso de un paciente masculino de 39 años de edad, quien refiere molestia en la pieza 35, al examen clínico se evidencia fístula y dolor a la percusión vertical en dicha pieza. La radiografía mostró la presencia de una lesión perirradicular con leve reabsorción ósea en la cara distal del premolar. Se obtuvieron imagen con la CBCT, donde se observó la reabsorción radicular externa en las superficies bucal, mesial y distal de la raíz. Salatino (2009)

evaluó la influencia del tamaño del voxel en la detección de reabsorciones radiculares probando así la capacidad de diagnóstico de CBCT para detectar reabsorciones radiculares externas. Los resultados obtenidos indican que los valores de sensibilidad y especificidad de CBCT fueron similares y no dependen de la resolución de voxel. En las exploraciones TBCT, la reabsorción superficial externa tiene un aspecto radiográfico básico similar al observado en las radiografías convencionales. Sin embargo, la verdadera naturaleza de esta lesión se puede evaluar con mayor precisión que en las radiografías convencionales (bidimensionales). Se puede identificar la posición exacta de un defecto de reabsorción, las lesiones no identificables en las RP aparecerán en TBCT. Estos hallazgos pueden alterar el pronóstico del diente / dientes bajo investigación.

La reabsorción inflamatoria externa (RIE) asociada con el trauma dental se caracteriza radiográficamente por ser radiolúcida, cóncava y, a veces, por irregularidades a lo largo de la superficie de la raíz, con la correspondiente radiolucidez y asociada con el hueso alveolar adyacente. Hay una pérdida completa de la lámina dura en el área de reabsorción (Andreasen; Hjorting - Hansen, 1966b).

La RIE también se asocia comúnmente con dientes con un sistema de conducto radicular necrótico infectado, y no siempre es el resultado de lesiones dentales traumáticas (IDT) (Laux *et al.*, 2000). En estos casos, el sitio de RR afectado replicará el portal de salida de toxinas bacterianas del conducto radicular. Por lo tanto, más de una ubicación en la superficie de la raíz puede verse afectada. Sin embargo, típicamente, la porción apical de la raíz se ve afectada más comúnmente debido a la proximidad del agujero apical (Patel *et al.*, 2016). La RP puede revelar una raíz irregular en el sitio de reabsorción. La raíz puede acortarse si el proceso se realiza apicalmente. El grado de destrucción del tejido duro es variable y reflejará la cronicidad de la infección. Independientemente del sitio de reabsorción, la radiolucidez estará presente en el hueso alveolar adyacente, además de la lámina dura, y el espacio LPD estará ausente.

En las exploraciones TBCT, la reabsorción inflamatoria externa tiene un aspecto radiográfico similar a las RP. Sin embargo, la extensión de la lesión puede apreciarse mejor, al igual que la radiolucidez perirradicular asociada en el hueso adyacente. Además, se puede localizar la posición exacta de cualquier defecto de reabsorción, y

las lesiones no detectables por RP (superficies bucales y palatinas) se pueden ver en TBCT (Durack *et al.*, 2011). Estos hallazgos incidentales. Sin embargo, no significan que la TBCT deba usarse como una herramienta de detección para evaluar rutinariamente la RIE.

En el presente trabajo se describió el caso clínico de un paciente que concurre a la consulta con sintomatología dolorosa en elemento 37, clínicamente sano, la radiografía periapical no aportó información suficiente para el diagnóstico, motivo por el cual se le solicitó una Tomografía Cone Beam, en la cual se pudo determinar con precisión la presencia de una reabsorción apical, lo cual resultó determinante para el diagnóstico y la planificación del tratamiento, de acuerdo con la evidencia científica presentada por los autores citados.

CONCLUSION

Se están produciendo avances notables en las imágenes en 3D. La literatura avala el uso generalizado de CBCT para múltiples aplicaciones de endodoncia y ha mejorado la capacidad para diagnosticar y tratar problemas relacionados con la endodoncia. Se debe tener cuidado en el uso juicioso de esta herramienta de diagnóstico para aplicaciones de endodoncia considerando los riesgos adicionales de usar o no usar, esta tecnología de imágenes.

La CBCT debe ser limitado a aquellas aplicaciones donde la clínica y la literatura científica ha demostrado una mayor eficacia por sobre las imágenes 2D.

BIBLIOGRAFÍA

American Association of Endodontists and American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Use of cone-beam computed tomography in endodontics. Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 111:234–237.

Andreasen JO. Review of the root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. In: *The Biological Mechanisms of Tooth Eruption and Root resorption*. Davidotch D(ed). Birmingham, UK: EBSCO Media 1988:9-21

Andreasen FM, Sewerin I, Mandel U, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 21-27.

Andreasen JO, Hjørtting- Hansen E. Replantation of teeth. I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss. *Acta Odontol Scand* 1966a; 24:263-286.

Andreasen FM, Pedersen BV. Prognosis of luxated permanent teeth- the development of pulp necrosis. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:207-220.

Andreasen JO, Hjørtting- Hansen E. Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand* 1966b; 24:287-306.

Bender IB, Seltzer S (1961) Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *Journal of the American Dental Association* 62, 152–60.

Bender I, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *J Endod* 2003(a); 29:702–706.

Bender I, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II. *J Endod* 2003 (b); 29:707–712.

Bornstein MM, Wolner-Hanssen AB, Sendi P, von Arx T. Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root fractured permanent teeth. *Dent Traumatol* 2009; 25:571–577. 2.

Bernardes RA, de Paulo RS, Pereira LO, Duarte MA, Ordinola- Zapata R, de Azevedo JR. Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiographs in diagnosis of lingual- simulated external root resorptions. *Dent Traumatol* 2012; 28: 268-272.

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, 1524–9.

Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 33:1121–1132.

Chapnick L. External Root resorption: an experimental radiographic evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 67: 578-582.

Durack C, Patel S (2011) the use of cone beam computed tomography in the management of dens invaginatus affecting a strategic tooth in a patient affected by hypodontia: a case report. *International Endodontic Journal* 44, 474–83

Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J* 2011; 44: 136-147.

D’Addazio PS, Campos CN, Ozcan M, Teixeira HGC, Passoni RM, Carvalho ACP. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J* 2011; 44:218-224.

Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2009;35: 1491-1497.

Farman AG, Field of view. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(4) 477-8.

Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging. *Med Dec Making* 1991; 11:88–94

Goldberg F, De Silvio A, Dreyer C. Radiographic assessment of simulated external root resorption cavities in maxillary incisors. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14: 133-136.

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; 35:719–722. 2

Huumonen S, Kvist T, Gröndahl K, Molander A. Diagnostic value of computed tomography in re – treatment of root fillings in maxillary molars. *Int Endod J* 2006; 39:827–833.

Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, Araki M, Kawashima S, Terakado M. A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine *Oral Sug Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(3):371-7.

Hashimoto K, Kawashima S, Kameoka S Et al. Comparison of image performance between cone beam computed tomography *Dento maxillo Radiol.* 2007; 36(8):465-71

Hammarstrom L, Lindskog S. General morphological aspect of resorption of teeth and alveolar bone. *Int Endod J* 1985; 18: 93-108.

Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four row multidetector helical CT. *J Oral Sci.* 2006;48(1):27-34.

Kottoor J, Velmurugan N, Sudha R, Hemamalathi S. Maxillary first molar with seven root canals diagnosed with cone-beam computed tomography scanning: a case report. *J Endod* 2010; 36:915–921. 3

Kamburoglu K, Kursun S, Yuksel S, Oztas B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod* 2011; 37: 168-175.

Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103:114–119.

Low KM, Dula K, Burgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod* 2008; 34:557–562.

Laux M, Abbott PV, Pajarola G, Nair PNR. Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *Int Endod J* 2000; 33:483-493.

Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod* 2010; 36:1187–1190.

Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Inamoto K, Arijji E, Nakamura H. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirooted tooth: a case report. *J Endod* 2006; 32:583–587.

Nakata K, Naitob M, Izumi M, Arijji E, Nakamura H. Evaluation of correspondance of dental computed tomography imaging to anatomic observation of external root reabsortion. *J. Endod.* 2009; 35:1594-97.

Naoum HJ, Chandler NP, Love RM. Conventional versus storage phosphor-plate digital images to visualize the root canal system contrasted with a radiopaque medium. *J Endod* 2003; 29:349 –52.

Nair M. Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A Review. *J Endod* 2007; 33:1–6.

Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV. Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, conebeam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *J Endod* 2010; 36:1547–1551.

Orhan K, Aksoy U, Kalender A. Cone-beam computed tomographic evaluation of spontaneously healed root fracture. *J Endod* 2010; 36:1584–1587. 2

Patel S, Patel R, Foschi F, Mannocci F (2019b) The impact of different diagnostic imaging modalities on the evaluation of root canal anatomy and endodontic residents' stress levels: a clinical study. *Journal of End.*

Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009; 42:463–475. *odontics* 45, 406–13.

Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007; 40:818–830.

Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009; 42:463–475.

Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007; 40:818–830.

Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *Int Endod J* 2007; 40:730–737.

Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. *Int Endod J* 2009; 42:831–838.

Patel S, Ford TP. Is the resorption external or internal? *Dent Update* 2007; 34:218-229.

Patel S, Durack C, Ricucci D. Root resorption. In: Cohen's *Pathways of the Pulp*, ed 11. Hargreaves K(ed). Oxford UK: Elsevier, 2016: 660-682.

Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and conebeam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod* 2009; 35:1009–1012.

Ponder SN, Benavides E, Kapila S, Hatch NE. Quantification of external root resorption by low- vs high- resolution cone-beam computed tomography and periapical

radiography: A volumetric and linear analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 143:77-91.

Queiroz PM, Oliveira ML, Groppo FC, Haiter - Neto F, Freitas DQ (2018) Evaluation of metal artefact reduction in cone beam computed tomography images of different dental materials. *Clinical Oral Investigations* 22, 419–23.

Rodríguez G, Patel S, Duran-Sindreu F, Roig M, Abella F (2017a) Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision making among specialists. *Journal of Endodontics* 43, 194–9.

Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009;2009: 634567. 1

Scarfe WC, F Schulze R, Heil U, Gross D, et al (2011) Artefacts in CBCT: a review. *Dento maxillofacial Radiology*. 40, 265–73

Schulze R, Heil U, Gross D, et al (2011) Artefacts in CBCT: a review. *Dento maxillofacial Radiology*. 40, 265–73.

Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16:498–504.

Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clin Oral Investig* 2007; 11:101–106. 3

Sanfelice CM, da Costa FB, Reis So´ MV, Vier-Pelisser F, Souza Bier CA, Grecca FS. Effects of four instruments on coronal preenlargement by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2010; 36:858–861. 1.

Salatino G. Influence of Voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J. Endod*. 2009; 35:233- 35.

Tsesis I, Rosen E, Tamse A, Taschieri S, Kfir A. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod* 2010; 36:1455–1458

Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R; The SEDENTEXCT Project Consortium (2012) Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *The British Journal of Radiology* 85, 153–60.

Tyndall DA, Kohltfarber H. Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Australian Dental Journal* 2012; 57:(1 Suppl): 72–81

Tyndall DA, Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dent Clin North Am* 2008; 52:825–841. 2

Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J* 2007; 40:224–232.

Versteeg KH, Sanderink GC, van Ginkel FC, van derStelt PF. Estimating distances on direct digital images and conventional radiographs. *J Am Dent Assoc* 1997; 128:439–43.

Wenzel A, Grondahl HG. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J* 1995; 45:27–Wenzel A (2014) Radiographic display of carious lesions and cavitation in approximal surfaces: advantages and drawbacks of conventional and advanced modalities. *Acta Odontológica Scandinavica* 72, 251–64.

