



Recibido: Junio 2012– Aceptado: Agosto 2012

Facultad de Odontología  
Universidad Nacional de Rosario

## Revisión Bibliográfica Aplicaciones de la TAC en endodoncia

**Natalia Ronda**

✉: [ronda.natalia@gmail.com](mailto:ronda.natalia@gmail.com)

### **Desarrollo** **Tomografía Axial Computarizada**

La historia de la radiología es corta, es una historia de apenas cien años. La radiología es una especialidad viva, en constante evolución y progreso, una especialidad que continuamente revoluciona el saber médico e instaura nuevas pautas y protocolos diagnósticos y terapéuticos. La radiología abarca múltiples modalidades de imagen y cada una de estas técnicas ha influido activamente en el conocimiento de la historia natural de las enfermedades permitiendo confirmar o descartar entidades que antes únicamente se podían diagnosticar clínicamente. Sin duda, una de las modalidades radiológicas que desde su creación más ha evolucionado y se ha instaurado más rápidamente en la práctica clínica diaria es la tomografía computarizada.

La palabra tomografía es formada por la unión de dos términos griegos "tomos" y "graphos" que significan respectivamente, partes y registro. De esta forma, la tomografía consiste en la obtención de imágenes del cuerpo en partes o cortes. Es una técnica especializada que registra de manera clara objetos localizados dentro de un determinado plano y permite la observación de una región con poca o ninguna sobreposición de estructuras <sup>(1)</sup>.

De manera general, las tomografías pueden ser clasificadas en dos tipos:

- Tomografía convencional
- Tomografía computarizada.

Esta última puede ser aún subdividida de acuerdo con el formato del haz de rayos X utilizado en:

- tomografía computarizada tradicional de haz en rango (fan beam)
- tomografía computarizada volumétrica de haz volumétrico (cone beam)

La tomografía computarizada de haz volumétrico utiliza una tecnología innovadora en la adquisición de imagen, el haz cónico de rayos X. Este permite que la imagen sea adquirida como un volumen y no como un plano, como ocurre en la tomografía computarizada médica.

El advenimiento de la tomografía computarizada de haz volumétrico representa el desenvolvimiento de un tomógrafo relativamente pequeño y de menor costo, especialmente indicado para la región dentomaxilofacial. El desenvolvimiento de esta nueva tecnología está proporcionando a la Odontología la reproducción de la imagen tridimensional de los tejidos mineralizados maxilofaciales, con mínima distorsión y dosis de radiación significativamente reducida en comparación a la tomografía computarizada tradicional.

No debe confundirse la tomografía axial computada (TAC) con la radiología convencional de rayos X (placa simple), que igualmente permite una visualización en dos dimensiones, pero con mucho menor detalle, debido a que se superponen las diferentes estructuras del organismo sobre una misma imagen, porque la radiación es emitida de una forma difusa. En cambio, para la TAC se utiliza un haz muy bien dirigido y con un grosor determinado, que depende del tamaño de la estructura a estudiar. Otra diferencia entre estos dos métodos diagnósticos, es que en la placa simple, las estructuras se ven radiolúcidas y radiopaco, no pudiéndose diferenciar otro tipo de densidad. Mientras que en la TAC, se pueden distinguir distintas densidades, pudiendo así reconocer los múltiples tejidos, dejando muy pocas estructuras fuera de observación. Vale la pena destacar, a favor de la placa simple, que su costo es muy inferior a la TAC. La mayor desventaja que presenta la TAC, es la dosis de radiación que recibe el paciente.

## Reseña histórica

Los fundamentos matemáticos de la TAC, fueron establecidos en el año 1917 por el matemático Austríaco J. Radon, quien probó que era posible reconstruir un objeto bidimensional o tridimensional, a partir de un conjunto de infinitas proyecciones.

En 1963, el físico A. M. Cormack indicó la utilización práctica de los resultados de Radon para aplicaciones en medicina. Nació así la llamada tomografía computada.

El primer aparato de TAC (fig. Nº 1) fue producido en la compañía disquera EMI (Electric and Musical industries). En el año 1955 decidió diversificarse y con tal fin, instaló un Laboratorio Central de Investigación, para reunir científicos abocados a proponer proyectos interesantes en diversos campos, que permitieran generar nuevas fuentes de ingreso. Su creador y desarrollador fue el Ingeniero Goodfrey N. Hounsfield, Premio Nobel en Medicina en 1979 por el desarrollo de la tomografía asistida por computadoras, entró a trabajar en 1951 a EMI y en 1967 propuso la construcción del escáner EMI, que fue la base de la técnica para desarrollar la TAC, como una máquina que unía el cálculo electrónico a las técnicas de rayos X con el siguiente fin: crear una imagen tridimensional de un objeto, tomando múltiples mediciones del mismo con rayos X desde diferentes ángulos y utilizar una computadora que permita reconstruirla a partir de cientos de planos superpuestos y entrecruzados.



**Fig. Nº 1:** Original "Siretom" CAT Scanner - 1974

La TAC se constituyó como el mayor avance en radiodiagnóstico desde el descubrimiento de los rayos X. Su introducción en el mercado de Estados Unidos fue en 1972, en aquellos tiempos cada corte o giro del tubo emisor de radiación requería 4 minutos y medio para realizarse, además de los 60 segundos indispensables para reconstruir la imagen. A medida que se hacían más rápidos y presentaban mejor resolución, los tomógrafos fueron pasando por distintas generaciones, aparecieron los tomógrafos multicorte con multidetectores y posteriormente los tomógrafos helicoidales, en donde el giro del tubo emisor es continuo, permitiendo hacer cortes y disparos simultáneos en diferentes ángulos, con lo cual se evita la discontinuidad entre cortes, reduce el tiempo de exposición, utiliza menos líquidos de contraste y facilita la reconstrucción tridimensional de imágenes. Todo esto de uso, aplicable, más específicamente a la medicina. Hasta que hace algunos años fue desarrollada una nueva

tecnología en Radiología Odontológica, denominada "Tomografía Computarizada de Haz Volumétrico", incorporando diversas ventajas sobre los tomógrafos médicos y convencionales e implicando cambios en relación a los actuales medios de diagnóstico.

El escáner de tomografía computarizada significó una auténtica revolución en el campo de la radiología, ya que se basa en el enfoque de un haz de rayos X colimado sobre el paciente, donde la radiación remanente atenuada es medida por un detector cuya respuesta se transmite a un ordenador. El ordenador analiza la señal del detector, reconstruye la imagen y la presenta en un monitor. Mediante ecuaciones matemáticas (algoritmos) adaptadas al procesamiento informático se efectúa una reconstrucción por ordenador de vistas transversales de la región anatómica de interés.

### **Principios de funcionamiento**

La forma más sencilla de tomografía consiste en el uso de un haz de rayos X finamente colimado y un único detector. La fuente de rayos X y el detector están conectados de tal modo que se mueven de forma sincronizada, cuando el conjunto fuente-detector efectúa un barrido, o traslación, del paciente, las estructuras internas del cuerpo atenúan el haz de rayos X según sus respectivos valores de número atómico y densidad de masa. La intensidad de radiación detectada variará, conformará un perfil de intensidad llamado proyección. Al concluir la traslación, el conjunto fuente-detector regresa a su posición de partida, y el conjunto completo gira para iniciar una segunda traslación. Durante ésta, la señal del detector vuelve a ser proporcional a la atenuación del haz de rayos X de las estructuras anatómicas, de lo que se obtiene un segundo resultado de exploración.

Si se repite este proceso un número elevado de veces, se generarán numerosas proyecciones. Estas proyecciones no se perciben visualmente, sino que se almacenan en un ordenador. Después el ordenador las procesa y estudia sus patrones de superposición para reconstruir una imagen final de las estructuras anatómicas. Mediante el empleo de ecuaciones simultáneas se obtiene finalmente una matriz de valores representativa de la sección transversal de la estructura sometida a examen.

## **Tipos de tomografías computarizadas (escáneres)**

### **ESCANERES DE PRIMERA GENERACION (TIPO I TRANSLACION-ROTACION)**

El funcionamiento se basa en un tubo de rayos X y un detector, este sistema hace el movimiento de translación rotación. Para obtener un corte tomográfico son necesarias muchas mediciones y, por lo tanto muchas rotaciones del sistema, lo que nos lleva a tiempos de corte muy grandes (superiores a 5 minutos).

### **ESCANERES DE SEGUNDA GENERACIÓN (TIPO II TRANSLACION-ROTACION)**

En esta generación se utilizan varios detectores y un haz de rayos X en abanico, lo que aumenta la radiación dispersa, con esto se consigue que el tiempo de corte se reduzca entre 20 y 60 segundos.

### **ESCANERES DE TERCERA GENERACION (ROTACION-ROTACION)**

En los cuáles el tubo de rayos X y la matriz de detectores giraban en movimientos concéntricos alrededor del paciente. Como equipos de sólo rotación, los escáneres de esta generación eran capaces de producir una imagen por segundo.

El escáner de tomografía computada de tercera generación utiliza una disposición curvilínea que contiene múltiples detectores y un haz en abanico. El número de detectores y la anchura del haz en abanico, de entre 30 y 60° y el haz en abanico y la matriz de detectores de tercera generación permite además obtener una mejor colimación del haz de rayos X, con la reducción de la radiación dispersa.

Una de las principales desventajas de los escáneres de tercera generación es la aparición, ocasional, de artefactos, debida a una falla de algún detector.

### **ESCANERES DE CUARTA GENERACION (ROTACION-ESTACIONARIA)**

Los escáneres de cuarta generación poseen sólo movimiento rotatorio. El tubo de rayos X gira, pero la matriz de detectores no. La detección de la radiación se realiza mediante una disposición circular fija de detectores. El haz de rayos X tiene forma de abanico, con características similares a las de los haces usados en equipos de tercera generación. Estas unidades alcanzan tiempos de barrido de 1 segundo y pueden cubrir grosores de corte variables, así como suministrar las mismas posibilidades de manipulación de la imagen que los modelos de generaciones anteriores.

La matriz de detectores fijos de los escáneres de cuarta generación no produce una trayectoria de haz constante desde la fuente a todos los detectores, sino que permite calibrar cada detector y normalizar su señal durante cada barrido.

El principal inconveniente de los escáneres de cuarta generación es la alta dosis que recibe el paciente, bastante superior a la que se asocia a los otros tipos de escáneres.

### **ESCANERES DE QUINTA GENERACION (ESTACIONARIO-ESTACIONARIA)**

En esta clase de tomografía computarizada hay múltiples fuentes fijas de rayos X que no se mueven y numerosos detectores también fijos. Son muy caros, muy rápidos y con tiempos de corte cortísimos. Sólo se utilizaron en EE.UU.

### **ESCANERES DE SEXTA GENERACION**

Se basan en un chorro de electrones. Es un cañón emisor de electrones que posteriormente son reflexionados (desviados) que inciden sobre láminas de tungsteno. El detector está situado en el lado opuesto del Gantry por donde entran los fotones. Consigue 8 cortes contiguos en 224 milisegundos. Sólo se utilizaron en EE.UU. Eran carísimos y enormes, poco útiles.

### **TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA HELICOIDAL**

En estos sistemas el tubo de rayos X y los detectores se montan, sobre anillos deslizantes y no se necesitan cables para recibir electricidad o enviar información recibida.

Esto permite una rotación completa y continua del tubo y detectores, tras la camilla de exploración. Se desplaza con una velocidad constante.

El haz de rayos X traza un dibujo en forma de hélice sobre la superficie del paciente, mientras se adquieren inmediatamente los datos de un volumen de su anatomía, por esto se denomina tomografía computarizada volumétrica o helicoidal.

Las imágenes o cortes axiales se reconstruyen a partir de los datos obtenidos en cada uno de los ciclos del tomógrafo computarizado helicoidal, también puede funcionar como un tomógrafo computarizado convencional.

Fue introducida por Siemens en el año 1990. Actualmente casi todos los equipos de tomografía computarizada que se venden son helicoidales, los tiempos de exploración son de 0,7 y 1 segundo por ciclo.

### **TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA DE HAZ VOLUMETRICICO EN ODONTOLOGIA**

La tomografía computarizada de haz cónico, en inglés, Cone Beam Computed Tomography (CBCT), fue desarrollada a finales de los años noventa con el fin de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial con una dosis de radiación menor que la tomografía computarizada convencional (TC) <sup>(46)(47)</sup>, revolucionando la imagen del complejo craneofacial y ofreciendo una alternativa a la imagen convencional intraoral y panorámica, que elude la superposición y los problemas de distorsión de imágenes.

La odontología está pasando por un período de cambios tecnológicos cada vez más intensos. Esas innovaciones de tecnología van desde el desenvolvimiento de recientes métodos de diagnóstico hasta nuevas modalidades de tratamiento. Ese proceso evolutivo se debe principalmente a la tecnología digital que tiene permitido grandes avances en las búsquedas y disponibilidad de exámenes por imagen con mayor especificidad y sensibilidad <sup>(46)</sup>.

Todo odontólogo debe, de esta forma, tener conocimiento suficiente actualizado acerca de los exámenes disponibles para indicarlos correctamente y así realizar un diagnóstico y plan de tratamiento con precisión.

La odontología toda está siendo objeto de grandes cambios en sus posibilidades diagnósticas y terapéuticas, por el advenimiento de tecnologías difícilmente imaginadas hace tan sólo una década atrás.

Son ejemplos claros la utilización de microscopía clínica en Endodoncia y en el caso de la radiografía, es la tomografía Cone Beam de alta resolución.

Una de las grandes dificultades que enfrenta el endodoncista es el poder visualizar las estructuras anatómicas en los tres sentidos del espacio, lo que se lograba muy limitadamente utilizando técnicas radiográficas disociadas y otras similares.

La visualización de la compleja anatomía radicular y de los conductos y sus estados patológicos en forma volumétrica mediante el uso de esta tecnología de imágenes, viene a abrir un horizonte insospechado al especialista.

## Revisión de la literatura. Características de los CBTC

Diversos términos han sido empleados para describir la técnica de la tomografía computarizada de haz volumétrico incluyendo: tomografía computarizada de haz cónico, tomografía volumétrica dental, imagen volumétrica del haz cónico y tomografía computarizada dental.

El término más frecuentemente utilizado es tomografía computarizada de haz cónico. El resultado diferente de generaciones de tomógrafos anteriores es un haz orientado de forma piramidal, adquiriendo mayor volumen de área. Por lo tanto, el término probablemente más preciso a ser utilizado es "tomografía computarizada de haz volumétrico".

El equipo de tomografía computarizada de haz volumétrico es muy compacto y se asemeja al aparato de radiografía panorámica.

Presenta dos componentes principales, posicionados en extremos opuestos de la cabeza del paciente: la fuente o tubo de rayos X, que emite un haz en forma de cono, y un detector de rayos X. El sistema tubo-detector realiza solamente un giro de 360° en torno a la cabeza del paciente y a cada determinado grado de giro (generalmente cada 1 grado), el equipo adquiere una imagen base de la cabeza del paciente, muy semejante a una telerradiografía bajo diferentes ángulos o perspectivas<sup>(3)</sup>.

Al contrario de la tomografía computarizada tradicional, que necesita de tantas vueltas cuanto fuesen las espesuras del corte y tamaño de la estructura, resultando mayor exposición del paciente a la radiación.<sup>(1)</sup> La tomografía computarizada de haz volumétrico, debido a su haz de rayos X en forma de abanico, necesita apenas de un giro alrededor del área de interés para obtener las informaciones necesarias para la reconstrucción de la imagen.<sup>(4)</sup>

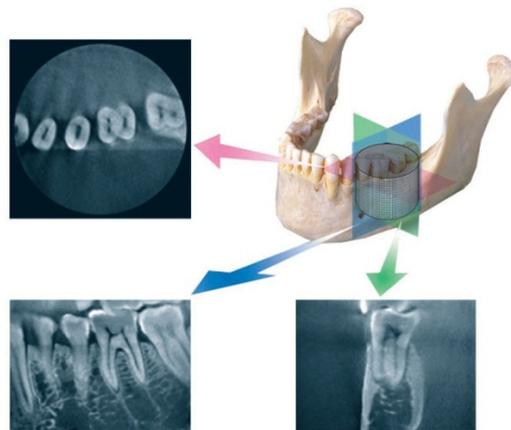
Al término del examen, esa secuencia de imágenes base (raw data) es reconstruida para generar la imagen volumétrica en 3D, por medio de un software específico con un sofisticado programa de algoritmos, instalado en una computadora convencional acoplada al tomógrafo. El tiempo de examen puede variar de 10 a 70 segundos (una vuelta completa del sistema), pero el tiempo efectivo de exposición a los rayos X es menor, variando de 3 a 6 segundos.<sup>(4)</sup>

Una gran ventaja de la tomografía computarizada odontológica es cómo los programas que ejecutan la reconstrucción computarizada de las imágenes pueden ser instalados en computadoras convencionales, y no necesitan de un Workstation como la tomografía computarizada tradicional, a pesar de ambas ser almacenadas en el idioma Dicom (Digital imaging and communication in Medicine).<sup>(5)</sup>

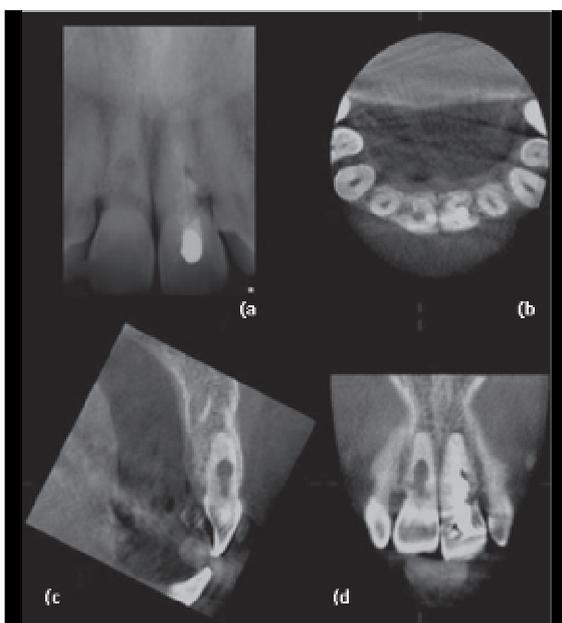
De esta manera, si el profesional pondría un software específico instalado en su computadora, estará apto para manipular las imágenes tridimensionales, según su comodidad. Las imágenes de mayor interés pueden ser impresas y almacenadas.<sup>(5)</sup>

Una característica muy relevante de esta técnica, es que permite entregar al odontólogo el volumen completo para que lo explore con gran facilidad, en los planos axial, coronal y sagital, mediante un software auto ejecutable, que permite además efectuar mediciones 1:1 incluso de líneas curvas. Adjunto además viene una placa radiográfica con la selección de las imágenes más relevantes y un informe escrito. Todos los exámenes son respaldados digitalmente, lo que permite que el odontólogo y el radiólogo puedan analizar el caso a distancia, visualizando ambos, las mismas imágenes en forma simultánea.

Los programas de tomografía computarizada de haz volumétrico, al igual que la tomografía computarizada tradicional, permite la reconstrucción multiplanar del volumen escaneado, o sea, la visualización de las imágenes axiales, coronales, sagitales y oblicuas, (Fig. A y B) así como la reconstrucción en 3D. Adicionalmente, el programa permite generar imágenes bidimensionales, réplicas de las radiografías convencionales utilizadas en odontología, como la radiografía panorámica y las telerradiografías, función denominada reconstrucción multiplanar en volumen, que constituye otra importante ventaja de la tomografía computarizada de haz volumétrico.<sup>(3)</sup>



**Fig. A:** Imágenes en los tres planos del espacio son generados por la CBCT. El odontólogo selecciona la posición y espesor del slice. Los tres puntos de vista pueden ser evaluados simultáneamente sin alterar los otros dos.



**Fig. B:**  
a) Una radiografía periapical convencional  
(b-d) típicas imágenes producidas por un CBCT limitado (3D Accuitomo 80; J Morita, Kyoto (Japón), b) coronal, c) sagital  
d) frontal. Paciente con resorción interna del incisivo superior derecho y resorción externa cervical.

Los cortes axiales son seleccionados por el operador en una visión lateral de la cabeza, semejante al scout y son consideradas reconstrucciones primarias o directas. Cada corte contiguo puede presentar una espesura mínima inferior a 1 milímetro a partir del corte axial, se obtienen las reconstrucciones secundarias, los cortes perpendiculares al contorno de los arcos dentarios, las reconstrucciones en 3D y las imágenes convencionales bidimensionales. Sobre todas esas imágenes, el software aún permite la realización de mediciones digitales lineales y angulares, así como el color de las estructuras de interés, como por ejemplo el conducto radicular.

De acuerdo con Suomalainen y col.<sup>(6)</sup> el plano de las imágenes obtenidas es perpendicular (ortogonal) a la curvatura del arco dentario.

El volumen total del área escaneada presenta un formato cilíndrico, de tamaño variable, de acuerdo con la marca del equipo, y se compone unitariamente por el voxel. En la tomografía computarizada de haz volumétrico, el voxel es llamado isométrico, o sea presenta altura, anchura y profundidad de iguales dimensiones.<sup>(4)</sup>

Cada lado del voxel presenta dimensiones submilimétricas (menor que 1 milímetro, generalmente de 0,119 a 0,4 milímetros) y, por lo tanto, la imagen de tomografía computarizada presenta muy buena resolución. Por esta razón, los pocos estudios en el área de validez de la tomografía volumétrica computarizada para análisis cualitativo y cuantitativo mostraron una alta precisión de la imagen, además de la buena nitidez.<sup>(7)(8)</sup>

Según Park y col. <sup>(9)</sup> la imagen producida por la tomografía computarizada de haz volumétrico tiene alta definición y es superior a la de la tomografía computarizada helicoidal.

Al igual que la tomografía axial computarizada, esta técnica está sujeta a la presencia de artefactos, producidos por elementos muy radiopacos como espigas metálicas o algunos rellenos endodónticos, hoy en desuso, pero en todo caso los artefactos mencionados son de mucha menor intensidad.

Los artefactos producidos por restauraciones metálicas son menos significantes que en la tomografía computarizada tradicional. <sup>(10)</sup>

Para Eggers y col. <sup>(11)</sup> esta propiedad de producir imágenes considerablemente libres de artefactos metálicos es la principal ventaja de la tomografía computarizada de haz volumétrico para localización de los cuerpos extraños metálicos.

En la tomografía de haz volumétrico hay una reducción de tamaño del área irradiada por el enfoque del haz primario de rayos X para el área de interés, llevando a la disminución de la dosis de radiación.

Por otro lado, en comparación a una tomografía convencional, el potencial del examen de tomografía computarizada en el suministro de información es mucho mayor. Además con un examen de tomografía computarizada de haz volumétrico, el profesional puede obtener reconstrucciones de todas las tomas radiográficas odontológicas convencionales (panorámica, telerradiografía, periapical, bite wings y oclusales).

## **Descripción de la técnica**

Esta técnica consiste en la obtención de 556 imágenes digitales de alta resolución en la medida que un conjunto emisor de rayos X y un sensor plano giran en torno a un campo anatómico a visualizar. Una vez obtenidas estas imágenes, mediante complejos algoritmos computacionales, se obtiene un volumen de 4x4 hasta 8x8 centímetros. Este volumen se llama campo de visualización o FOV (field of view) en inglés. Este volumen está constituido por múltiples pequeñas unidades volumétricas llamadas voxels. En la medida que estos voxels son de menor tamaño, se obtiene mayor nitidez de imagen o resolución.

No todos los tomógrafos computarizados de haz cónico o Cone Beam, del inglés (CBTC) caben dentro de la clasificación de alta resolución, principalmente por dos factores:

- Tamaño del FOV
- Tamaño del voxel

Muchos tomógrafos tienen FOV mayores, pero no son útiles en el campo de la Endodoncia, ya que generan mayores áreas anatómicas, con el consiguiente detrimento de la calidad de imagen, y al mismo tiempo tienen menor resolución espacial, ya que el tamaño del voxel de 200 micrones permite sólo la existencia de 125 voxels por milímetro cúbico. El espesor del corte utilizado en Endodoncia normalmente es de 0,5 mm pudiendo ser desde 0,125 hasta 1,0 mm de acuerdo al caso específico, pero la calidad diagnóstica de la imagen no es dependiente del espesor del corte, sino del tamaño del voxel.

Otra limitación de la técnica, es su sensibilidad al movimiento del paciente durante la exposición a los rayos. Aunque la adquisición del volumen toma sólo 17,5 segundos, si el paciente se mueve durante dicho período, decae la calidad de la imagen. Este inconveniente puede hacerse presente en pacientes con dificultades motoras que produzcan movimientos involuntarios.

## Comparación de la tomografía computarizada de haz cónico con otras técnicas

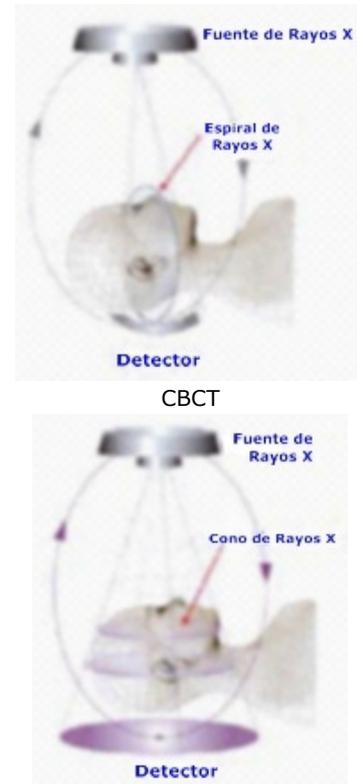
### Tomografía computarizada convencional (TC)

La TC fue desarrollada por G.N. Hounsfield <sup>(12)</sup> en 1967 y desde el primer prototipo ha sufrido una evolución gradual hasta 6 generaciones distintas cuya clasificación se basa en la organización de las distintas partes del sistema y por el desplazamiento físico del haz. <sup>(13)</sup>

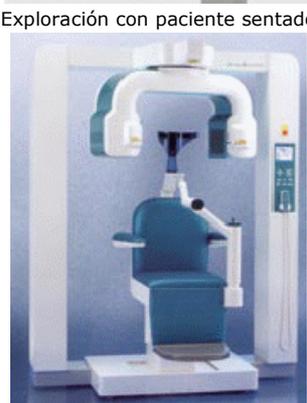
### Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)

Difiere de la imagen de TC en que el volumen tridimensional de los datos es adquirido en el curso de un solo barrido del escáner, usando una simple y directa relación entre sensor 2D y fuente de radiación que rotan sincrónicamente alrededor de la cabeza del paciente (fig. N° 2). Dependiendo del tipo de escáner utilizado, la fuente de rayos X y el detector rotan entre 180 y 360 grados alrededor de la cabeza del paciente. La mayoría escanean la cabeza del paciente sentado o de pie (fig. N° 3). El haz de rayos es de forma cónica y obtiene un volumen de datos cilíndrico o esférico, descrito como field of view (FOV). El tamaño del FOV es variable, (fig. N° 4), escáneres CBCT de gran volumen (por ejemplo, i-CAT; Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA y Newton; QR, Verona, Italia) son capaces de capturar el esqueleto maxilofacial completo. Algunos escáneres CBCT también permiten ajustar la altura del FOV cilíndrico para capturar sólo una zona (por ejemplo, i-CAT). Esto tiene la ventaja de reducir la dosis de radiación.

**Fig. N° 2:** Esquema que muestra la adquisición de la imagen TAC



**Fig. N° 3:** Aparatos CBCT



Los escáneres CBCT de limitado volumen (por ejemplo, Accuitomo 3D, J Morita Corporation, Osaka, Japon) pueden capturar un volumen de datos de 40 mm de alto por 40 mm de diámetro, similar a la anchura y altura de la radiografía convencional periapical. El FOV más pequeño resulta en una dosis efectiva menor de radiación de 7,4 microSv.

Los tiempos de adquisición con CBCT varían entre 10 y 40 segundos en función del tipo de escáner usado y de los parámetros de exposición seleccionados.

En comparación con una tomografía computarizada convencional médica, el CBCT es de un costo mucho menor y utiliza una dosis de exposición relativamente menor.

**Fig. N° 4:**

Esquema que muestra los diferentes tamaños de FOV de más pequeño (Izda.) a más grande (Dcha.).



## Exactitud de reproducción

Las imágenes 3D están constituidas por voxels en lugar de pixels que son los que determinan las imágenes digitales 2D. El tamaño de cada voxel depende de su altura, anchura y grosor o profundidad y es el elemento más pequeño del volumen de la imagen radiográfica 3D. En TC los voxels son anisotrópicos (no idénticos en todos los planos), la altura del voxel depende del grosor del haz de TC (grosor del corte), lo que limita la precisión de imágenes reconstruidas en determinados planos, puesto que depende de la distancia entre dichos cortes (gap) programada en la adquisición. Pero con los datos CBCT, los voxels son isotrópicos (iguales en longitud, altura y profundidad), lo que permite unas mediciones geométricamente precisas para los datos de CBCT en cualquier plano. <sup>(14)(15)</sup> Los cortes tomográficos, son tan gruesos como el grosor de un voxel y pueden verse en distintas formas.

Una opción es ver las imágenes en los tres planos ortogonales: axial, sagital y coronal en una única pantalla, permitiendo al odontólogo una visión tridimensional real del área de interés. Seleccionando y moviendo el cursor en la imagen se alteran simultáneamente los cortes en los otros planos reconstruidos permitiendo el cambio dinámico en tiempo real para ver el área de interés (fig. N° 5). La calidad de la imagen de los escáneres de CBCT



**Fig. N° 5:** Pantalla de navegación con imagen axial (arriba, izq.), sagital (arriba, dcha.) y frontal (abajo, izq.)

es superior a la TC helicoidal para el análisis de los tejidos dentales duros en la zona maxilofacial según algunos autores. <sup>(16)(17)(18)</sup>

Varios estudios <sup>(19) (20)</sup> han confirmado la exactitud geométrica tridimensional del CBCT.

Ludlow <sup>(20)</sup> et al concluyeron que CBCT daba mediciones precisas en 2 y 3 dimensiones independientemente de la orientación de la cabeza y también que era fiable para obtener mediciones lineales del esqueleto maxilofacial.

## Resolución

La odontología general y en particular la endodoncia se ven beneficiadas con esta modalidad de imágenes, ya que encuentran aplicaciones útiles en el diagnóstico, en la toma de decisiones, como guía de procedimientos y en la evaluación post operatoria.

La endodoncia requiere imágenes lo más precisas posibles. La anatomía de los conductos radiculares, calcificaciones y la presencia de fisuras deberían ser idealmente observadas en una imagen tridimensional. La imagen obtenida por el tomógrafo volumétrico digital, está compuesta de voxels isotrópicos y éstos determinan la resolución, es decir, las porciones reconstruidas de estos voxels tendrán la misma resolución espacial cualquiera que fuera su orientación. El tamaño de los voxels varía dependiendo del tipo de dispositivo y es en promedio de 0,15 mm, siendo levemente más bajo que el tamaño de un pixel de un tomógrafo convencional. Sin embargo, la resolución final será obtenida solamente después de automatizar la imagen.

Hay grandes inconsistencias en la calidad de este proceso, lo cual es crucial para la imagen final. Algunos modelos de voxels pequeños ofrecen imágenes borrosas y/o con artefactos, por lo tanto son más difíciles de utilizar en endodoncia. Cada dispositivo tiene sus propios algoritmos para la reconstrucción tridimensional y es allí en donde hay amplias inconsistencias en la aparición de artefactos y la agudeza de la imagen sin importar el tamaño del voxel.

En términos generales mientras más reducido sea el campo visual, mayor será la resolución de la imagen. En endodoncia este aspecto es muy importante, ya que el primer signo de la patología periapical es la discontinuidad de la lámina dura y el ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal. Los tomógrafos volumétricos digitales de última generación permiten que este signo sea visible ya que la resolución de sus voxels varía de 0,4 mm a 0,076 mm.

## Tomógrafos volumétricos digitales

Hay numerosos modelos de tomógrafos volumétricos digitales dedicados a la odontología (Illuma, Kodak 9000, Gallileo, Promax 3D, I-Cat, PreXion 3D, Newton 9000, entre otros). La mayoría de los sistemas funciona con menos de 100 Kvoltios y sólo muy pocos usan tubos de alto voltaje reservado para los radiólogos. Cada marca ofrece sus propias innovaciones en facilidad de uso y ergonomía. La tendencia actual es reducir el tamaño del dispositivo para que sea más fácil encontrarle un lugar en la clínica dental. La mayoría de estos equipos pueden ser utilizados para obtener radiografías panorámicas.

### Tipos de equipos de tomografía volumétrica digital (TVD)

Los equipos de TVD se clasifican en la actualidad de acuerdo a uno de tres criterios:

- al posicionamiento del paciente al momento de la adquisición de la imagen
- el volumen de adquisición irradiado
- la funcionalidad clínica

**Posicionamiento de paciente:** los volúmenes de la región maxilofacial pueden obtenerse con el paciente en cualquiera de tres posiciones: acostado, de pie o sentado. Los equipos que requieren de un paciente acostado generalmente son de grandes dimensiones, y de difícil acceso para pacientes con dificultades motoras o discapacitados. Las unidades donde los pacientes se sientan son las más cómodas, sin embargo, son de acceso restringido para pacientes en sillas de rueda o discapacitados. Los equipos donde el paciente se mantiene de pie suelen ser los más versátiles y de menores dimensiones, sin embargo deben poder hacer un amplio recorrido vertical de ajuste para permitir la toma de pacientes sentados en sillas de ruedas.

**Volumen de adquisición:** las dimensiones del área de donde se obtiene información son en principio dependientes de la forma y del tamaño del sensor, de la geometría del haz cónico de radiación y de la habilidad del sensor en la colimación del haz.

La forma del área adquirida (o volumen de adquisición) puede ser cilíndrica o esférica. El que se pueda limitar al área de interés asegura que es posible ajustar el estudio a las características propias de cada paciente en base a la región seleccionada para ser estudiada y a la patología que presente.

En base a la relación altura - diámetro del volumen posible de adquirir, los equipos se pueden clasificar en:

- Localizados (también conocidos como focalizados, de campo reducido, pequeño o limitado), aproximadamente 5 cm o menos
- Arco individual (5 a 7 cm)
- Inter arcada (7 a 10 cm)
- Maxilofacial (10 a 15 cm)
- Cráneo facial (más de 15 cm)

En términos generales, a menor área de adquisición de volumen, mayor resolución espacial de la imagen. Dado que el signo inicial de enfermedad periapical es la discontinuidad de la lámina dura y el ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal, es deseable que la resolución de cualquier equipo a ser usado en endodoncia no sea mayor de 200  $\mu$ m (el promedio de tamaño del ligamento)

Los equipos con un campo visual **GRANDE** abarcan una altura igual o superior a 16 cm, útiles para cefalometrías volumétricas, muestran casi todo el macizo facial.

Los equipos de campo visual **MEDIANO** abarcan un 45% del macizo facial aproximadamente, son útiles para una vista amplia, panorámicas virtuales y exámenes para implantología dental.

Los equipos de campo visual **PEQUEÑO**, cubren zonas muy específicas, con un volumen promedio de 4x5 cm aproximadamente, útiles para exámenes de senos paranasales, ATM, o de un solo maxilar. Permite detallar la zona de interés.

Al comparar la diferencia de tamaño de los volúmenes de adquisición de los distintos equipos, es fácil apreciar lo selectivo que puede ser el análisis volumétrico en la región maxilofacial. Considerando que cualquier estudio de esta naturaleza involucra la exposición a radiación por parte del paciente, es imperativo seleccionar con cuidado y bajo un criterio justificado la indicación de este examen.

**Multimodo:** es posible encontrar equipos híbridos que combinan panorámicos digitales y cefálicos con TVD de área de adquisición limitada.

Las imágenes panorámicas y cefálicas digitales son de muy alta definición mostrando detalles que no observamos en las panorámicas convencionales, sin embargo no deja de ser una imagen en dos dimensiones: el resultado de múltiples tejidos superpuestos.

Acoplamiento de volúmenes: es posible encontrar equipos capaces de unir o acoplar ("Stich") varios volúmenes de campos pequeños, para así dar una reconstrucción mayor, partiendo de registros adquiridos en el mismo momento.

### TVD de Campo Visual Grande

Unidad	Fabricante	Tamaño máximo FOV (cm)	Tamaño mínimo Voxel (mm)	Opciones 2D	Nº de imágenes	Tiempo de Escaneo	Tiempo de Reconstrucción	Radiación
<u>Kodak 9500</u>	Kodak Dental Systems	18 x 21	0.2	Panorámica Cefálica	300 - 700	-	2.2 min	-
<u>Next Generation i-CAT</u>	Imaging Sciences International	17 x 23	0.2	Panorámica Cefálica	153/306/612	5 - 26.9 seg	< 30 seg	36-74 mSv
<u>New Tom 3G</u>	AFP Imaging	20 x 20 x 20	0.2	Panorámica Cefálica	360	36 seg	1 min	60 mSv
<u>CB MercuRay</u>	Hitachi Medical	20 x 20 x 20	0.2	Cefálica	-	10 seg	-	-
<u>Quolis Alphard 3030</u>	Asahi Roentgen (Belmont)	18 x 20	0.125	Cefálica	-	17 seg	-	-
<u>3D eXam</u>	KaVo	17 x 23	0.125	Panorámica Cefálica	-	8.9 - 26.9 seg	<2 min	-
<u>ProMax 3D Max</u>	Planmeca	17 x 22	0.125	Panorámica Cefálica	300	18 - 30 seg	30 - 150 seg	101 - 252 mSv
<u>Picasso Master 3D</u>	E-WOO	19 x 20	0.2	Cefálica	480 - 720	15 - 24 seg	9- 51 seg	-
<u>Picasso Master 3DS</u>	E-WOO	19 x 20	0.165	Cefálica	480 - 720	15 - 24 seg	9 - 51 seg	-

### TVD de Campo Visual Mediano

Unidad	Fabricante	Tamaño máximo FOV (cm)	Tamaño mínimo Voxel (mm)	Opciones 2D	No de imágenes	Tiempo de Escaneo	Tiempo de Reconstrucción	Radiación
<u>NewTom 9000</u>	Aperio Services	15x15x15	0.3	Panorámica	360	75 seg	-	-
<u>NewTom VGi</u>	AFP Imaging	15x15	0.15	Panorámica	360	18 seg	1 min	100 mSv
<u>NewTom VGi Flex</u>	AFP Imaging	15x15	0.15	Panorámica	-	-	-	-
<u>Galileos Compact</u>	Sirona	12x15x15	0.3	Panorámica	200	14 seg	4.5 min	29 & 68 mSv
<u>Galileos Comfort</u>	Sirona	15x15x15	0.15	Panorámica	200	14 seg	4.5 min	29 & 68 mSv
<u>Scanora 3D</u>	Soredex	7.5x14.5	0.133	Panorámica	450	10 - 20 seg	1 - 3 min	No Publicada
<u>SkyView</u>	MyRay	15x15x15	0.16	Panorámica	-	10 - 30 seg	4 min	
<u>GXCB-500</u>	Gendex	8x14 (using EDS)	0.125	Panorámica	160 - 306	8.9 - 23 seg	20 - 95 seg	15 - 74 mSv
<u>GXCB-500 HD</u>	Gendex	8x14 (using EDS)	0.125	Panorámica	-	8.9 - 23 seg	20 - 95 seg	-
<u>MiniCAT</u>	Xoran Technologies	12x17	0.2	No	150 - 600	10 - 40 seg	-	0.02 - 0.96 mSv
<u>Picasso Trio</u>	E-WOO	7x12	0.125	Panorámica Cefálica	480 - 620	15 seg	2 min	-
<u>Iluma</u>	IMTEC (3M)	14X21	0.09	Panorámica	-	7.8 - 40 seg	<2.5 min	-
<u>xCAT ENT</u>	Xoran Technologies	14x24	0.4	No	300	< 3 min	1 min	-
<u>PaX-Reve3D</u>	E-WOO	15x15	0.25	Panorámica Cefálica	-	15 - 24 seg	< 1 min	-

TVD de Campo Visual Pequeño

Unidad	Fabricante	Tamaño máximo FOV (cm)	Tamaño mínimo Voxel (mm)	Opciones 2D	No de imágenes	Tiempo de Escaneo	Tiempo de Reconstrucción	Radiación
<u>9000 3D</u>	Kodak Dental Systems	3.7x5	0.076	Panorámica	360	13.9 seg	< 2 min	-
<u>9000C 3D/Ceph</u>	Kodak Dental Systems	3.7x5	0.076	Panorámica Cefálica	360	13.9 seg	< 2 min	-
<u>ProMax 3D</u>	Planmeca	8x8	0.16	Panorámica Cefálica	300	18 seg	30 - 150 seg	18 - 252 mSv
<u>PreXion 3D</u>	PreXion, Inc	8x7.5	0.1	No	512 - 1024	19 - 36 seg	30 - 90 seg	67 mSv
<u>AUGE ZIO</u>	Asahi Roentgen	7x8	0.125	Panorámica Cefálica	-	8.5 - 17 seg	-	-
<u>Picasso Duo</u>	E-WOO	8x8	0.2	Panorámica	480 - 720	15 - 24 seg	18 - 25 seg	-
<u>PaX-500 ECT</u>	VATECH	5x5	0.186	Panorámica Cefálica	162	8 seg	25 seg	-
<u>PaX-Uni3D</u>	VATECH	5x8	0.186	Panorámica Cefálica	-	8.3 - 20 seg	< 1 min	-
<u>3D Accuitomo</u>	J. Morita	3x4	0.125	No	500	18 seg	< 5 min	-
<u>3D Accuitomo FPD</u>	J. Morita	6x6	0.125	No	500	18 seg	< 5 min	-
<u>3D Accuitomo 80</u>	J. Morita	8x8	0.08	No	500	18 seg	< 5 min	-
<u>Veraviewepocs 3D 40</u>	J. Morita	4x8	0.125	Panorámica Cefálica	-	9.4 seg	-	-
<u>Veraviewepocs 3D 80</u>	J. Morita	8x8	0.125	Panorámica Cefálica	-	9.4 seg	-	-
<u>Veraviewepocs 3De</u>	J. Morita	4x8	0.125	Panorámica Cefálica	-	7.4 - 9.4 seg	-	-
<u>Suni3D</u>	Suni Medical Imaging	5x8	0.2	Panorámica Cefálica	-	8.3 seg	1 min	-
<u>ORION RCB-888</u>	Ritter Imaging	8.5x8.5	0.1	No	-	20 seg	< 3 min	26 mSv
<u>Finecube XP62</u>	Yoshida	7.5x8.1	0.1111	Cefálica	512 - 1024	19 - 36 seg	30 - 90 seg	67 mSv

## Dosis de radiación

Una de las mayores ventajas de CBCT frente a TC es la dosis efectiva menor. Se conoce como dosis efectiva o eficaz a la mínima cantidad de radiación necesaria para obtener una imagen de calidad. A partir de ella se puede conocer la dosis absorbida por el paciente, según la cantidad de tejido en el campo visual del haz y basado en su sensibilidad a la absorción de rayos X. La dosis efectiva es medida en mili Sieverts (mSv) y en micro Sievert (uSv). Las dosis absorbidas por el tejido u órgano son sumadas para determinar la dosis efectiva. Las comparaciones se pueden realizar con respecto a la radiación natural o la luz del día, los tejidos u órganos y usados para calcular las dosis efectivas son especificados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Existen numerosos factores que afectan la dosis de radiación producida por un sistema de CBCT: parámetros de ingeniería (kv, mA), el haz pulsado o continuo, cantidad, tipo y forma de filtración del haz, número de imágenes adquiridas, grado de rotación y la limitación del campo visual. Muchos ya están predeterminados según cada equipo; otros pueden ser ajustados por el operador, entonces cuanto más pequeño sea el campo visual para cada sistema la radiación será más baja. Igual disminuirá en medida que menos órganos o tejidos estén involucrados en la trayectoria del haz de rayos X. Se deben hacer todos los esfuerzos posibles por reducir la cantidad de radiación a la que el paciente es expuesto. En este sentido se recomienda utilizar el campo visual más pequeño, el tamaño de voxel más pequeño, el mínimo valor de mA y el menor tiempo de exposición posible, en conjunto con una forma de exposición pulsada.

Si la extensión de la lesión va más allá del área perirradicular del o de los dientes evaluados, es posible requerir de una CBCT con mayor campo de visión. La adecuada selección del protocolo y de la herramienta diagnóstica es altamente relevante para el logro del objetivo con el menor riesgo.

Como se dijo anteriormente una de las ventajas principales de CBCT sobre CT es la menor dosis eficaz de radiación a la cual los pacientes son expuestos.

## Dosis de Radiación Efectiva Emitida por TVD de Campo Visual Grande y Mediano

Unidad	Técnica	Dosis Efectiva (mSv)	Equivalente Panorámico Digital	Nº de días equivalente a la dosis de radiación natural
<u>CB MercurRay</u>	100 kVp 12-in/9-in/6-in	479 / 402 / 369	34 / 29 / 26	58 / 49 / 45
	120 kVp 12-in/9-in/6-in	761 / 680 / 603	54 / 49 / 40	93 / 83 / 73
	Modo de Implantes	511	36.5	62
<u>Galileos</u>	19 cm (Max/Estan) / 15 cm Pan / 10 cm I	1073 / 569 / 560 / 407	77 / 41 / 40 / 20	131 / 69 / 68 / 50
	Default/Maximum	70 / 128	5 / 9.1	8.5 / 15.6
<u>i-Cat Next Gen</u>	(portrait -17 cm/landscape 13 cm)	74 / 87	5.3 / 6.2	9 / 10.6
	22 cm/13 cm (40 s/10 s)	82 / 77 / 48	5.9 / 5.5 / 3.4	10 / 9.4 / 5.8
<u>i-Cat Classic</u>	6 cm Mn (HR/LR)	189 / 96	13.5 / 6.86	23 / 11.7
	6 cm Mx (HR/LR)	93 / 59	6.6 / 4.2	11 / 7.2
	22 cm/full	206 / 134	14.7 / 9.6	25 / 16
<u>Iluma</u>	13 cm	61.1	4.4	7.4
	20 s/40 s	98 / 498	7 / 35.6	11.9 / 60.6
<u>Newtom 9000</u>	23 cm	56.2	4	6.9
	12-in (hombres/mujeres)	93 / 95	6.6 / 6.8	11.3 / 11.6
<u>Newtom 3G</u>	19 cm	68	4.9	8.3
	6/9/12-in	57 / 191 / 30	4 / 13.6 / 2.1	6.9 / 23.2 / 3.7

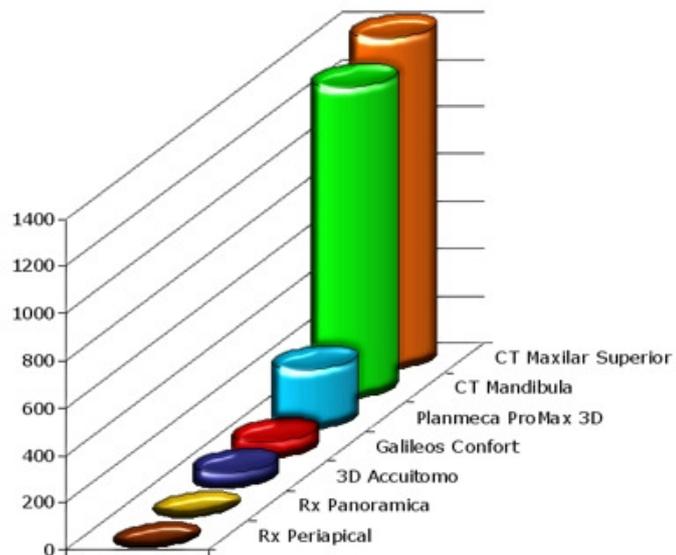
### Dosis de Radiación Efectiva Emitida por TVD de Campo Visual Pequeño

Unidad	Técnica	Dosis efectiva (mSv)	Equivalente panorámico digital	Nº de días equivalente a la dosis de radiación natural
<u>Kodak 9000 3D</u>	Mx Post/Mx Ant	9.8 / 5.3 / 38.3 / 21.7	.7/.4 / 2.7 / 1.6	1.2 / . 6 / 4.7 / 2.6
	Mn Post/Mn Ant			
<u>PreXion 3D</u>	Esrtandar/Alta Resolución	189 / 388	13.5 / 27.7	23 / 47
<u>ProMax 3D</u>	Pequeño/Grande	488 / 652	35 / 47	59 / 79
	Ant (4x4 cm/6x6 cm)	20 / 43	1.4 / 3.1	2.5 / 5.2
<u>3D Accuitomo</u>	Min (Mn PM) - Max (Mn 3rd Mol)	11 / 77	.8 / 5.5	2.5-5.2
	Mx (Ant/PM/Mol)	29 / 44 / 29	2 / 3.2 / 2	3.5 / 5.3 / 3.5
	Mn (Ant/PM/Mol)	13 / 22 / 29	.9 / 1.6 / 2	1.6 / 2.7 / 3.5
	II/FPD Grande/FPD Pequeño	30 / 102 / 50	2.1 / 7.3 / 3.6	3.6 / 12.4 / 6
<u>Veraview</u>	Ant (4x4 cm/8x4 cm/pan + 4x4 cm)	31 / 40 / 30	2.2 / 2.9 / 2.1	3.8 / 4.9 / 3.6
	4x4 cm	2.9	.2	.06

Sistema de Diagnóstico Radiográfico	Dosis Efectiva (µSv)
<b>Radiografías Convencionales</b>	
Periapical <sup>(26)</sup>	5
Panorámica <sup>(16)</sup>	6.3
<b>Cone Beam CT</b>	
3D Accuitomo (max)	66
Galileos Confort (max)	68
Planmeca ProMax 3D (max)	250
<b>Tomografía Computada Tradicional</b>	
Mandíbula <sup>(26)</sup>	1320
Maxilar Superior <sup>(26)</sup>	1400

La dosis eficaz de los escáneres de CBCT varía, pero puede ser casi tan baja como una panorámica y bastante menor que una exploración de CT médica. <sup>(26)(27)(28)(30)(32)</sup>. Como es de suponer, los escáneres de volumen limitado, que expresamente son diseñados para captar la información de una pequeña región del maxilar o mandíbula, entregan una dosis eficaz

inferior, por lo tanto son la mejor opción para imágenes endodónticas de sólo una pieza dentaria o de dos dientes vecinos. La dosis eficaz del 3D Accuimoto, J. Morita, Japan, por ejemplo, está en el mismo orden de magnitud que dos o tres radiografías periapicales. <sup>(21)</sup> La dosis eficaz de otro CBCT de volumen limitado, el Ortho-Ct, fue calculada para ser 7.4, 6.3 y 11.7 uSv para las vistas de incisivos superiores, molares superiores y molares inferiores respectivamente. <sup>(25)</sup>



## Limitaciones de la CBCT

- **Tejidos Blandos:** si bien la CBCT es eficiente en tejidos duros, no es fiable en imágenes de tejidos blandos como resultado de la falta de rango dinámico del detector de rayos X. En las imágenes del CBCT el valor registrado para los tejidos blandos es significativamente menor al registrado para los tejidos duros. Es por ello que el uso de estos equipos está en su mayoría orientado al estudio de tejido óseo y dentario. Los diferentes valores en la escala de grises asignados a tejidos blandos han aportado información, aunque no la suficiente para registrar resultados definitivos. En la actualidad las imágenes producidas con tecnología CBCT no tienen la resolución de las radiografías convencionales. La resolución espacial convencional de acción directa de la película radiográfica y de los sensores digitales es del orden 15-20 líneas pares mm-1 <sup>(24)</sup>, mientras que las imágenes de la CBCT sólo tienen una resolución espacial de líneas pares mm-1. Sin embargo, como la CBCT mejora la tecnología día a día, así lo hará la resolución de las imágenes reconstruidas.
- **Tiempo de Escaneo:** los tiempos de escaneo son de 15 a 20 segundos y exigen al paciente a permanecer absolutamente quieto.
- **Artefactos:** un problema importante, que puede afectar la calidad de la imagen y la precisión diagnóstica de la CBCT es la dispersión y el endurecimiento del haz (fig. N° 6) causado por la alta densidad de estructuras vecinas, como esmalte, postes de metal y restauraciones. <sup>(29)(34)</sup> Estas distorsiones en la imagen se denominan artefactos. Si este artefacto está ubicado en las inmediaciones o en la misma pieza dentaria evaluada, la imagen resultante puede ser de mínimo valor diagnóstico. <sup>(23)(25)</sup> Los artefactos son más pronunciados en las imágenes de CBCT que en las imágenes tomadas por un tomógrafo convencional. En la práctica clínica con CBCT es aconsejable reducir el campo visual para evitar incluir regiones susceptibles (restauraciones metálicas, implantes), lo que se puede lograr mediante la colimación, la modificación de la posición del paciente o la separación de las arcadas dentales.

Hoy en día los fabricantes de CBCT odontológicos han introducido algoritmos para la reducción de artefactos durante el proceso de reconstrucción. Los artefactos pueden ser clasificados de acuerdo a su causa:



**Fig. N° 6:** Dispersión y endurecimiento del haz alrededor de restauraciones metálicas o artefacto (incisivo lateral superior derecho)

- **Relacionados al haz de rayos X:** es una distorsión de la imagen debida al comportamiento del haz de rayos X al atravesar las estructuras corporales. Es el aumento de energía debido a que los fotones de baja energía son absorbidos en preferencia a los fotones de alta energía. La presencia de metales en la zona a evaluar disminuye la calidad de la imagen tomográfica por la distorsión que se genera en forma de destellos (líneas en varias direcciones).
- **Relacionados al equipo:** se presenta en forma de círculos o anillos, como resultado de imperfecciones en el detector o en la calibración. Puede resultar repetitivo en cualquier posición y toma de datos.
- **Relacionado al haz cónico:** si la resolución del voxel seleccionada en la evaluación es mayor que el espacio o contraste de resolución del objeto a examinar es posible que ocurra un artefacto producto de una irregularidad en el promedio de tamaño que se asigna al volumen (derivado de la geometría cónica de proyección del haz de CBCT). Esto ocurre en regiones donde las superficies cambian rápidamente en el eje. Se ve como un escalón o una homogeneidad en el nivel de intensidad del píxel
- **Bajo muestreo o data escasa:** ocurre cuando muy pocas proyecciones son proporcionadas para la reconstrucción. Esta pobre cantidad de datos lleva a problemas de registro, bordes afilados o imágenes ruidosas. Este efecto no degrada la imagen pero resta exactitud.

## **Tomografía Computarizada Cone Beam en el manejo de problemas endodónticos**

En los últimos años es muy frecuente en la consulta del especialista en endodoncia la remisión de pacientes para realizar retratamientos. El retratamiento endodóntico no quirúrgico debe ser siempre la primera opción terapéutica para solucionar un fracaso. Durante la selección del caso es importante realizar un correcto diagnóstico para evitar un procedimiento erróneo. Este tipo de procedimiento requiere una exhaustiva anamnesis para determinar la causa del fracaso, debido a que en muchas ocasiones el problema no es causado por la contaminación bacteriana dentro del conducto radicular, sino tener una complicación adversa difícil de diagnosticar como es la fractura radicular. Por lo general, la presencia de una fractura radicular en un diente tratado endodónticamente es una frustración tanto para el profesional como para el paciente por muchas razones, aunque la más importante sea por ser difícil de diagnosticar clínica y radiográficamente. El diagnóstico de una fractura no está necesariamente asociado a pérdida de hueso, ensanchamiento del ligamento periodontal, bolsa periodontal o la presencia de fístula. La fractura puede que se haya iniciado: antes del tratamiento endodóntico, durante el procedimiento de obturación en las maniobras de compactación o técnica de condensación lateral o posteriormente por un bruxismo, sumado a una restauración deficiente que no produce una correcta oclusión. Se menciona que la fractura radicular tiene múltiples factores etiológicos, los cuales puede dividirse en: factores predisponentes y factores iatrogénicos. Dentro de los factores predisponentes se considera la pérdida de estructura dentinal como resultado de la caries o trauma, lo cual incrementa la posibilidad de fisuras en el cuerpo de la dentina que pueden llevar a una fractura. Sedgley y col <sup>(33)</sup> mencionan: la pérdida de humedad en el diente tratado endodónticamente y la pérdida ósea como otros factores predisponentes. En cuanto a los factores iatrogénicos se encuentran: el procedimiento endodóntico en sí, por excesivas preparaciones a nivel de la zona bi o trifurcación, excesiva preparación del conducto al momento de eliminar dentina contaminada, excesiva fuerza durante la condensación lateral o vertical y la sobrepreparación de las paredes del conducto para utilizar postes intrarradiculares (postes cónicos) o anclajes radiculares que impliquen cargas adicionales (postes roscados) o que tengan mecanismos antirotacionales.

La CBCT supera varias limitaciones de las radiografías convencionales. Los slices pueden ser seleccionados para evitar la anatomía adyacente. Por ejemplo, las raíces de los molares póstero superiores y sus tejidos periapicales pueden ser visualizados individualmente y en los tres planos ortogonales sin superposición de la apófisis cigomática, hueso alveolar y raíces adyacentes. La relación espacial entre las raíces de las piezas multirradiculares puede ser visualizada en sus tres dimensiones <sup>(35)</sup> teniendo la verdadera magnitud de las lesiones periapicales. <sup>(15)(31)</sup>

Los principales motivos de solicitud de CBCT por parte de los endodoncistas son:

- Lesiones periapicales en piezas antrales, que involucran los senos maxilares.
- Presencia de conductos adicionales sin tratar, como el conducto medial de la raíz mesiovestibular en los molares superiores, también en premolares superiores e inferiores.
- Dificultad en localizar canales estrechos y con cámaras pulpares calcificadas.
- Falta de concordancia entre el cuadro clínico y lo que se observa en las radiografías convencionales, donde muchas veces el estudio CBCT muestra la verdadera magnitud del compromiso periapical y de estructuras vecinas cambiando el diagnóstico y pronóstico.
- Falsas vías.
- Sospecha de fracturas radiculares.
- Proyección de cuerpos extraños o materiales hacia el periápice, seno maxilar o conducto dentario.
- Y también por patologías específicas como:
  - Trayectos fistulosos
  - Diagnóstico diferencial de lesiones periapicales con lesiones de características similares, que no tienen origen inflamatorio.
  - Traumatismos dentoalveolares y sus controles mediatos en el tiempo.
  - Malformaciones dentarias y sus implicancias en el campo endodóntico.

Aunque la radiografía convencional es la acostumbrada hasta ahora para los procedimientos de endodoncia, la Tomografía 3D aporta una visión axial, coronal y sagital que la radiografía convencional no ofrece. La capacidad de reducir o eliminar la superposición de las estructuras circundantes, como la capacidad de aportar mediciones reales (1:1), la hace muy ventajosa en su aplicación en todo tipo de procedimientos endodónticos. Con esta tecnología se consiguen grandes detalles con bajos niveles de exposición y se logra:

- Examinar con precisión la anatomía completa de la raíz de cada diente.
- Identificar todos los elementos anatómicos en la región de interés, aun los más complejos.
- Definir el protocolo de cirugía en endodoncias.
- Establecer las razones de fracasos endodónticos.

### **Tomografía Computarizada de Haz Cónico en Odontología Indicaciones en la región maxilofacial por especialidad**

Actualmente el Tomógrafo Volumétrico Digital es usado frecuentemente para la evaluación de condiciones patológicas óseas y dentales, incluyendo deformidades de la estructura maxilofacial y reconocimiento de fracturas, evaluación preoperatoria de los dientes involucrados en procedimientos quirúrgicos o para obtener imágenes de la articulación tempomandibular.

Cada vez más las diferentes especialidades han utilizado las ventajas de estos dispositivos de manera más específica.

El uso de CBCT en Odontología proporciona nueva y más amplia información al profesional para el diagnóstico, localización y reconstrucción de imágenes de gran precisión, perfeccionando el diagnóstico y facilitando el tratamiento adecuado para cada paciente.

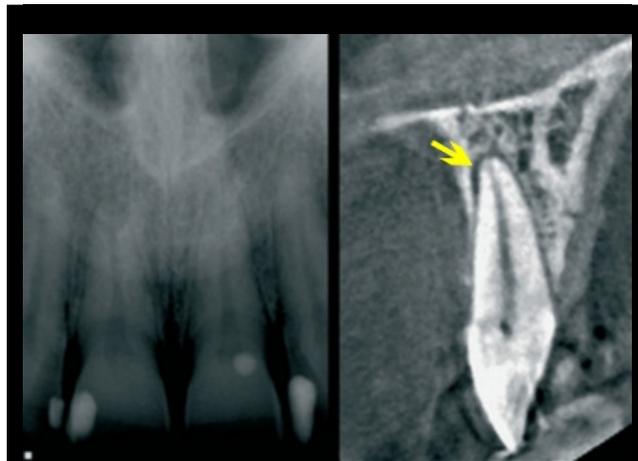
Son diversas las áreas de la Odontología que la Tomografía Computarizada de haz volumétrico ha sido empleada:

- En Ortodoncia la imaginería va dirigida hacia la cefalometría 3D. El software permite evaluar, analizar para diagnosticar y planificar los movimientos. Sirve para evaluación de las estructuras relevantes para el tratamiento ortodóncico tales como la presencia de caninos retenidos, terceros molares y piezas supernumerarias, evaluación del grosor de la tabla vestibular en zona anterior, evaluación de rizólisis y estados radiculares, evaluación de simetría de los maxilares, evaluación de las vías aéreas.
- En cirugía además de ser una herramienta de diagnóstico, facilita imágenes que servirán de guía durante el acto quirúrgico. Se utiliza para evaluar fracturas, dientes incluidos y patologías de los maxilares.
- En Implantología se la usa para la evaluación de la morfología, cantidad y calidad ósea, también se usa para elaborar modelos y facilitar el posicionamiento virtual del implante, incluso para diseñar la porción protésica.
- En Periodoncia para verificar la fenestración ósea, altura de la cresta ósea alveolar y la lesión de furca.
- Trastornos temporomandibulares y oclusión: sirve para la evaluación del tejido óseo de la ATM, evaluación de anomalías (patologías) que afectan directa o indirectamente al hueso, como patologías degenerativas (artrósicas), permite evaluar dinámica del desplazamiento mandibular (boca abierta y cerrada)
- Patología Oral: se utiliza para evaluar todo tipo de patologías óseas de los maxilares (quistes, pseudoquistes, tumores óseos, etc.), permite evaluar el tamaño, extensión y relación con las estructuras vecinas de las lesiones, evaluar la presencia de calcificaciones en tejidos blandos, conductos o vasos sanguíneos, permite evaluar patología de los senos maxilares.

## Principales aplicaciones de la Tomografía Computarizada de haz volumétrico en Endodoncia

### Detección de Periodontitis Apical

La CBCT permite detectar lesiones endodónticas radiolúcidas antes de ser evidentes en radiografías convencionales (fig. G). Lofthag-Hansen y col. <sup>(26)</sup> compararon la situación periapical de 46 piezas póstero inferiores al utilizar CBCT y dos radiografías periapicales. Treinta y dos fueron diagnosticadas con lesiones periapicales mediante los métodos convencionales radiográficos y un 10% adicional con CBCT. Cuando el estado periapical de cada raíz fue evaluado, la CBCT detectó un 38% más de lesiones periapicales que las radiografías convencionales. Esto fue evidente en los segundos molares superiores e inferiores y fue



**Fig. G**

a) Radiografía periapical; el paciente refiere dolor intermitente. La radiografía revela un aspecto normal.  
b) CBCT revela una radiolucidez periapical (flecha amarilla). Luego de tratado los síntomas cedieron.

probablemente debido a una combinación al seleccionar datos relevantes sin ruidos anatómicos adyacentes y precisión geométrica de la CBCT. Resultados similares han sido denunciados recientemente por Low y col. <sup>(39)</sup> y Estrela y col. <sup>(23)</sup> quienes compararon la precisión diagnóstica de las radiografías panorámicas y periapicales con CBCT para la detección de periodontitis apical. Sus resultados confirmaron un aumento de la sensibilidad de la CBCT para detectar periodontitis apicales comparado con las radiografías convencionales. Estos estudios clínicos parecen suponer que los hallazgos radiográficos de la CBCT representan el verdadero estado de los tejidos periapicales, es decir, la CBCT puede utilizarse como un "estándar de oro" con una sensibilidad especificidad de 1,0 para detectar la presencia o ausencia de enfermedad periapical. Los resultados de estos estudios han sido validados por Stavropoulos & Wenzel <sup>(48)</sup>. Ellos compararon la CBCT, sensores digitales periapicales y radiografías convencionales para detectar lesiones creadas artificialmente de distintos tamaños en mandíbulas de cerdo.

La CBCT se consideró el doble de sensible que el sensor digital y las radiografías convencionales en detectar lesiones periapicales. Recientemente Patel y col <sup>(49)</sup>. Encontraron que la CBCT tiene un 100% de sensibilidad y especificidad en la detección de lesiones periapicales creadas artificialmente en mandíbulas humanas. Un tratamiento endodóntico tiene más éxito cuando se efectúa antes que aparezcan los signos radiográficos evidentes de enfermedad periodontal <sup>(24)</sup>. Así, la identificación temprana de imágenes radiolúcidas periapicales puede dar como resultado un diagnóstico temprano y por lo tanto un tratamiento más eficaz de la enfermedad, en situaciones donde los pacientes tienen mal localizados los síntomas, asociado a la ausencia de tratamiento o raíces previamente tratadas, sin síntomas clínicos o radiográficos que muestren la lesión periapical, la CBCT puede relevar la presencia de una patología no diagnosticada previamente <sup>(15)(38)(31)</sup>. Simon y col. <sup>(34)</sup> compararon la escala de grises de la CBCT con exámenes histológicos para diagnosticar grandes lesiones periapicales en 17 dientes. Sin embargo, todas las lesiones no estaban aparentemente intactas y no se trató de seccionar el material de la biopsia, lo que significa que no era posible confirmar con precisión el tipo de lesión. Quizás el área más interesante en que la CBCT

puede aplicarse en Endodoncia es en determinar el resultado del tratamiento. La CBCT debería usarse en forma más objetiva para la determinación precisa del pronóstico del tratamiento endodóntico. Series de mediciones lineales y volumétricas obtenidas con la CBCT podrían ser utilizadas para dar una visión más objetiva y una representación exacta de cambios óseos cicatrizales con el tiempo <sup>(31)</sup>. Futuras investigaciones pueden mostrar que tejidos periapicales aparentemente sanos en radiografías convencionales pueden todavía tener signos de enfermedad periapical (por ejemplo, espacio del ligamento periodontal ensanchado, radiolucidez periapical) cuando son observados por la CBCT. Esto, a su vez puede tener consecuencias para tomar decisiones al considerar reponer restauraciones en las piezas dentarias, que anteriormente han sido endodónticamente tratadas y parecen tener éxito radiográfico.

### **Identificación y evaluación de lesiones endodónticas**

Con la CBCT es posible ver lesiones, incluso si son muy pequeñas. Seltzer y Bender mostraron que la radiografía convencional no revela la presencia de cambios periapicales si la cortical ósea no está afectada. La tomografía suministra información precisa sobre extensión, forma y localización de las lesiones, permitiendo apreciar la condición real de las estructuras anatómicas que podrían estar en contacto con lesiones de origen endodóntico.

Una lesión periapical en contacto directo con el seno maxilar puede causar secreción, síntomas nasales unilaterales y dolor de cabeza. La membrana Schneideriana se engrosa y la luz a través del seno maxilar se opaca (mucositis). La tomografía permite identificar si hay un origen dental en la sinusitis crónica. Las lesiones podrían estar cerca de la estructura nerviosa, que necesitaría protección durante tratamientos convencionales o quirúrgicos.

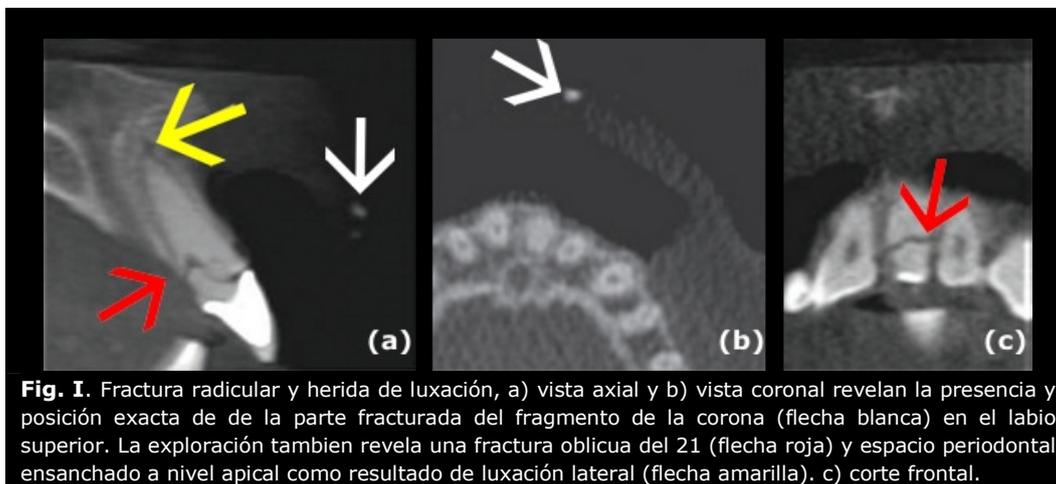


El foramen mentoniano y el nervio dentario inferior son claramente identificables, lo que permite diseñar procedimientos quirúrgicos con el máximo de anticipación y precaución. En un estudio clínico de Simon y col., la tomografía fue útil diferenciando con valores de escala de grises, granulomas periapicales en las lesiones, permitiendo esto un mejor manejo de las mismas. Esto fue verificado a posteriori por análisis histológicos.

### **Evaluación de la anatomía de los conductos radiculares**

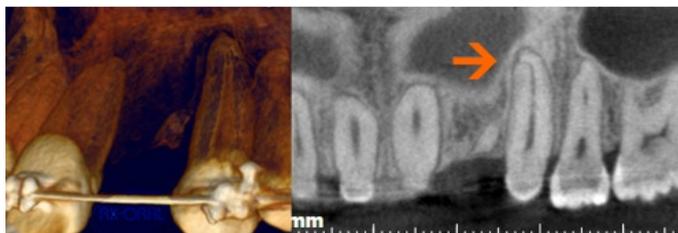
Debido a la naturaleza en dos dimensiones de las radiografías convencionales, no siempre revelan el número real de conductos presentes en las piezas dentarias. Matherne y col. <sup>(44)</sup> llevaron a cabo una investigación para comparar un sistema de radiografías digitales fotoestimulables de placas de fósforo con CBCT para detectar el número de conductos radiculares en 72 piezas dentarias extraídas. Se comprobó que con la radiografía digital, los endodoncistas no lograron identificar al menos uno de los conductos en el 40% de los casos. Sin embargo existen inconvenientes con este estudio: un radiólogo y un endodoncista evaluaron la CBCT y las radiografías digitales, respectivamente. Además, las piezas dentarias no fueron seccionadas para confirmar el verdadero número de conductos. Las imágenes reconstruidas para la CBCT se han utilizado con éxito en el diagnóstico y tratamiento de resorciones radiculares <sup>(45)</sup>. La CBCT es capaz de revelar la verdadera naturaleza y ubicación exacta de la lesión, determinar el portal de entrada de la lesión y revelarla tempranamente <sup>(37)</sup> <sup>(31)</sup>. Con esa información adicional, la toma de decisiones sobre las estrategias de tratamiento puede ser más previsible. Por ejemplo, los slices de la CBCT pueden revelar si una resorción cervical externa ha perforado el conducto radicular o si una resorción dentinaria interna

ha perforado el periodonto adyacente (Fig.1). Las imágenes de la CBCT son invaluable para las piezas dentarias con anatomía inusual, tales como piezas dentarias con un número inusual de raíces, raíces dilaceradas y dens in dens. La ubicación exacta y anatomía del sistema de conductos pueden evaluarse, lo que permite un tratamiento exitoso del caso (15)(31). Antiguamente, incluso con la ayuda de magnificación, la anatomía de una pieza dentaria no podía ser realmente apreciada, haciendo al tratamiento más impredecible.



El éxito del tratamiento endodóntico depende de la identificación de todos los conductos radiculares para que puedan ser accedidos, conformados, desinfectados y obturados. Una tomografía permite identificar con claridad la complejidad de la anatomía del conducto radicular, la cantidad y forma de las raíces, así como la posición y entrada de cada conducto.

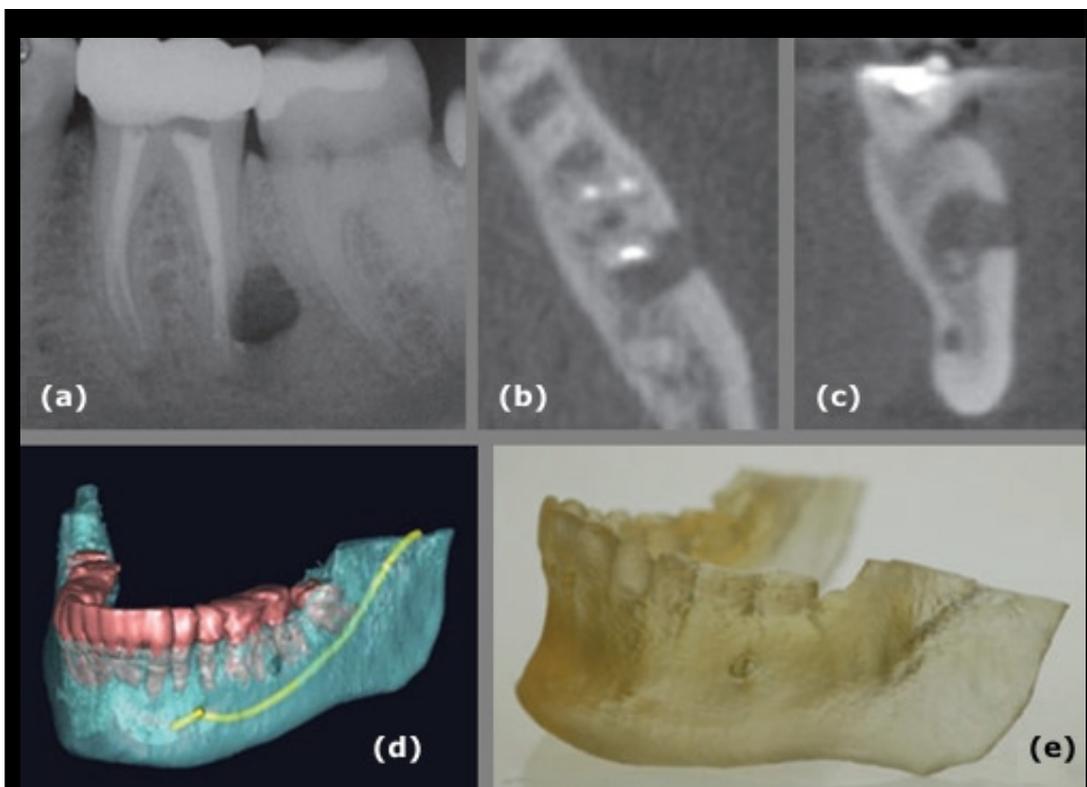
La prevalencia de un segundo conducto mesio vestibular en el primer molar superior ha sido reportado con una variación entre el 68 y 93% según el estudio y método empleado. Esta variabilidad ocurre en el plano vestibulo-palatino donde la superposición de las estructuras anatómicas impide su detección con radiografía convencional.



### Evaluación pre-quirúrgica

La CBCT ha sido recomendada en la planificación de la cirugía endodóntica (31) (36). La imagen tridimensional permite observar la relación anatómica de la raíz con estructuras vecinas, como el conducto dentario inferior, conducto mentoniano y seno maxilar, claramente identificados en cualquier plano que el clínico desee ver (Fig.H) (31). Rigolone y co. (37) concluyeron que la CBCT puede desempeñar un papel importante en la planificación de microcirugía apical sobre las raíces palatinas de primeros molares superiores. La distancia entre la placa cortical y el ápice del conducto palatino podrían medirse, y la presencia o ausencia del seno maxilar entre las raíces podría ser evaluada. Al seleccionar las vistas relevantes y slices, el espesor de la placa cortical, hueso esponjoso, fenestraciones, así como la inclinación de las raíces de los dientes previsto para cirugía pueden determinarse con precisión preoperatoriamente (38). La morfología radicular y topografía ósea pueden ser visualizadas en tres dimensiones, como así el número de conductos y la convergencia o divergencia entre sí. Los conductos no identificados (y sin tratar) pueden ser identificados utilizando slices axiales (39). El

verdadero tamaño y grado de lesión periapical también puede ser apreciado, ubicando la raíz a la cual la lesión está confinada. Esta información puede tener influencia sobre tratamientos no quirúrgicos y quirúrgicos. Recientemente, Low y col. <sup>(39)</sup> compararon los hallazgos de radiografías periapicales con CBCT en raíces de molares superiores tratados, evaluados para realizarles una cirugía apical. En este estudio, el 34% de las lesiones periapicales detectadas por CBCT no fueron detectadas con las radiografías periapicales. La probabilidad de detectar lesiones periapicales con radiografías convencionales fue reducido cuando los ápices estaban en la proximidad del piso sinusal. Por lo tanto, las radiografías periapicales eran menos sensibles para detectar las lesiones periapicales asociadas con los molares superiores. La CBCT también puede ser utilizada para producir modelos físicos, proceso conocido comúnmente como prototipos rápidos (Fig.H). la capacidad de producir imágenes tridimensionales y un modelo exacto utilizando estereolitografía del área de interés significa que el operador puede tangiblemente familiarizarse con el potencial sitio quirúrgico y planificar con confianza el tratamiento. <sup>(40)</sup>



**Fig. H**

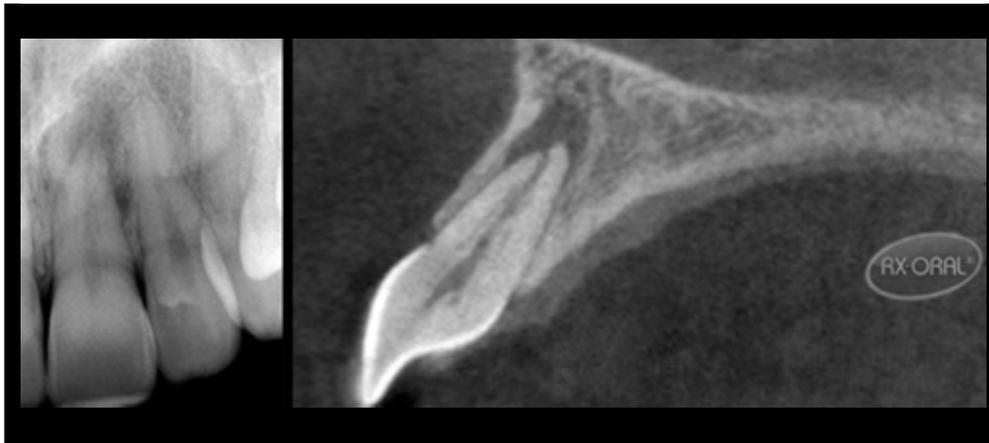
- a) Radiografía periapical de primer molar inferior izquierdo con un fracaso endoóntico y una radiolucidez periapical, se planifica la microcirugía apical.
- b) corte coronal por CBCT.
- c) Corte axial, la interpretación de volumen permite a la evaluación verdadera tridimensional de las raíces, tejidos periapicales y nervio dentario inferior adyacente para ser evaluado.
- d) finalmente un modelo rápido prototyping anatómico ha sido fabricado, permitiendo al operador evaluar el área a tratar.

### **Evaluación de trauma dental**

La CBCT también ha demostrado ser útil en el diagnóstico y tratamiento del trauma dentoalveolar <sup>(37)(38)(31)(43)</sup>. La naturaleza exacta y gravedad de las lesiones alveolares y articulares pueden ser evaluadas desde un solo scan, seleccionar distintos puntos de vista y evaluarlo sin distorsión geométrica o anatómica. Como la CBCT es una técnica extraoral también es mucho más cómodo para el paciente con trauma dental en comparación con varias radiografías intraorales. Cohenca y col. <sup>(38)</sup> utilizaron la CBCT para el tratamiento de tres pacientes que habían sufrido trauma dentario. Además de detectar la verdadera naturaleza de las lesiones sufridas por la pieza dentaria, la CBCT fue capaz de detectar fracturas óseas corticales, que no fueron diagnosticadas desde la clínica o con exámenes radiográficos convencionales.

### **Diagnóstico de resorciones radiculares**

Con radiografías es prácticamente imposible medir el esquema y extensión de las resorciones radiculares tanto internas como externas. La tomografía hace posible diagnosticarlas de manera temprana, lo que mejora el pronóstico del caso, proporcionando muchos más detalles de la zona afectada y facilitando la toma de decisiones.



### **Fracasos endodónticos por filtración asociada a fracturas radiculares**

Las fracturas dentales, exceptuando los casos de trauma, son generalmente debidas a recarga mecánica. Aun cuando se pensaba que estas fracturas ocurrían en dientes con grandes restauraciones o con largos postes es posible ver dientes con fracturas y mínimas restauraciones, atribuidas a un estrés oclusal excesivo. Sin un examen clínico y radiográfico preciso, el diagnóstico de una fractura vertical radicular es muy difícil. De hecho, la línea de fractura está constantemente localizada en el eje largo del diente y por lo general pasa desapercibida en una imagen radiográfica convencional. Con la CBCT las fracturas radiculares se pueden ver claramente sin importar su localización. Desafortunadamente, las finas fisuras verticales, que son mucho más delgadas que las fracturas, no son siempre claramente visibles en las imágenes de la CBCT. La evaluación microscópica de la superficie radicular, el sondaje periodontal y la percusión son pruebas necesarias para establecer un diagnóstico exacto de esta condición.

### Diagnóstico de fracasos y complicaciones

Los exámenes clínicos y radiológicos convencionales realizados en dientes tratados endodónticamente proporcionan una información limitada sobre las variables relacionadas al fracaso endodóntico. La CBCT provee imágenes más precisas en todos los planos, contentivas de información útil en el entendimiento de la condición. Permite analizar en detalle la densidad de la obturación, la presencia de conductos no tratados, etc.



Hassan et al. compararon la exactitud de 4 observadores en detectar fracturas radiculares verticales ex vivo con tomografía y radiografías periapicales al determinar la influencia que ejerce el material de obturación del conducto sobre la visibilidad de las fracturas. Concluyeron que con CBCT hay una mayor exactitud total (86%) que con radiografía periapical (66%).

### Evaluación post-operatoria

Evidenciar el resultado del tratamiento endodóntico y monitorear el proceso de cicatrización de las lesiones perirradiculares es un aspecto importante en la evaluación post-operatoria en endodoncia. En este sentido la cantidad de información evaluable en la CBCT aumenta la confiabilidad del seguimiento post-operatorio.



### Otras aplicaciones en Endodoncia

Cotton y Cols reportaron una serie de casos que demuestran la utilidad de la tomografía en endodoncia, incluyendo la identificación de un conducto no tratado, la fractura no desplazada de una raíz, la extensión de una reabsorción interna no visible en radiografías periapicales, y la presencia de material extruido en el conducto del nervio mentoniano. En todos los casos la tomografía reveló aspectos que resultaron determinantes en el resultado clínico.

Rigolone, en un estudio de tomografía para una apicectomía de la raíz palatina de un molar, demostró con un estudio clínico en 31 pacientes que esta fue efectiva en identificar un abordaje quirúrgico alternativo menos invasivo que por vestibular, en combinación con el uso de microscopio, a pesar de ser este opuesto a la ubicación de la raíz a tratar.

Patel y col. Encontraron que la tomografía es clínicamente superior a las radiografías periapicales para detectar lesiones periapicales. Citaron un estudio de Lofthang-Hasen y col. en el que la tomografía detectó 62% más lesiones periapicales en raíces individuales que las radiografías. Adicionalmente, Patel la encontró eficaz en la cirugía endodóntica, planeamiento de cirugía periapical, identificación de conductos no detectados radiográficamente, identificación de trauma dentoalveolar y manejo de reabsorción externa cervical de la raíz, gracias a la exactitud geométrica que ofrece.

## **Conclusión**

Analizando la bibliografía utilizada para efectuar el presente trabajo monográfico, se concluye que la CBCT puede considerarse una técnica de gran potencial en muchas ramas de la odontología, incluyendo a nuestra especialidad, la Endodoncia, ya que uno de los principales obstáculos que se le presenta al endodoncista es observar en todas sus dimensiones el sistema de conductos radiculares, así como los tejidos y estructuras anatómicas circundantes. El uso de radiografías con técnicas de disociación, constituye un recurso disponible para este fin, pero su dificultad al representar solo dos dimensiones de objetos tridimensionales conduce, en algunos casos a limitaciones en el diagnóstico. La implementación del uso de la CBCT en el área endodóntica abre un horizonte insospechado, pues permite utilizando dosis muy bajas de radiación, explorar con gran facilidad los planos axial, sagital y coronal de los elementos en estudio y obtener información valiosa para el diagnóstico, plan de tratamiento y evaluaciones post operatorias, pero a pesar de que cada vez está siendo más disponible entre los odontólogos, la CBCT está aún lejos de reemplazar las tecnologías de imagen tradicionales, puesto que son muchos los factores que limitan su uso, incluyendo el elevado costo del equipo, la dosis de radiación más alta que la de las radiografías convencionales, la formación sofisticada del operador, el mayor tiempo requerido para la manipulación e interpretación y la afectación de la calidad de la imagen por materiales metálicos u otros materiales densos que la comprometen. Sin embargo, existen situaciones específicas donde la radiografía convencional es insuficiente, en las que una evaluación tomográfica permite obtener información oculta a los otros recursos disponibles.

La utilidad de la CBCT no puede ser discutida, es sin duda una herramienta muy valiosa y se convierte en un adjunto útil, en ocasiones indispensable, en la evaluación endodóntica actual. Es imperativo que el profesional se actualice en relación a los recursos que están a disposición en beneficio del ejercicio de la profesión y en particular de la especialidad.

## Referencias bibliográficas

- (1) Whaites E. Principios de Radiología Odontológica. 3 ed. São Paulo: Editora Artmed; 2003.
- (2) Santos TS, Cordeiro Neto JF, Raimundo RC, Frazão M, Gomes ACA. Relação Topográfica entre o Canal Mandibular e o Terceiro Molar Inferior em Tomografias de Feixe Volumétrico. Rev Cir Traumatol Buco-Maxilo-Facial, 2009; 9:79-88.
- (3) Scarfe WC, Farman A, Suko vic P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. J Can Dent Assoc, 2006; 72:75-80.
- (4) Araki K, Maki, Seki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, Okano T, Seo K. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRaye): system configuration and physical properties. Dentomaxillofacial Radiology, 2004;33:51-9.
- (5) Garib DG, Raymundo Júnior R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografía computarizada de feixe Conico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagen compromissora aplicabilidade na Ortodoncia. R Dental Press Ortodon Ortop Facial, 2007;12:139-56.
- (6) Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi N, Robinson S, Peltola J. Accuracy of liner measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. Dentomaxillofacial Radiology, 2008;37:10-7.
- (7) Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants, 2004; 19:228-31.
- (8) Bissoli CF, Agreda CG, Tekeshita WM, Castilho JCM, Medici Filho E, Moraes MEL. Importancia y aplicaciones del sistema de tomografía computarizada cone-beam (CBCT). Acta Odont Venez, 2007;45:1-8.
- (9) Park C-S, Kim K-D, Park H, Jeong H-G, Lee S-C. Characteristics of a new cone beam computed tomography. Korean Journal of Oral and Maxillofacial Radiology, 2007;37:205-9.
- (10) Stuehmer C, Essig H, Bormann KH, Majdani O, Gellrich NC, Rücker M. Cone beam CT imaging of air gun injuries to the craniomaxillofacial region. Int J Oral Maxillofac Surg, 2008;37:903-6.
- (11) Eggers G, Muk Hamadiev D, Hassfeld S. Detection of foreign bodies of the head with digital volumetric tomography. Dentomaxillofac radiol, 2005;34:74-9.
- (12) Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. Br J Radiol. 1973; 46:1016-22.
- (13) Vannier MW. Craniofacial computed tomography scanning technology, applications and future trends. Section 2: Multi-dimensional imaging. Orthod Craniofac Res.2003 (Suppl.1):23-30.
- (14) Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. J Can Dent Assoc. 2006;72:75-80.
- (15) Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. J Endod.2007;9:1121-32.
- (16) 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;95(3):371-7.
- (17) Hashimoto K, Kawashima S, Kameoka S et al. Comparison of image validity between cone beam computed tomography for dental use and multidetector row helical computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 2007;36(8):465-71.
- (18) Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography of dental use and four row multidetector helical CT. J Oral Sci. 2006; 48(1):27-34.
- (19) Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004; 19:228-31.
- (20) Ludlow JB, Lester WS, See M, Bailey LI, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod.2007; 103:534-42.
- (21) Arai Y, Honda K, Iwai K, Shinoda K (2001) Practical model '3DX' of limited cone-beam X-ray CT for dental use. International Congress Series 2001,713-8.
- (22) Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG (2007). Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. Journal of Endodontics 9,1121-32.
- (23) Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR (2008) Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic radiography for the detection of apical periodontitis. Journal of Endodontics 34, 273-9.
- (24) Gimenez del Arco M L (2004) Microcirugia Endodontica. Carrera de Especialización en Endodoncia, Universidad Maimonides, Buenos Aires, Argentina.
- (25) Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, Gröndahl H-G (2007) Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology 103, 114-9.
- (26) Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekstubb A, Helmrot E, Gröndahl K (2008) Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accutomo and 3D Accutomo FPD. Dentomaxillofacial Radiology 37, 72-9.

- (27) Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB (2006) Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, New Tom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofacial Radiology* 35,219-26.
- (28) Mah J, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D (2003) Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 96, 508-13.
- (29) Meister F, Lommel Tj., Gerstein H.: Diagnosis and posible causes of vertical fractures. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49:243-253.
- (30) Ngan DCS, Kharbanda OP, Geenty JP, Darendeliler MA (2003) Comparison of radiation levels from computed tomography and conventional dental radiographs. *Australian Dental Journal* 19, 67-75.
- (31) Patel S (2007) New dimensions in endodontic imaging Part 2 CBCT. *International Endodontic Journal* 42, 463-75.
- (32) Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G (2004) Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 33,83-6.
- (33) Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod* 1992; 18:332-335
- (34) Simon JH, Enciso R, Malfaz J-M, Roges R, Bailey-Perry M, Patel A (2006) Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *Journal of Endodontics* 32, 833-7.
- (35) Sogur E, Baksi BG, Gröndahl H-G (2007) Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited conebeam CT, storage phosphor and film radiography. *International Endodontic Journal* 40, 179-85.
- (36) Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC (2008) Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofacial Radiology* 37, 80-93.
- (37) Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L, Berutti E, Bianchi SD (2003) Vestibular surgical Access to the palatine root of the superior first molar: 'low-does cone-beam' CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *Journal of Endodontics* 29, 773-5.
- (38) Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Inamoto K, Arijji E, Nakamura H (2006) Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirrooted tooth: a case report. *Journal of Endodontics* 32,583-7.
- (39) Low MTL, Dula KD, Burgin W, von Arx T (2008) Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of Endodontics* 34, 557-62.
- (40) Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P (2006) Clinical applications if cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal of the Canadian Dental Association* 72, 75-80.
- (41) Cohenca N, Simon JH, Marhtur A, Malfaz JM (2007b) Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatology* 23, 105-13.
- (42) Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM (2007a) Clinical indications for digital imaging in dento- alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dental Traumatology* 23, 95-104.
- (43) Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiwa T, Sato H (2000) diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 89, 509-18.
- (44) Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera E (2007) In vitro assessment if local tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology* 103,825-9.
- (45) Maini A, Durning P, Drage N (2008) Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *British Dental Journal* 204, 135-7.
- (46) Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1999; 28, 245-8.
- (47) Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA A new volumetric CT machine for dental imaging base done the cone-beam technique: preliminary results. *European Radiology*. 1999; 8,1558-64.
- (48) Stravropoulos A, Wenzel A (2007) Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for yhe detection of periapical lesions: an ex vivo study in pig jaws. *Clinical Oral Investigations* 11, 101-6.
- (49) Patel S, Mannocci F, Wilson R, Dawood A, Pitt Ford T (2008) Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *International Endodontic Journal* Acceptedddd for publication.